

## ОТ АВТОРА

Предлагаемое пособие представляет собой подробные поурочные разработки по курсу «Физика» для 10 класса средней общеобразовательной школы.

Особенностями пособия являются его *универсальность* и *полифункциональность*:

1. Пособие предназначено для преподавателей, работающих по учебникам:
  - *Г.Я. Мякишева, Б.Б. Буховцева, Н.Н. Сотского* «Физика. 10 класс» (М.: Просвещение);
  - *С.В. Громова* «Физика. 10 класс» (М.: Просвещение);
  - *В.А. Касьянова* «Физика. 10 класс» (М.: Дрофа).

2. Педагог может заимствовать полные сценарии уроков или использовать их частично, сообразуя материал пособия с собственной педагогической системой.

Цель данного пособия – оказать методическую помощь учителям в процессе подготовки к уроку, помочь в распределении материала по урокам и его систематизации. Для каждого урока определены: цель, оборудование, вид демонстрационного эксперимента, план изложения нового материала, домашнее задание. В данной книге учитель сможет найти все, что ему необходимо для подготовки к урокам: подробные поурочные разработки, методические советы и рекомендации, разноуровневые контрольные работы по каждому изучаемому разделу, тестовые и проверочные задания. В пособии представлены и альтернативные формы проведения уроков: уроки-игры, викторины и др.

Пособие соответствует реальному ходу урока и имеет *автономный* характер: в принципе его одного достаточно для квалифицированной подготовки учителя к занятию. Кроме того, в книге содержится обширный дополнительный материал, существенно облегчающий подготовку преподавателя к уроку.

Пособие полностью соответствует утвержденной государственной программе и написано прежде всего как практическое руководство по проведению уроков физики.

# РАЗДЕЛ I

## Поурочные разработки по физике к учебнику С.В. Громова

### ВВЕДЕНИЕ

**Урок 1. Что изучает физика. Органы чувств  
как источник информации об окружающем мире**  
(См. урок 1, Мякишев)

**Урок 2. Эксперимент. Закон. Теория. Физические модели**  
(См. урок 2, Мякишев)

**Урок 3. Идея атомизма.  
Фундаментальные взаимодействия**

*Цели:* познакомить учащихся с гипотезой Демокрита; рассмотреть четыре «стихии» природы (фундаментальные взаимодействия).

#### Ход урока

##### I. Проверка домашнего задания

1. Что является предметом изучения физики?
2. Какой диапазон длин волн излучения, называемый световым, воспринимается глазом?
3. Что называют физическим законом?
4. В чем ценность фундаментальных законов?
5. В каком случае система обладает симметрией?

##### II. Вступительная беседа

Замечательный английский поэт и художник Уильям Блейк (1757–1827) в своем стихотворении «Изречение невинности» призывал:

В одном мгновенье видеть вечность,  
Огромный мир – в зерне песка,  
В единой горсти – бесконечность  
И небо – в чашечке цветка.

Оказывается, любая песчинка, – действительно, целая Вселенная, ибо включает в себя почти столько же мельчайших частиц, сколько звезд содержится во всей Метагалактике!

Из этих частиц состоит и камень, одиноко лежащий на обочине дороги, и маленький цветок, радующий нас своей естественной красотой, и пушистые облака, неторопливо плывущие по голубому небу.

Что лежит в основе всех вещей? Если в природе нет ничего, кроме атомов и пустоты, как считал Демокрит, то каким образом из них можно «сконструировать» эти вещи, причем так, что одни из них оказываются твердыми, другие – жидкими, а иные – газообразными?

### **Эксперимент**

В сосуде с водой растворим маленькую крупинку синей гуаши. Через некоторое время вода в нем станет синей. Отольем немного окрашенной воды в другой сосуд и дольем в него чистую воду.

Раствор во втором сосуде будет окрашен слабее, чем в первом. Потом из второго сосуда снова отольем раствор уже в третий сосуд и дольем в него вновь чистой водой. В этом сосуде вода будет окрашена еще слабее, чем во втором.

Поскольку в воде растворили очень маленькую крупинку гуаши, и только часть ее попала в третий сосуд, то можно предположить, что крупинка состояла из большого числа мельчайших частиц.

## **III. Изучение нового материала**

### *План*

1. Гипотеза Демокрита
2. Фундаментальные взаимодействия
3. Великое объединение

1. Еще в глубокой древности, 2500 лет назад, некоторые ученые высказывали предположение о строении вещества. Греческий ученый Демокрит (460–370 до н. э.) считал, что все вещества состоят из мельчайших частичек. Была выдвинута атомистическая гипотеза. В соответствии с ней все в мире состоит из атомов, различающихся своей формой, порядком и ориентацией в теле; между атомами находится пустота.

По легенде идея о существовании атомов возникла у ее автора, когда он разрезал яблоко. До каких пор можно рассекать яблоко на части? Мысль о том, что существует предел такого деления, и побудила назвать мельчайшие (далее уже неделимые) частицы материи атомами. (В буквальном переводе с языка древних греков слово «атом» означает «неразрезаемый», «нерассекаемый».)

Но в наибольшей степени вторым рождением атомов человечество обязано английскому ученому Джону Дальгону (1766–1844), который впервые предпринял попытку количественного описания их свойств. Именно им было введено понятие атомного веса и составлена первая таблица атомных весов различных химических элементов.

Сегодня никто уже не сомневается в существовании атомов, однако реально существующие атомы оказались совсем не такими, какими их представлял Демокрит. Уже Больцман по этому поводу писал: «В неделимость атома не верит в настоящее время ни один физик».

Однако установить истинную структуру атома удалось лишь спустя пять лет после смерти Больцмана, когда на основе продолжительных и кропотливых экспериментов английский физик Эрнест Резерфорд (1871–1937) пришел к выводу, что атом представляет собой положительно заряженное ядро, окруженное электронной оболочкой.

Обнаружение этой структуры ознаменовало третье рождение атома. Так, из умозрительной гипотезы он превратился в реальную и осязаемую единицу материи.

Последующие эксперименты (1914–1932) показали, что атомное ядро состоит из тяжелых частиц: нейтронов и протонов. Протон и нейтрон являются сложными частицами, состоящими из трех кварков.

Элементарные частицы, подобно атомам, классифицируют по массе на две большие группы. Легкие образуют группу лептонов, тяжелые – группу адронов.

2. Издавна человек стремился познать и понять окружающий его физический мир. Оказывается, все бесконечное разнообразие физических процессов, происходящих в нашем мире, можно объяснить существованием в природе очень малого количества фундаментальных взаимодействий. Это гравитационное, электромагнитное, сильное и слабое взаимодействия. Именно они являются теми «стихиями», которые движут небесными телами, порождают свет и делают возможной саму жизнь.

- **Гравитационное взаимодействие**

Это взаимодействие является наиболее всеобъемлющим. Ему подвержены все материальные объекты без исключения – и микрочастицы, и макротела. Проявляется оно в виде всемирного тяготения.

*Гравитация* (от лат. *gravitas* – «тяжесть») управляет наиболее глобальными процессами во Вселенной, в частности обеспечивает строение и стабильность нашей Солнечной системы.

Согласно современным представлениям, каждое из взаимодействий возникает в результате обмена частицами, называемыми переносчиками этого взаимодействия. Гравитационное взаимодействие осуществляется посредством обмена гравитонами.

- **Электромагнитное взаимодействие**

Электромагнитное взаимодействие, как и гравитационное, по своей природе длиннодействующее: соответствующие силы могут проявляться на очень значительных расстояниях.

Электромагнитное взаимодействие описывается зарядами одного типа (электрическими), но эти заряды уже могут иметь два знака – положительный и отрицательный. В отличие от тяготения электромагнитные силы способны быть как силами притяжения, так и силами отталкивания.

Физические и химические свойства разнообразных веществ, материалов и самой живой ткани обусловлены именно этим взаимодействием. Оно же приводит в действие всю электрическую и электронную аппаратуру.

Теория электромагнитного взаимодействия в макромире называется классической электродинамикой.

- **Сильное взаимодействие**

Сильное взаимодействие – самое мощное из всех остальных. Ядерные силы, действующие между нуклонами в атомном ядре, – проявление этого взаимодействия. Здесь оно примерно в 100 раз сильнее электромагнитного. В отличие от последнего (а также гравитационного) сильное взаимодействие, во-первых, короткодействующее – соответствующие силы очень быстро убывают по мере увеличения расстояния между частицами. Во-вторых, его удается удовлетворительно описать только посредством трех зарядов (цветов), образующих сложные комбинации. Частицы, которым оно присуще, называют адронами.

- **Слабое взаимодействие**

Слабое взаимодействие менее известно за пределами узкого круга физиков и астрономов, но это несколько не умаляет его значения. Достаточно сказать, что, если бы его не было, погасли бы Солнце и другие звезды, ибо в реакциях, обеспечивающих их свечение, слабое взаимодействие играет очень важную роль.

Слабое взаимодействие относится к короткодействующим: его радиус примерно в 1000 раз меньше, чем у ядерных сил.



3. Некоторые физики, в частности, Г. Джорджи и Ш. Глэшоу, предположили, что при переходе к более высоким энергиям должно произойти еще одно слияние – объединение электрослабого взаимодействия с сильным. Соответствующие теоретические схемы получили название Великого объединения. Согласно этой теории, объединяющей сильное, слабое и электромагнитное взаимодействия, существуют лишь два типа взаимодействий: объединенное и гравитационное.

#### IV. Закрепление изученного

1. В чем состояла гипотеза Демокрита о строении вещества?
2. Как расположить в порядке возрастания интенсивности фундаментальные взаимодействия?
3. Какие фундаментальные взаимодействия являются кратковременными?
4. Какие фундаментальные взаимодействия являются дальнедействующими?
5. Чему равен радиус кратковременных и дальнедействующих фундаментальных взаимодействий?
6. Какие взаимодействия объединяет теория «великого объединения»?
5. Домашнее задание записи в тетради.

#### Дополнительный материал

##### Атом

О том, что все сущее состоит из частиц, знали еще древние греки. Около 420 г. до н.э. философ Демокрит поддержал гипотезу, что материя состоит из крошечных, неделимых частиц. По-гречески *atomos* означает «неделимый», поэтому эти частицы называли атомами.

Другие философы придерживались иной точки зрения, и в IV веке до н.э. Аристотель высказался в поддержку мнения, согласно которому материя состоит из различных сочетаний так называемых четырех стихий – земли, воздуха, огня и воды. Эта идея получила широкое распространение и легла в основу алхимии – примитивной формы химии, господствовавшей до XVII века.

Некоторые ученые продолжали придерживаться мнения, что материя состоит из атомов, но только в начале XIX века были получены экспериментальные данные, подтверждающие эту теорию. Английский химик и писатель Джон Дальтон проводил опыты с газами и изучал пути их соединения. Так, он обнаружил, что кислород и водород, образуя воду, всегда соединяются в одних и тех же пропорциях по массе. Другие ученые также сталкивались с подобными данными, но именно Дальтон впервые осознал их значение. Он сделал вывод, что вещества состоят из атомов, и что все атомы простого вещества имеют одинаковую массу. При соединении простых веществ количества соединяющихся атомов находятся в определенной неизменной пропорции. Атомистика Дальтона объясняла, почему вещества соединяются в неизменной массовой пропорции, а также явилась основой для детального изучения материи.

Вещества состоят из атомов, а из чего состоят атомы? Первые ключи к разгадке этой тайны появились в конце XIX века, когда исследователи изучали прохождение электричества через разрядные трубки, содержащие разреженный воздух. Иногда стенки трубки излучали зеленый свет при подаче высокого напряжения на две металлические пластинки-электроды. Свечение возникало при попадании невидимых лучей от отрицательного электрода, или катода, на стенки трубки.

В 1890-х годах английский физик Дж. Томсон доказал, что эти катодные лучи (как их тогда называли) – не что иное, как потоки отрицательно заряженных частиц. Предполагалось, что эти частицы исходят из атомов, хотя их расположе-

ние внутри атомов оставалось неясным. Томсон высказал предположение, что атом может быть похож на рождественский пудинг, в котором большая, но легкая по массе положительно заряженная сфера усеяна многочисленными отрицательно заряженными частицами (электронами). Однако различные опыты по изучению строения атома доказали, что это, безусловно, ошибочная теория.

В 1911 г. Эрнест Резерфорд, британский физик, уроженец Новой Зеландии, работавший вместе с Томсоном, предложил строение атома, реально объясняющее его поведение во время экспериментов. Резерфорд предположил, что центр (или ядро) атома имеет положительный заряд и относительно большую массу, а вокруг ядра вращаются крайне легкие и отрицательно заряженные электроны.

Однако Резерфорд не осознавал, что обычно в ядре атома находятся как положительно заряженные, так и нейтральные частицы. Существование положительно заряженных частиц было признано в 1920 г., и они получили название протоны. В 1932 г. английский физик Джеймс Чэдвак открыл незаряженные частицы и назвал их нейтронами. В результате картина строения атома была завершена и с тех пор является основой нашего понимания материи.

#### Урок 4. Единицы физических величин

*Цели:* познакомить учащихся с основными единицами физических величин; дать понятия физических величин.

*Оборудование:* линейка, сантиметровая лента, секундомер, весы, брусок, тележки.

#### Ход урока

##### I. Проверка домашнего задания

1. Какие выводы следовали из экспериментов Д. Дальтона?
2. Какое количество элементов насчитывается в настоящее время в периодической таблице физических элементов Д. И. Менделеева?
3. На какие три группы подразделяют элементарные частицы?
4. Назовите виды фундаментальных взаимодействий.

##### II. Самостоятельная работа

(См. раздел «Самостоятельные и контрольные работы»)

##### III. Новый материал

###### План

1. Физические величины механики.
2. Длина. Методы измерения расстояний.
3. Время. Масса.
4. Кратные и дольные единицы.

1. Измеряют все: медики определяют температуру тела, объем легких, рост, пульс пациентов; продавцы взвешивают продукты, отмеряют метры тканей; портные снимают мерку с модниц; музыканты строго выдерживают ритм и темп, считая такты; фармацевты взвешивают порошки и отмеряют в склянки необходимое количество микстуры; учителя физкультуры не расстаются с рулеткой и секундомером, определяя выдающиеся спортивные достижения школьников... Все жители планеты измеряют, прикидывают, оценивают, сверяют, отсчитывают, различают, отмеряют, измеряют и считают, считают, считают...

Каждый из вас, без сомнения, знает, что, прежде чем измерять, нужно установить единицу, с которой вы будете сравнивать измеряемый отрезок пути или

промежуток времени, или массу тела и т. п. Вспомните-ка, играя в футбол, расстояние вы измеряли в «шагах». («Будем бить пенальти с семи шагов!»)

Ясно и другое: о единицах нужно договариваться всем миром, иначе возникнет невообразимая путаница. В играх и то возможны недоразумения: у одного шаг короче, у другого - длиннее.

Ученые всего мира предпочитают работать с согласованной и логически последовательной системой единиц измерения. На Генеральной конференции мер и весов в 1968 г. было достигнуто соглашение о международной системе единиц – Systems International d'Unite's (сокращенно – «единицы измерения СИ»). Эта система включает семь основных единиц измерения, а все остальные единицы измерения выводятся из основных умножением или делением одной единицы на другую без числовых пересчетов. В СИ каждая физическая величина имеет только одну единицу измерения, которая может быть или основной единицей, или же единицей, выведенной из основных единиц измерения. Для удобства работы порядки и подпорядки единиц измерения могут быть получены путем добавления определенной приставки к названию используемой единицы. Базовыми единицами измерения являются семь следующих: *метр, килограмм, секунда, ампер, кельвин, кандела (свеча) и моль (грамм-моль)*. См. таблицу.

Физическая величина	Наименование основной единицы СИ	Обозначение единицы
Длина	метр	м
Масса	килограмм	кг
Время	секунда	с
Сила электрического тока	ампер	А
Термодинамическая температура	кельвин	К
Сила света	кандела	кд
Количество вещества	моль	моль

2. Все события происходят с телами, занимающими определенное место в пространстве. Измерение длины (расстояний, размеров тел) – самая насущная потребность не только в науке, но и в производстве и в быту.

За единицу длины принят метр (от греч. *metron* – мера).

Метр – единица длины, равная расстоянию, которое проходит свет в вакууме за время  $1/299792458$  с.

Это определение следует из формулы расстояния, проходимого за промежуток времени  $t$  со скоростью  $c$ :

$$l = c \cdot t = 299792458 \text{ м/с} \cdot (1/299792458) \text{ с} = 1 \text{ м}.$$

До 1960 г. эталоном метра был брусок из сплава платины с иридием, на котором нанесены два штриха. Брусок хранится в Международном бюро мер и весов под Парижем (г. Севр). С тех пор 1 м такой, какой есть. Многие государства имеют копию эталона. По ней сверяют измерительные приборы, используемые в науке и производстве, а производственники изготавливают приборы для повседневных нужд: рулетки, измерительные ленты, деревянные, пластмассовые и металлические линейки.

*Упражнение 1.* Измерьте длину, ширину и высоту бруска.

Правильно запишите результаты.

*Упражнение 2.* Измерьте с помощью одной только линейки длину отрезка между двумя самыми удаленными точками закрытого спичечного коробка.

Подсказка: в качестве дополнительного средства можно использовать стол.

**Упражнение 3.** Определите с помощью измерительной ленты длину окружности собственной головы, талии, бицепсов.

3. Для измерения сравнительно небольших расстояний и размеров тел используют рулетку, метр, линейку. Если измеряемые размеры и расстояния малы и требуется большая точность, то измерения проводят штангенциркулем, микрометром.

При измерении больших расстояний широко применяются триангуляция, метод параллажа и радиолокация.

Например, расстояние до Луны или звезд измеряют методом триангуляции.

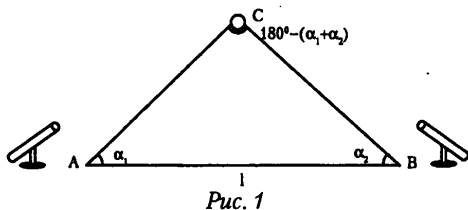
Зная базу – расстояние  $l$  между двумя телескопами, расположенными в точках А и В на земле, и углы  $\beta_1$  и  $\beta_2$ , под которыми они направлены на Луну, - можно

найти расстояния АС и ВС:  $AC = \frac{l \sin \alpha_2}{\sin(\alpha_1 + \alpha_2)}$        $BC = \frac{l \sin \alpha_1}{\sin(\alpha_1 + \alpha_2)}$

В настоящее время расстояние до ближайших к Земле планет измеряется методом лазерной локации.

Смысл локации очень прост: посылают сигнал, он отражается от предмета и через некоторое время возвращается к прибору – приемнику.

Измеряя промежуток времени  $t_0$ , через который возвращается отраженный луч, и зная скорость света  $c$ , можно найти расстояние до планеты:  $l = \frac{1}{2} c \cdot t_0$



4. Время – мера скорости, с которой происходят какие-либо изменения, т. е. мера скорости развития событий.

В основу измерения времени положены периодические, повторяющиеся процессы, например колебание груза на нити или на пружине, биеение сердца и др.

Давно замечено: наибольшей устойчивостью и повторяемостью обладают астрономические явления: день сменяется ночью, регулярно чередуются времена года. Эти явления связаны с движением Солнца на небесной сфере. На их основе и создан календарь.

Измерение небольших промежутков времени (порядка 1 ч) долго оставалось трудной задачей. Трудности преодолел блестящий голландский математик и физик Христиан Гюйгенс, который в 1657 г. изобрел замечательный механизм. В его часах ритм задает и сохраняет маятник, а колебания поддерживает гири.

Несмотря на постоянное совершенствование часов и увеличение точности измерения времени, секунду (определенную как  $1/864000$  суток) нельзя было использовать в качестве постоянного эталона времени.

В 1967 г. был введен новый эталон секунды.

Секунда – единица времени, равная 9192631770 периодам излучения изотопа атома цезия – 133.

**Упражнение 1.** Один из героев Марка Твена утверждал, что в деревне время течет медленнее, чем в городе. Как вы объясните подобное ощущение?

**Упражнение 2.** Сделайте с помощью секундомера несколько измерений:

а) определите частоту (количество ударов в минуту) собственного пульса;

б) проверьте свое «чувство времени»: пустите секундомер и остановите его, не

глядя на циферблат, когда, по вашему ощущению, пройдет 1 мин (5 мин), а затем посмотрите на показания и определите расхождение.

5. Массой обладают все тела: твердые, жидкие, газообразные, большие по размерам (звезды) и маленькие (песчинки). И лично вы обладаете некоторой массой и, наверное, знаете ее значение.

О массе тел вы вспоминаете в самых различных ситуациях: при покупке продуктов, в спортивных играх, строительстве и огородничестве и т. п. – во всех видах деятельности у вас найдется повод поинтересоваться массой того или иного тела.

Думаю, вам нетрудно будет привести несколько примеров из собственной жизни и деятельности, когда масса тела имела существенное значение для успеха дела. Так что такое масса?

Масса не менее загадочная величина, чем время. Иногда говорят: масса – мера количества вещества. Известно, что масса прямо не зависит от размеров тела.

*Упражнение 1.* Не приходилось ли вам встречать тела больших объемов, но маленькой массы и, наоборот, маленьких объемов, но большей массы? Для каких тел справедливо утверждение: чем больше объем, тем больше масса?\*

– Как масса проявляет себя?

Первое явление, в котором масса тел играет определенную роль, – это всемирное тяготение: любые два тела, обладающие массами  $m_1$  и  $m_2$ , притягиваются друг к другу тем сильнее, чем больше их массы.

Второе явление, в котором проявляет себя свойство тел, – масса – тоже связано с взаимодействием. Тела постоянно взаимодействуют: сидя на стуле, вы взаимодействуете с сиденьем, сиденье – с ножками, а ножки – с полом; при ходьбе или беге вы взаимодействуете с поверхностью Земли.

Чтобы выяснить, как именно проявляет себя масса тел при взаимодействии, поставим несложный опыт. На горизонтальном столе будем расталкивать с помощью пружины (она обеспечивает взаимодействие) две легкоподвижные тележки. Опыт проводится несколько раз с изменением массы одной из тележек с помощью дополнительных грузов.

*Упражнение 2.* Проводя опыт, внимательно наблюдайте за тележками и постарайтесь ответить на вопросы: 1. Что происходит с тележками при взаимодействии, что именно изменяется у тележки? 2. Как связано это изменение с массой тележек?



Рис. 2

Масса тела проявляет себя при тяготении. При тяготении масса (ее называют гравитационной) определяет не только изменение скорости тел, но и силу взаимодействия, а при других взаимодействиях – только изменение скорости (эту массу называют инертной).

Итак, можно определить три основные особенности этой физической величины. *Масса* – это:

- мера количества вещества и энергии;
- мера инертности;
- мера гравитационного взаимодействия.

*За единицу массы принят килограмм.*

Килограмм – единица массы, равная массе международного эталона килограмма. Такова масса эталона – цилиндра из сплава платины с иридием. Этот эталон хранят особенно тщательно, так как природного аналога, с помощью которого эталон можно воссоздать, нет.

*Упражнение 3.* Оцените с помощью мышц (положив на ладонь) массу некоторых тел, а потом проверьте с помощью весов, насколько вы ошиблись.

**6.** Кратные и дольные единицы. Часто применяют единицы, которые в 10, 100, 1000 и т. д. раз больше принятых единиц (кратные). Эти единицы получили наименования с соответствующими приставками, взятыми из греческого языка. «Дета-» – 10, «гекто-» – 100, «кило-» – 1000 и др.

Если используются единицы, которые в 10, 100 и 1000 и т. д. раз меньше принятых единиц (дольные), то применяют приставки, взятые из латинского языка. «Деци-» - 0,1; «санти-» - 0,01; «милли-» - 0,001.

Пример. Длина теннисной ракетки 60 см. Выразите ее длину в метрах (м).

#### **IV. Закрепление изученного**

1. Какие примеры физических величин вы можете привести?
2. Что значит измерить физическую величину? Пример.
3. Какие примеры единиц длины и времени вы можете привести?
4. Какие кратные и дольные единицы вам известны?
5. Назовите основные физические величины.

#### **Домашнее задание**

*Экспериментальное задание.* Измерьте с помощью линейки диаметр шарика.

## **МЕХАНИКА**

### **КИНЕМАТИКА**

**Урок 5. Траектория. Закон движения. Перемещение. Путь**  
(См. урок 3, Мякишев)

**Урок 6. Вектора и линейные операции над ними**  
(См. урок 4, Мякишев)

**Урок 7. Проекция векторов**  
(См. урок 5, Мякишев)

**Урок 8. Равномерное прямолинейное движение**  
(См. урок 6, Мякишев)

**Урок 9. Лабораторная работа «Изучение равномерного движения»**  
(См. урок 7, Мякишев)

**Урок 10. Решение задач по теме «Равномерное движение»**  
(См. урок 8, Мякишев)

**Урок 11. Средняя скорость. Мгновенная скорость.**

**Относительная скорость**

(См. урок 9, Мякишев)

**Урок 12. Решение задач по теме**

**«Средняя скорость. Сложение скоростей»**

(См. урок 10, Мякишев)

**Урок 13. Прямолинейное движение**

**с постоянным ускорением**

(См. урок 11, Мякишев)

**Урок 14. Лабораторная работа «Определение ускорения тела**

**при равноускоренном движении»**

(См. урок 12, Мякишев)

**Урок 15. Свободное падение**

(См. урок 13, Мякишев)

**Урок 16. Решение задач по теме**

**«Свободное падение»**

(См. урок 14, Мякишев)

**Урок 17. Лабораторная работа**

**«Определение ускорения свободного падения»**

(См. урок 15, Мякишев)

**Урок 18. Графическое описание свободного падения**

(См. урок 16, Мякишев)

**Урок 19. Решение графических задач**

(См. урок 17, Мякишев)

**Урок 20. Баллистическое движение,**

**траектория и скорость**

**при баллистическом движении**

(См. урок 18, Мякишев)

**Урок 21. Урок-игра по теме**

**«Кинематика»**

(См. урок 19, Мякишев)

**Урок 22. Задачи по кинематике**

(См. урок 20, Мякишев)

**Урок 23. Контрольная работа**

(См. урок 21, Мякишев)

## КИНЕМАТИКА ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ

### Урок 24. Равномерное движение по окружности.

(См. урок 22, Мякишев)

### Урок 25. Поступательное и вращательное движение твердого тела

(См. урок 23, Мякишев)

### Урок 26. Решение задач по теме «Движение тела по окружности»

(См. урок 24, Мякишев)

## ДИНАМИКА

### Урок 27. Симметрия и физические законы

*Цели:* ввести понятие «инварианты»; научить характеризовать основные типы симметрии физического пространства.

#### Ход урока

#### I. Проверка домашнего задания

- Приведите известные вам примеры научного эксперимента, наблюдения.
- Как мы получаем знания о явлениях природы?
- Достаточно ли одних опытов для того, чтобы получить научные знания?
- Проведите ладонью по столу: вы ощущаете сопротивление, не так ли? Это широко известное явление, называемое трением. Выдвигаем гипотезу: трение возникает из-за зацепления очень маленьких зазубрин на поверхности тел. Как проверить эту гипотезу опытом?

#### II. Изучение нового материала

По словам выдающегося математика Германа Вейля, «симметрия... является той идеей, посредством которой человек на протяжении веков пытался постичь порядок, красоту и совершенство». Симметрия интуитивно воспринимается как гармония и соразмерность частей и целого. Об этом говорит и слово «симметрия», что в переводе с греческого означает «соразмерность».

В более строгом понимании симметрия какого-нибудь объекта (геометрической фигуры, молекулы, субатомных частиц, уравнений, физических законов и т. п.) – это совокупность преобразований, оставляющих объект неизменным, или инвариантным.

*Инварианты* – постоянные, не изменяющиеся в процессе эволюции системы, величины.

Например, шар инвариантен относительно поворота на любой угол вокруг любого из своих диаметров: повернутый шар неотличим от шара в исходном положении.

Симметричные принципы являются инструментом в отыскании новых законов природы. Так, отсутствие в пространстве выделенной точки (однородность пространства) означает, что законы природы должны быть инвариантны относительно переноса системы координат. Отсутствие в пространстве выделенного направления (изотропия пространства) означает, что законы природы должны быть инвариантны относительно поворотов. Отсутствие выделенного начала отсчета



времени (однородность времени) означает, что законы природы должны быть инвариантны относительно сдвигов во времени, т. е. не меняются со временем.

К числу симметричных принципов относятся и принципы относительности Галилея и Эйнштейна: они утверждают, что описание физических процессов инвариантно, если переход от одной системы отсчета к другой происходит соответственно с помощью преобразований Галилея и Лоренца.

Инвариантность физических явлений относительно сдвигов во времени порождает закон сохранения энергии, относительно сдвигов в пространстве – закон сохранения импульса, инвариантность относительно поворотов системы координат – закон сохранения углового момента.

Исходя из принципов симметрии, Евграф Степанович Федоров доказал, что существует лишь конечное число типов кристаллов, Мюррей Гелл-Манн предсказал существование новой элементарной частицы.

В 1963 г. Юджин Пол Вигнер был удостоен Нобелевской премии по физике за вклад «в теорию атомного ядра и элементарных частиц, особенно с помощью открытия и приложений фундаментальных принципов симметрии». Международный союз чистой и прикладной физики учредил Вигнеровскую медаль, которой награждаются исследователи за развитие и успешное приложение симметричных принципов.

### III. Закрепление изученного

1. Что такое инварианты?
2. Приведите примеры физических инвариантов.
3. Приведите примеры непрерывной симметрии.
4. Приведите примеры дискретной симметрии.
5. В каком случае система обладает симметрией?

## Урок 28. Принцип относительности Галилея

(См. урок 25, Мякишев)

## Урок 29. законы Ньютона

(См. урок 26, Мякишев)

## Урок 30. Инертность и масса тел

(См. урок 27, Мякишев)

## СИЛЫ В МЕХАНИКЕ

### Урок 31. Сила упругости

(См. урок 28, Мякишев)

### Урок 32. Лабораторная работа «Нахождение коэффициента трения»

(См. урок 29, Мякишев)

### Урок 33. Сила трения

(См. урок 30, Мякишев)

### Урок 34. Лабораторная работа «Измерение коэффициента трения»

(См. урок 31, Мякишев)

**Урок 35. Гравитационная сила**

(См. урок 32, Мякишев)

**Урок 36. Сила тяжести. Вес тела**

(См. урок 33, Мякишев)

**Урок 37. Движение тела в гравитационном поле**

(См. урок 34, Мякишев)

**Урок 38. Урок-игра «Эффекты взаимодействия»**

(См. урок 35, Мякишев)

**Урок 39. Применение законов Ньютона. Решение задач**

(См. урок 36, Мякишев)

**Урок 40. Решение задач по теме «Законы Ньютона»**

(См. урок 37, Мякишев)

**Урок 41. Лабораторная работа****«Движение тела по окружности под действием  
силы тяжести и упругости»**

(См. урок 38, Мякишев)

**Урок 42. Решение задач по теме «Законы Ньютона»**

(См. урок 39, Мякишев)

**Урок 43. Контрольная работа**

(См. урок 40, Мякишев)

## **ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ**

**Урок 44. Импульс материальной точки.****Закон сохранения импульса**

(См. урок 41, Мякишев)

**Урок 45. Решение задач по теме «Закон сохранения импульса»**

(См. урок 42, Мякишев)

**Урок 46. Работа силы**

(См. урок 43, Мякишев)

**Урок 47. Потенциальная энергия**

(См. урок 44, Мякишев)

**Урок 48. Кинетическая энергия**

(См. урок 45, Мякишев)

**Урок 49. Мощность**  
(См. урок 46, Мякишев)

**Урок 50. Закон сохранения энергии**  
(См. урок 47, Мякишев)

**Урок 51. Лабораторная работа**  
**«Определение ускорения шарика на лабораторном желобе»**  
(См. урок 48, Мякишев)

**Урок 52. Лабораторная работа «Определение высоты подъема снаряда при вертикальной стрельбе»**  
(См. урок 49, Мякишев)

**Урок 53. Решение задач по теме «Закон сохранения энергии»**  
(См. урок 50, Мякишев)

**Урок 54. Лабораторная работа**  
**«Проверка закона сохранения энергии при действии силы тяжести и упругости»**  
(См. урок 51, Мякишев)

**Урок 55. Контрольная работа**  
(См. урок 52, Мякишев)

**Урок 56. Динамика свободных колебаний**

*Цель:* выяснить, от чего зависят свободные колебания пружинного маятника.

**Ход урока**

**I. Изучение нового материала**

Механические колебания – это движения, которые точно или приблизительно повторяются через определенный интервал времени.

Вынужденные колебания – это колебания, которые происходят под действием внешней, периодически изменяющейся силы. (Движение иглы швейной машины.)

Свободные колебания – это колебания, которые происходят в системе под действием внутренних сил, после того, как система была выведена из состояния равновесия. (Колебания маятника часов, качели.)

**Эксперимент**

Демонстрация колебательных систем: пружинный маятник, колебание натянутой веревки, математический маятник, канонический маятник, движение жидкости в U-образной трубке.

– Что общего у всех колебательных систем?

Условия возникновения механических колебаний:

1. Наличие положения устойчивого равновесия, при котором равнодействующая равна нулю.

2. Хотя бы одна сила должна зависеть от координат.

3. Наличие в колеблющейся материальной точке избыточной энергии.

4. Если тело вывести из положения равновесия, то равнодействующая не равна нулю.

5. Силы трения в системе малы.

Рассмотрим движение тележки массой  $m$ , прикрепленной к вертикальной стенке пружиной жесткостью  $R$ .

При растяжении пружины на  $x_0 = A$  (амплитуда) на тело начинает действовать сила упругости, которая стремится вернуть тело в положение равновесия, но, дойдя до положения равновесия, в котором сила упругости равна нулю, тело начинает сжимать пружину, при сжатии пружины появляется возвратная сила упругости, направленная к положению равновесия.

*Демонстрация.* На тележку прикреплен фломастер, под тележку положен кусок ватмана. Выведем тележку из положения равновесия и одновременно будем двигать ватман на себя. Что же увидим?

Увидим линию, т. к. тележка движется, значит, изменяется координата. Линия будет выражать зависимость координаты от времени. На ватмане будет косинусоида.

Свободные колебания пружинного маятника являются гармоническими.

Зависимость координаты от времени можно записать так:

$$x = A \cos W_0 t \text{ или } X = X_m \cos W_0 t,$$

где  $A$  или  $x_m$  – амплитуда – максимальное отклонение от положения равновесия. Так как косинус изменяется от  $-1$  до  $1$ , то координата лежит в промежутке:

$$-A \leq x \leq A.$$

Такой величиной может быть не обязательно координата давления, но сила тока и т. д.  $\omega_0$  – циклическая частота. Найдем период по II закону Ньютона:

$$m a_x = F_{\text{упр.}} - F_{\text{упр.}} = -kx; -m W_0^2 F \cos W_0 t = -kA \cos W_0 t; m W_0^2 = k;$$

$$W_0 = \frac{k}{m} \Rightarrow T \frac{2\pi}{W_0} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

Период определяется жесткостью пружины, и малой, т. е. собственными характеристиками колебательной системы.

Далее учащиеся открывают с. 173 и читают об энергии свободных колебаний, затем отвечают на вопрос:

– Как полная механическая энергия гармонических колебаний зависит от их амплитуды?

### **Фронтальный эксперимент**

*Оборудование:* держатели на пружинах, штативы, секундомер или метроном, наборы грузов.

1. Соберите пружинный маятник.
2. Измерьте его период.
3. Зная массу груза, рассчитайте жесткость пружины.
4. Полученный результат проверьте по закону Гука.

## **II. Решение задач**

1. Координата колеблющегося тела изменяется по закону:  $x = 5 \cos pt$ . Чему равна амплитуда, период и частота колебаний, если в формуле все величины выражены в единицах СИ?

**Дано:**

$x = 5 \cos \pi t.$

A - ?

T - ?

V - ?

**Решение:**

Сопоставим данный закон изменения координаты с законом гармонических колебаний.

$$x = A \cos \frac{2\pi}{T} \cdot t, \quad x = 5 \cos \pi t$$

Видно, что множитель A перед косинусом есть амплитуда колебаний, следовательно, амплитуда колебаний тела равна 5 м, так как в данном законе этот множитель равен 5. Множитель перед временем t под знаком косинуса в обеих формулах одинаков, поскольку данное движение тела является также гармоническим колебанием. Поэтому  $\frac{2\pi}{T} = \pi \Rightarrow T = \frac{2\pi}{\pi} = 2 \text{ с}.$

Частоту колебаний найдем по формуле:  $\nu = \frac{1}{T}; \nu = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ Гц}.$

$$\text{(Ответ: } A = 5 \text{ м; } T = 2 \text{ с; } \nu = 0,5 \text{ Гц.)}$$

2. Уравнение движения гармонического колебания имеет вид  $x = 0,02 \cos \pi/2t$ . Найти координаты тела через 0,5 с; 2 с. Все величины в формуле выражены в единицах СИ.

**Дано:**

$x = 0,02 \cos \pi/2t,$

$t_1 = 0,5 \text{ с}$

$t_2 = 2 \text{ с}$

$x_1 - ?$

$x_2 - ?$

**Решение:**

$x_1 = 0,02 \cos \frac{\pi}{2} \cdot t, \text{ тогда } t_1 = 0,5 \text{ с;}$

$x_1 = 0,02 \cos \frac{\pi}{2} \cdot 0,5 = 0,02 \cdot \cos \frac{\pi}{2} \cdot \frac{1}{2} = 0,02 \cdot \frac{\pi}{4}$

$$\cos \frac{\pi}{4} = \cos 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2} \approx 0,7.$$

Тогда:  $x_1 = 0,02 \cdot 0,7 = 0,014 \text{ м} = 1,4 \text{ см}$ , а  $x_2$  при  $t_2 = 2 \text{ с}$ :

$x_2 = 0,02 \cos(\pi/2) \cdot 2 = 0,02 \cos \pi = 0,02 \cdot (-1) = -0,02 \text{ м}.$

(Ответ:  $x_1 = 1,4 \text{ см}$ ;  $x_2 = -2 \text{ см}$ .)

3. Напишите закон гармонического колебания груза на пружине, если амплитуда колебаний 80 см, а частота колебания – 0,5 Гц.

**Дано:**

A = 80 см = 0,8 м

x = 0,5 Гц.

x(t) - ?

**Решение:**

$x = A \cos \frac{2\pi}{T} \cdot t$

$$1 \text{ способ: } T = \frac{1}{\nu}, \text{ т.е. } T = \frac{1}{0,5} = \frac{10}{5} = 2 \text{ с; } x = 0,8 \cos \frac{2\pi}{2} t \text{ или } x = 0,8 \cos \pi t$$

$$2 \text{ способ: } T = \frac{1}{\nu}, \text{ то } x = A \cos \frac{2\pi}{1/\nu} \cdot t = A \cos 2\pi \nu t$$

(Ответ:  $x = 0,8 \cos \pi t$ )

4. Пользуясь графиком изменения координаты колеблющегося тела от времени, определить амплитуду, период и частоту колебаний. Записать уравнение зависимости  $x(t)$  и найти координату тела через 0,1 и 0,2 с после начала отсчета времени.

(Ответ: A = 0,3 м; T = 1,6 с;  $\nu = 0,625 \text{ Гц}$ ;  $x = 0,625 \text{ Гц}$ ;  $x(t) = 0,3 \cos 1,25\pi t$ ,  $x_1 \approx 0,28 \text{ м}$ ;  $x_2 \approx 0,21 \text{ м}$ .)

Домашнее задание

П. 37. задачи на с. 327 (169–172).

## Урок 57. Колебательная система под действием внешних сил

Цель: дать характеристику свободных колебаний.

### Ход урока

#### I. Проверка домашнего задания

1. Приведите примеры вынужденных колебаний.
2. Какие колебания называются вынужденными?
3. Что такое период?
4. Что такое амплитуда?
5. От чего зависит период пружинного маятника?
6. Как зависит полная механическая энергия от амплитуды?

#### II. Новый материал

*Демонстрация.* Математический маятник. Пружинный маятник.

– Что мы видим с течением времени? *Уменьшение амплитуды. Колебания становятся затухающими. Затухающие колебания – колебания, амплитуда которых уменьшается с течением времени.*

– Почему уменьшается амплитуда? *Механическое движение сопровождается трением. Оно направлено в противоположную сторону перемещения маятника, совершает отрицательную работу (рис. 3).*

При увеличении трения сопротивления движению оказывается столь значительным, что выведенный из положения маятник, теряя энергию, может не пройти положение равновесия.

Подобное движение называется аperiodичным (применяется в специальном устройстве для гашения колебаний кузова автомобиля; амортизатор).

Пусть на пружинный маятник действует сила  $F_0$  постоянная, направленная вдоль оси  $x$ . При растяжении пружины сила упругости компенсирует эту силу  $F_{\text{уп}} = kx_0 = F_0$ ;  $x_0 = F_0/k$ .

Статическое смещение – изменение положения равновесия колебательной системы под действием постоянной силы.  $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$ ;  $x_0 = \frac{F_0}{m\omega_0^2}$

Измеряя статическое смещение пружины с известной жесткостью, можно определить массу тела, подвешенного на пружине.

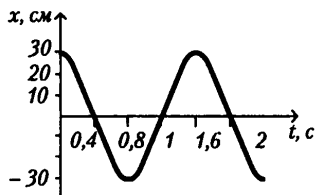


рис. 3

### Лабораторная работа «Изучение свободных колебаний»

*Цель работы:* исследование влияния силы трения и амплитуды на период свободных колебаний.

*Оборудование:* прочная нить, небольшой грузик, часы.

#### Ход работы

Подвесьте груз на двух нитях длиной около метра. Отклоните нить от вертикали на угол приблизительно 20–30°. Определите число колебаний и время, за которое амплитуда уменьшится в некоторое число раз, например в 2 раза.

Повторите эксперимент, отклонив первоначально маятник на расстояние  $X_{\text{max}}$ , и снова определите число колебаний и время уменьшения амплитуды в 2 раза. Результаты измерений запишите. Удалось ли вам обнаружить зависимость времени одного колебания от амплитуды?

Укрепите на двух нитях с помощью скрепок лист бумаги площадью 1-2 дм<sup>2</sup>. Проведите аналогичную серию опытов. Удалось ли вам обнаружить во второй серии опытов зависимость времени одного колебания от амплитуды? Удалось ли вам обнаружить влияние

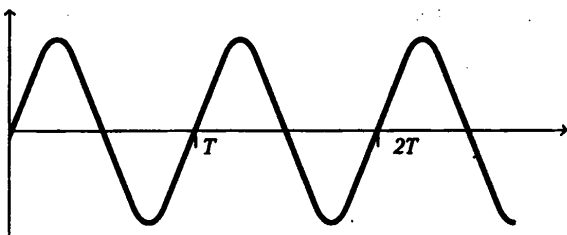


Рис. 4

сопротивления на время одного колебания?

Опыты, аналогичные тем, которые вы провели, и теоретический анализ свободных колебаний показывают следующее.

А. Время одного колебания при достаточно малых амплитудах не зависит от амплитуды.

Это время называется условным периодом (рис. 4).

(Слово «условный» используется для того, чтобы подчеркнуть, что через время  $T$  тело не возвращается в прежнее состояние.)

Б. Степень затухания характеризуется величиной  $\tau$  («тау»), которая называется временем релаксации. Время релаксации  $\tau$  — время, за которое амплитуда колебаний убывает в  $e = 2,7$  раз.

В. Время релаксации позволяет определить коэффициент сопротивления в формуле для силы сопротивления:  $F_{\text{сопр.}} = -\beta V$ .

Именно:  $\beta = 2m/\tau$ ,

где  $m$  — масса колеблющегося тела.

**Домашнее задание**

П. 38. Задачи с. 327 (174–176).

## Урок 58. Вынужденные колебания. Резонанс

**Цель:** сформулировать понятие резонанс, отрицательные воздействия резонанса.

### Ход урока

#### I. Проверка домашнего задания

1. Приведите примеры затухающих колебаний.
2. Дайте определение затухающим колебаниям?
3. Приведите примеры аperiodического движения.
4. При каком условии они возникают?
5. Что такое статическое смещение?

#### II. Изучение нового материала

Наряду со свободными колебаниями, происходящими под действием внутренних сил, в системе возможны колебания, вызванные периодической внешней силой.

Вынужденные колебания происходят под действием внешней периодической силы.

Пусть тело совершает колебания под действием периодической силы:

$$F_x = F_0 \cos \omega t; \quad a = \frac{F_x}{m} = \frac{F}{m} \cos \omega t; \quad \frac{F_0}{m} = a_0 - \text{амплитуда ускорения тела.}$$

Координата изменяется по закону  $x = A \cos \omega t$ .

Для гармонических колебаний:  $A = \frac{a}{\omega^2}$ ;  $A = \frac{F_0}{m\omega^2}$

Найдем амплитуду вынужденных колебаний маятника пружинного по II закону Ньютона:  $\max - kx + F_0 \cos \omega t$ ;  $a_x = -\omega^2 A \cos \omega t$ ;  
 $-m\omega^2 A \cos \omega t = -k A \cos \omega t + F_0 \cos \omega t$ ;  $k = m\omega_0^2$ ;

$$a = \left| \frac{F_0}{m(\omega_0^2 - \omega^2)} \right|$$

Из этого следует, что амплитуда колебаний зависит от частоты вынуждающей силы. Если частота вынуждающей силы меньше частоты собственных колебаний  $\omega < \omega_0$ , то при увеличении частоты  $\omega$  разность  $(\omega_0^2 - \omega^2)$  уменьшается.

При частоте  $\omega < \omega_0$  амплитуда вынужденных колебаний увеличивается с ростом частоты. При  $\omega \gg \omega_0$ ,  $A \approx \frac{F_0}{m\omega^2}$

Амплитуда вынужденных колебаний обратно пропорциональна квадрату частоты  $\omega$ , амплитуда вынужденных колебаний убывает с ростом частоты.

*Демонстрация резонанса маятников.* Если частота вынуждающих сил приблизительно равна частоте собственных колебаний, то знаменатель стремится к нулю. В этом случае амплитуда колебаний резко возрастает.

Резонанс – резкое возрастание амплитуды вынужденных колебаний при совпадении частоты внешней силы с частотой собственных колебаний системы.

При резонансе внешняя сила действует синхронно со свободными колебаниями системы.

Многие физические объекты, обладая определенной упругостью, могут совершать собственные колебания. Поэтому внешнее периодическое воздействие на них может оказаться резонансным. Изучение явления резонанса позволяет избежать отрицательных последствий этих воздействий, и использовать энергетические ресурсы резонансных процессов.

Хорошо известно, что для прекращения расплескивания воды в ведре необходимо изменить темп ходьбы. При этом изменяется частота внешней силы.

При землетрясениях разрушаются здания одинаковой высоты, так как их собственная частота колебаний определяется высотой и совпадает с частотой колебания почвы.

Явление резонанса позволяет с помощью сравнительно малой силы получить значительное увеличение амплитуды колебаний (используется в горнодобывающей промышленности.)

### III. Закрепление изученного

1. Что называется резонансом?
2. Каково условие резонанса?
3. Начертите резонансные кривые.
4. Приведите примеры вредного и полезного проявления резонанса.

#### *Лабораторная работа «Определение скорости звука при помощи резонансной трубы»*

Прибор, применяемый в этой работе, показан на рис. 5

Резонансная труба представляет собой длинную узкую трубу А, соединенную с резервуаром В через резиновый патрубок. В обеих трубах находится вода. Когда В поднят, длина воздушного столба в А уменьшается, а когда В опускается, длина столба



воздуха в А увеличивается. Поместите колеблющийся камертон сверху А, когда длина столба воздуха в А практически равна нулю. Вы не услышите никакого звука. По мере увеличения длины столба воздуха в А вы услышите, как звук усиливается, достигает максимума, а затем начинает затихать. Повторите эту процедуру, регулируя В таким образом, чтобы длина воздушного столба в А давала максимальный по силе звук. Затем замерьте длину  $J_1$  столба воздуха (рис. 5).

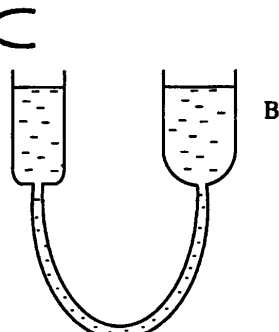


Рис. 5

Громкий звук слышен потому, что собственная частота столба воздуха равна собственной частоте камертона, и поэтому воздушный столб колеблется в унисон с ним. Вы нашли первое положение резонанса. Фактически длина колеблющегося воздуха несколько больше столба воздуха в А.

$$\text{Итак, } \frac{1}{4} \lambda = l_1 + e$$

Длина  $l$  — это дополнительная длина, которая должна быть добавлена к длине столба воздуха  $J_1$ , чтобы получить более точную длину колеблющегося воздуха. Эта поправка называется краевой коррекцией.

Если вы опустите В еще ниже так, чтобы длина воздушного столба увеличилась, то найдете другое положение, в котором звук достигает максимальной силы. Точно определите это положение и измерьте длину  $J_2$  столба воздуха. Это — второе положение резонанса. Как и прежде, вершина находится на открытом конце трубы, а узел — на поверхности воды. Это может быть достигнуто только в случае, когда длина столба воздуха в трубе приблизительно составляет  $3/4$  длины волны ( $3/4 \lambda$ ). Краевая коррекция остается такой же, как и прежде, поэтому  $3/4 \pi = J_2 - J_1 + c$ . Вычитание двух замеров дает формулу:  $S \pi = J_2 - J_1$ , и поправка сокращается. Итак,  $c = f \lambda = f 2 (J_2 - J_1)$ , где  $f$  — частота камертона.

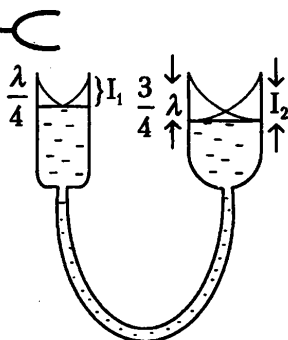


Рис. 6

Это быстрый и достаточно точный способ определения скорости звука в воздухе.

#### Домашнее задание

Повторить п. 36–39.

### Урок 59. Распространение волн в упругой среде

**Цели:** познакомить учащихся с условиями возникновения волн и их видами; показать значение волн в жизни человека.

#### Ход урока

#### I. Анализ контрольной работы

#### II. Изучение нового материала

**Демонстрация.** Поперечные волны в шнуре, продольная и поперечная волна на модели, волны на поверхности воды.

Основной физической моделью вещества является совокупность движущихся и взаимодействующих между собой атомов молекул.

Рассмотрим волновой процесс, т. е. распространение колебаний. Передача колебаний обусловлена тем, что смежные участки среды связаны между собой. Эта связь может быть обусловлена силой упругости, возникшей в результате деформации среды при ее колебаниях.

В результате колебание, вызванное каким-либо образом в одном месте, влечет за собой последовательное возникновение колебаний в других местах, все более и более удаленных от первоначального, и получается волна.

Механические волны имеют огромное значение в жизни человека. Распространение звуковых колебаний объясняется упругостью воздуха, благодаря этому мы слышим. Круги, разбегающиеся от камня, брошенного в воду, огромные океанские волны – это механические волны. Колебания в земной коре – сейсмические волны. При распространении волны происходит передвижение формы, но не перенос вещества, в котором распространяются волны. В зависимости от того, в каком направлении частицы совершают колебания по отношению к направлению перемещения волны, различают продольные и поперечные волны.

В продольной волне частицы совершают колебания в направлении, совпадающем с перемещением волны. Такие волны возникают в результате сжатия-растяжения. Они распространяются в газах, жидкостях и твердых телах.

В поперечной волне частицы совпадают колебанием в плоскостях, перпендикулярных направлению перемещения волны. Такие волны – результат деформации сдвига. Распространяются лишь в твердых телах.

При распространении волны происходит передача движения от одного участка тела к другому. С передачей движения волной связана передача энергии без переноса вещества. Например: в шнуре энергия складывается из кинетической энергии движения участков шнура и потенциальной энергии его упругой деформации.

### III. Закрепление изученного

1. Какие волны называются поперечными?
2. Что называется волной?
3. Какие волны называются продольными?
4. Происходит ли в бегущей волне перенос вещества?
5. В каких средах распространяются продольные и поперечные волны?

#### Домашнее задание

П. 40.

*Экспериментальное задание:*

1. Бросьте два камня в ванну. Понаблюдайте за процессом прохождения волн друг сквозь друга.
2. Покройте стенку ванны полотенцем. Отражаются ли волны от полотенца так же, как они отражались от стенки? Как повлияет на отражение волн прикладывание к стенке других материалов, например дерева, металла? Сделайте вывод.

## Урок 60. Периодические волны

*Цель:* сформировать понятие длина волны, гармоническая волна, поляризация.

### Ход урока

#### I. Проверка домашнего задания

1. Назовите два фундаментальных способа передачи энергии и импульса в пространстве.

2. Какой процесс называется волновым?
3. Назовите условие распространения механической волны.
4. Объясните процесс возникновения и распространения продольной волны в твердом теле и газе.
5. Какая волна называется поперечной?
6. В чем отличие отраженной поперечной волны в шнуре с закрепленным и незакрепленным концами?

## II. Изучение нового материала

### Эксперимент

Резиновый шнур, привязанный к стене. Если взмахнуть один раз рукой, произойдет короткое возмущение (одиночная волна).

– А что будет, если это движение руки будет повторяться?

Если возмущение среды вызывается периодической внешней силой, меняющейся со временем по гармоническому закону, то вызываемые ею волны называют гармоническими.

Важнейшей характеристикой волны, является скорость ее распространения. Волны любой природы не распространяются в пространстве мгновенно. Их скорость конечна. Волны на поверхности воды удобны для наблюдения по той причине, что скорость их распространения невелика.

Расстояние, на которое распространяются колебания за один период, называются *длиной волны*.  $v = \lambda \nu$   $v = \lambda / T$ , где  $\lambda$  – длина волны [м],  $\nu$  – частота [с<sup>-1</sup>] [Гц],  $T$  – период с.

Создадим поперечную волну в резиновом шнуре так, чтобы колебания быстро меняли свое направление в пространстве. Пропустим теперь шнур сквозь узкий деревянный ящик. Из колебаний во всевозможных направлениях ящик «выделит» колебания в одной определенной плоскости. Поэтому говорят: из ящика вышла поляризованная волна.

*Поляризация* – упорядоченное направление колебаний частиц среды в волне.

Если на ее пути имеется еще точно такой же ящик, но повернутый относительно первого на 90°, то колебания сквозь него не проходят. Волна целиком гасится.

## III. Закрепление изученного

1. Что называется периодом волны? Частотой? Длиной волны?
2. Что принимают за скорость распространения волны?
3. Напишите формулу, связывающую скорость распространения волны с длиной волны и частотой или периодом?

### Задачи

1. Расстояние между ближайшими гребнями волны в море 20 м. С какой скоростью распространяется волна, если период колебаний частиц в волне 10 с?
2. Рыболов заметил, что за 10 с поплавок совершил на волнах 20 колебаний, а расстояние между соседними горбами 1,2 м. Какова скорость распространения волн?
3. На озере в безветренную погоду с лодки бросали тяжелый якорь. От места бросания якоря пошли волны. Человек, стоящий на берегу заметил, что волна дошла до него через 50 с, расстояние между соседними горбами волн 0,5 м, а за 5 с было 10 всплесков о берег. Как далеко от берега находится лодка?

### Домашнее задание

П. 40. С. 328. Задачи (183–185).

## Урок 61. Стоячие волны

*Цель:* сформировать понятие стоячей волны.

### Ход урока

#### I. Повторение. Беседа

1. Какая волна называется гармонической?
2. Объясните возникновение сжатия и растяжения в продольных гармонических волнах.
3. Что такое длина волны?
4. По какой формуле она вычисляется?
5. В чем суть поляризации?
6. Как определяется плоскость поляризации?

#### *Фронтальная лабораторная работа 1*

##### *«Исследование отражения плоских волн»*

Установите кювету с возбудителем плоской волны и стробоскопом. Поместите в кювету металлический брусок для отражения волн. Вы должны увидеть возникновение волн. Заметьте, что эти волны отражаются как плоские волны. Положите лист белой бумаги на экран и зарисуйте эти волны, отметьте углы падения и отражения. Таким способом вы сможете убедиться, что угол падения волны равен углу ее отражения.

#### *Фронтальная лабораторная работа 2*

##### *«Исследовать отражение сферических волн»*

Замените возбудитель плоской волны шарниром для образования сферических волн. После отражения плоским отражателем волны имеют сферическую форму. Центром этих сферических волн будет точка, расположенная на том же расстоянии позади отражателя, как и волнообразователь перед отражателем. Это указывает на то, что расстояние до «изображения» позади отражателя равно расстоянию до предмета перед отражателем.

#### II. Изучение нового материала

##### *Опыт 1*

Возьмем резиновый шнур, один конец которого закреплен к стене. Взмахнув раз рукой, пошлем единичный импульс. По шнуру побежит волна и, достигнув стенки, будет от нее отражаться.

В результате на любом участке шнура встречаются две волны, бегущие в противоположные стороны. Частоты этих колебаний одинаковые, а амплитуды почти одинаковые, затухание колебаний вдоль шнура не велико. Но фазы их различны. Бегущая (падающая) волна и отраженная проходят различные пути по данному участку шнура. В результате амплитуда удваивается. Такие точки называются кучностями. Если в какой-нибудь точке складываются колебания с противоположными фазами, то точка остается в покое. Такие точки называются узлами. Узлы и кучности не перемещаются вдоль шнура. В результате распределения смещения точек шнура относительно их положений, равновесие в любой момент времени образует волну, которая не перемещается в пространстве. Такая волна называется стоячей волной. Расстояние между соседними узлами (или кучностями) равно половине длины волны. В стоячей волне в среднем по времени не происходит переноса энергии. Энергия волны между двумя узлами остается неизменной. Совершаются только перемещения кинетической энергии в потенциальную и наоборот.

Стоячие волны могут получаться в телах любой формы, а не только в таких сильно удлиненных телах, как струна или шнур. Неподвижные места стоячей волны – ее узлы – представляют собой поверхности, рассекающие объем тела на участки, в середине которых наиболее сильны колебания.

### **Опыт 2**

#### **Хладниевы фигуры**

Пластину из дерева или стекла закрепляют к одной точке и засыпают песком. По краю проводят смычком, натертым канифолью. Песок сбрасывается с кучностей и собирается на узловых линиях. Вид фигур зависит от формы пластинки и места скрепленной точки, а также от того, в каком месте проводят смычком и где придерживают пластинку пальцами.

### **III. Решение задач**

Стр. 328 (186–188).

### **Домашнее задание**

П. 40.

## **Урок 62. Звуковые волны. Высота, тембр, громкость звука**

*Цель:* сформировать понятие звуковой волны.

### **Ход урока**

#### **I. Повторение. Беседа**

1. Какая волна называется стоячей?
2. Объясните процесс образования стоячей волны.
3. Сформулируйте определение кучности и узлов стоячей волны.
4. Что такое первая гармоника собственных колебаний в струне и обертоны?

#### **II. Изучение нового материала**

##### **Эксперимент 1**

Возьмите крепкую бечевку (60 см) и привяжите к ней посередине металлическую ложку. Конец бечевки привяжите к указательным пальцам. Оба конца должны иметь одинаковую длину. Заткните уши пальчиками. Наклонитесь вперед, чтобы ложка свободно повисла и столкнулась с краем стола. Послышится звук, напоминающий звон.

– Почему? Ударяясь о стол, металл начинает колебаться. Эти колебания по бечевке передаются ушам. Мы слышим потому, что наши уши воспринимают различные колебания. Чтобы издавать звук, предмет должен колебаться. Колебания от него передаются воздуху и распространяются в нем. Колеблющиеся молекулы воздуха ударяются о барабанную перепонку, из-за этого она тоже колеблется. Эти колебания идут дальше через костную ткань и жидкость в ухе, пока не доходят до слухового нерва, а он посылает сигнал в мозг.

##### **Эксперимент 2**

В колокол помещают электрический звонок. И включают. Слышен звук. Начинаем выкачивать воздух, по мере разряжения воздуха громкость становится меньше, пока совсем не становится неслышной.

– Почему? *Отсутствует среда, в которой распространяются колебания.*

Вывод: звук может распространяться в газах, жидкостях и твердых телах.

Звук обусловлен механическими колебаниями в упругой среде и телах (твердых, жидких и газообразных), частоты которых лежат в диапазоне от 16 до 20 000 Гц и которые способны воспринимать человеческое ухо.

Раздел физики, изучающий звук, – *акустика*. Любое тело (твердое, жидкое или газообразное), колеблющееся со звуковой частотой, создает в окружающей среде звук.

### Эксперимент 3

Переливание воды из одного сосуда в другой. Удар молотка по наковальне.

Чаще всего звуковые волны достигают наших ушей по воздуху. Но звук распространяется в воде и твердых телах. Нырнув с головой во время купания, можно услышать звук от удара двух камней, производимого на большом расстоянии.

Хорошо проводит звук земля.

Звуковая волна представляет собой последовательность сжатий и разрежений упругой среды, распространяющуюся с определенной скоростью. Это волна продольная.

Сжатие и разрежение воздуха вызывает колебания давления относительно среднего атмосферного давления  $r_0$ .

Громкости звука соответствует изменение давления  $Dg$  на несколько десятков Паскалей.

Ухо человека воспринимает  $Dg = 10^{-5}$  Па. Ухо весьма чувствительный прибор, наиболее чувствителен к колебаниям с частотой около 3500 Гц.

Звуковая волна подобно другим волнам распространяется с конечной скоростью. Если гроза далеко, то запаздывание грома достигает нескольких секунд.

Скорость звука в воздухе при  $0^\circ\text{C}$  равна 331 м/с; в воде при  $8^\circ\text{C}$  – 1455 м/с; в стали при  $15^\circ\text{C}$  – 4980 м/с.

### Физические характеристики звука

1. Звуковое давление, оказываемое звуковой волной на стоящее перед ней препятствие.

2. Спектр звука – разложение сложной звуковой волны на составляющие ее частоты.

3. Интенсивность звуковой волны.  $I = \frac{W}{St}$ , где  $S$  – площадь поверхности;

$W$  – энергия звуковой волны;  $t$  – время.  $I = \left[ \frac{Вт}{м^2} \right]$ .

4. Громкость.

Громкость звука, как и высота, связана с ощущением, возникающим в сознании человека, а также с интенсивностью волны.

Человеческое ухо способно воспринимать звуки интенсивностью от 10-12 (*порог слышимости*) до 1 Вт/м<sup>2</sup> (порог болевого ощущения).

Громкость не является прямо пропорциональной величиной интенсивности. Уровень громкости выражается в белах:

$$A = \lg \frac{I}{I_0}, \text{ где } I_0 = 10^{-12} \frac{Вт}{м^2} - \text{порог слышимости.}$$

5. Высота звука зависит от частоты колебаний: чем больше частота, тем выше звук.

6. Тембр звука позволяет различать два звука одинаковой высоты и громкости, издаваемых различными инструментами. Он зависит от спектрального состава.

### III. Закрепление изученного

1. Что представляют собой звуковые волны?

2. Что является источником звука?

3. Каковы частота и длина звуковых волн, воспринимаемые человеком?

4. Как называются такие звуковые волны?

### Домашнее задание

П. 41. *Творческое задание.* Предложите способ нахождения скорости звука в среде, используя доступное оборудование, проведите эксперимент.

## Урок 63. «Колокола, колокола...»

### (урок-вечер по теме «Звуковые волны»)

*Цель:* использовать физическую информацию для пробуждения у учащихся патриотических и гражданских чувств (сделать это можно через обращение к истории, архитектуре и атрибутам древнерусских храмов).

### Ход урока

#### I. Вступительное слово учителя

Колокол — это один из символов Руси, ее силы, веры в будущее и памяти о прошлом.

Чистый месяц в росе плыл.  
Белый, стольный град Владимир  
Звон неведомый, родимый  
Над землю рассыпал.  
Перворожден и силен,  
Плыл он, ритмом покоряя,  
Плыл, как будто укоряя,  
Из Владимирских времен.  
И внимал, я — внук славян —  
Чуду с гордостью и грустью,  
Благосвет летел над Русью,  
Новый день благословлял.

*А. Пономарев*

#### II. Некоторые исторические сведения

1. О колоколах в России впервые упоминается в летописях 988 г.
2. Колокола помещали в звонницах храма, но очень часто — на специальных сооружениях рядом с церковью — колокольнях (с XIX в.).
3. В Москве до революции 1917 г. насчитывалось примерно 4000 храмов. На их звонницах и колокольнях было по 5–10 колоколов, иногда и больше; для разных случаев — праздник, будни, беда — использовались разные колокола.
4. На колокольне Ивана Великого в Кремле, построенной в 1505–1508 гг. и имеющей высоту 81 м, было 52 колокола (в последствии — 37).
6. Колоколам часто давали имена: Медведь, Реут, Сысой и др.
7. Колокола были большие и малые. Масса некоторых больших колоколов такова: Лебеда (сделанного в 1550 г.) — 2200 пудов (36,08 м); Большого Успенского (1654 г.) — 8000 пудов (131,2 м).
8. Огромнейший и единственный по своей величине во всем мире считается московский Царь-колокол (1735 г.), его масса свыше 12000 пудов (196,8 м.)
9. Звон колокола был голосом Родины. Он воспевал ее силу и красоту, он напоминал о долге перед ней. А если колокол умолкал — это значило, что родину постигло несчастье. Колокола покоренного города были желанны-

ми трофеями для победителя. Их срывали с колоколен и звонниц, их разрушали, их переплавляли на пушки и монеты. Большой кары, как лишение колокола, не было для опального города.

10. Колокольный звон был предметом многократного воспроизведения и воспеания в различных областях искусства – литературе, поэзии, живописи, музыке. Отечественные композиторы часто включали колокольный звон в свои произведения: вспомним М. Мусоргского и его оперу «Хованщина», «Борис Годунов», а также оперу М. Глинки «Жизнь за царя», А. Бородин – с «Князем Игорем», Н. А. Римского-Корсакова – «Сказка о царе Салтане» и «Псковитянка» (для постановки последней Большой театр в начале XX в. приобрел колокол массой 170 пудов)

### III. Музыкальная вставка

Прослушивание колокольных звонов Троице-Сергиевой лавры, находящейся в г. Сергиев Посад Московской области (Сергиев монастырь был основан в XIV в. лаврой называется с 1744 г., когда стал резиденцией московских митрополитов): грамзапись, пластинка «Колокольные звоны» (Мелодия, 1980 г.)

### IV. Что такое колокол?

Колокол – это «самозвучающий сигнальный музыкальный инструмент». Такое научное определение дает Энциклопедический словарь. «Опрокинутая чаша с малиновым звоном» – определение второе, поэтическое; один из древнейших символов православной Руси, а ныне еще и примета ее возрождения – определение третье. Металлическая чаша, перевернутая вверх дном, внутри которой по центру дна подвешен металлический «язык» (см. рис. 7); при их взаимном перемещении (например, движении «языка» при помощи веревки) происходит удар о стенку чаши, и та издает звук. Это – четвертое определение – описание.

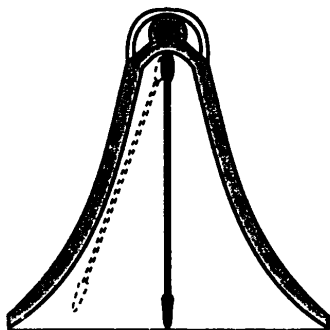


Рис. 7

### V. Звуки колокола

Попробуем разобраться, каким образом создается колокольный звон, как мелодия звона связана с размерами, формой колокола, а также остановимся на том, из какого материала изготавливают колокола, т. е. рассмотрим два вопроса:

- 1) акустика колоколов;
- 2) из чего льют колокола.

У каждого колокола есть основной тон, соответствующий высоте его звучания, и богатый, характерный только для него набор добавочных тонов – более низких и более высоких. Именно они и создают разнообразие тембров, по которым различают голоса колоколов с одинаковой высотой основного тона.

Рассмотрим физический механизм звучания. При ударе языком колокола о стенку бронзовой чаши возникает ее упругое дрожание, которое представляет собой сумму многих собственных колебаний звуковой частоты. Эти колебания можно сделать видимыми, если перевернуть чашу, залить ее водой, насыпать на поверхность воды равный слой легкого мелкого порошка, например лycopодия, и возбудить колебания. Колеблющийся участок борта звучащей чаши отгонит от себя легкие частицы. В результате на поверхности воды получатся своеобразные



«звезды». Они вырисовываются при любом уровне воды. Это означает, что стена колеблющегося колокола разделена «меридианами покоя», число которых может быть 4 или 6, или 8, или 10. В те моменты, когда в данном из секторов стенка «всучивается», в соседних – она в покое.

Но есть и другие виды колебаний колокола. Чтобы представить их, перейдем от объема к плоскости: мысленно превратим колокол в круглую плоскую металлическую пластину. Закрепим ее в центре, насыпем тонкий ровный слой песка и приведем в колебательное движение, проводя по краю пластины смычком. На поверхности пластины образуются песчаные узоры – фигуры Хладни (название дано по имени изучавшего их немецкого ученого Э. Ф. Хладни).

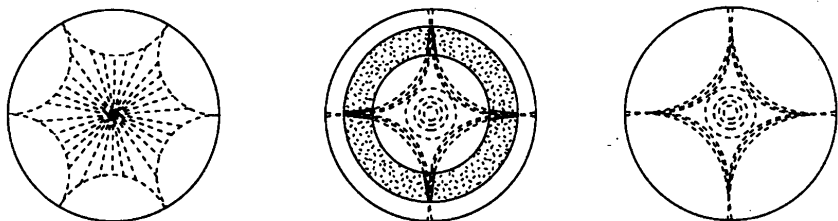


Рис. 8

Причина их образования – собственные колебания пластины: колеблющиеся секторы пластины, вспучиваясь, стряхивают с себя песок, и он собирается вдоль линий покоя. Хладниевы фигуры, таким образом, свидетельствуют о том, что пластина разделена, не только меридианами, но и параллелями покоя. Каждому сочетанию меридианов и параллелей покоя соответствует своя частота колебаний: более высоким частотам соответствует более дробная сетка линий покоя.

Аналогичные эксперименты были проделаны и с колоколом.

Звучащие участки стенок колокола и линий покоя можно обнаружить экспериментально и с помощью резонаторов Гельмгольца.

Можно даже составить «карту» звучания колокола.

Звучащие участки можно найти даже на ощупь, если размеры колокола велики и велика амплитуда колебаний.

О колебаниях стенок колокола дают представление следующие иллюстрации (см. рис. 9).

На протяжении многих веков литейщики колоколов искали решение вопросов, какими должны быть пропорции между размерами и массой, толщиной стенок в разных сечениях, какой быть форме колокола, чтобы получить гармоничное звучание, т. е. такое, при котором добавочные тоны (обертоны) гармонично сочетались с основным, создавая единое прекрасное целое. Все практические находки тщательно записывались, составлялись таблицы размеров, масс, состава металла. Эти сведения часто хранились в секрете. Основные таблицы были сделаны в XVI в. Но

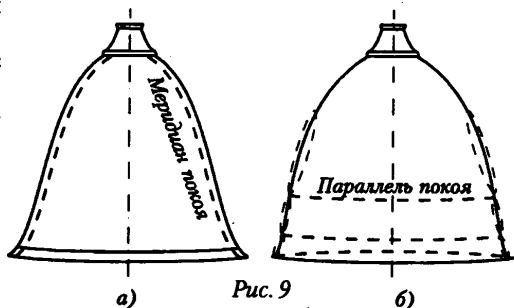


Рис. 9

только в XVIII в. удалось найти такую «правильную» форму колокола, при которой он звучал особенно гармонично: было значительно расширено основание и наращена нижняя часть, ей придан вид заостренной массивной «губы». Выработался тип русского колокола. В нем диаметр нижней части равен высоте колокола, а диаметр верхней части – половине диаметра нижней. (Отметим для сравнения: китайский колокол более сжат внизу и дает глухой звук.)

В тоже время литейщики пришли к выводу, что при таком профиле колокол может давать, совмещая, три гармонических тона, но при этом сила трезвучия поглощает добавочные тона.

Несколько слов о «языке» колокола. «Язык» изготавливают из железа. Масса его обычно составляет  $1/25$  от массы колокола (для больших колоколов – это отношение меньше). Форма может быть различной: она зависит от способа возбуждения звука – раскачивают ли «язык» или раскачивают колокол; первый способ – русский, второй – западноевропейский.

В начале XX в. по количеству, качеству и величине колоколов, гармонии даваемых ими звуков Россия занимала в мире первое место.

Обратим теперь внимание на явление резонанса. Устройство колокола таково, что его звучание – это дует металла и столба воздуха в нем, который приходит в колебательное движение с частотой, равной частоте колебаний стенок совершая вынужденные колебания. Чтобы собственная частота колебаний столба воздуха совпадала с частотой колебаний стенок колокола, столб должен иметь определенные параметры и ударять по нему надо в определенные моменты.

Благодаря резонансу возрастает амплитуда и энергия звуковой волны и, как следствие, – грамотность звука.

В звоне (звуке) колокола, т. е. в его звуковом спектре, присутствуют неслышные звуки – ультразвук и инфразвук. Наше ухо не воспринимает их, но человек – биологическая система, и поэтому, так или иначе, отзывается на их воздействие. Не потому ли, когда бьют колокола, в душе возникают ощущение торжественности, причастности к чему-то духовно высокому и светлому, ощущение неразрывной связи со своей родиной, со своим народом, его историей и традициями; или, наоборот, душой овладевают печальные, тревожные чувства?

Колокол русский народный,  
Колокол храма святой,  
Чуден голос свободный,  
Люб отголосок мне твой.  
Чистые, чудные звуки  
Любо душою ловить,  
Или тревожные муки  
В сердце больном хоронить...

## VI. «Дома», где живут колокола и рождаются звуки

Колокола, как мы уже говорили, размещают на колокольных – специальных башнях с открытым верхним ярусом, стоящим рядом с храмом, или на звонницах – особых надстройках с проемами на самом храме. Колокольная Ивана Великого в московском Кремле (построенная в 1505–1600 гг.)

В их устройстве тоже используются явление резонанса, причем с древних времен. Так, в верхней части колоколен и звонниц, их шатрах (см. рис. 10 – 1) располагаются «слуши» (2) – отверстия (окошечки, убывающие по величине к вершине)

для резонанса звука. Размеры отверстий делаются такими, чтобы частота колебаний столба воздуха в них совпадала с частотой звучания колокола, («звона») (3). Кроме того, в толщу стен барабанов (4) иногда встраивают пустые глиняные кувшины или горшки – «голосники», которые выполняют такую же роль, как и «слухи» (рис. 10).

В роли резонатора выступает также просторное и пустое пространство первого этажа звонниц, а в колокольне – весь внушительный по высоте (не в один десяток метров) столб воздуха в ней.

На звонницах и колокольнях размещали обычно сразу несколько колоколов, на еще более внушительном по размерам – пространстве над гладью озера Геро. Здесь звон колоколов становится особенно мягким и мелодичным.

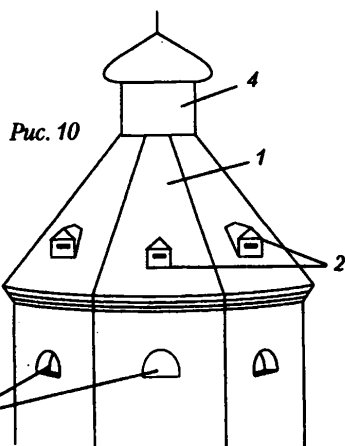
### VII. Из чего льют колокола

Многовековой опыт русских мастеров показал, что из всех материалов наилучший для изготовления колоколов – бронза, состав которой: 4 части меди и 1 часть олова (80 и 20% соответственно). Этот сплав слабо рассеивает механическую энергию за период колебания: у бронзы доля рассеяния наименьшая – 0,005, в то время как у меди – 0,03, латуни – 0,015, стали – 0,035.

Другие характеристики бронзы таковы:

- плотность  $\rho = 8800 \text{ кг/м}^3$ ;
- модуль Юнга  $E = 1,0 \cdot 10^{11} \text{ Н/м}^2$ ;
- температура плавления  $t_{пл} = 880 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- твердость по Бринеллю  $7,5 \cdot 10^8 \text{ Н/м}^2$ ;

Медь и олово – мягкие материалы, но в сплаве делают твердыми. Цвет сплава – серовато-стальной, вид – однородный. В сплаве присутствуют и примеси (этого просто не избежать): наибольшее количество свинца (около 2%), цинка (1,2%), железа (1,2%); но это вредные примеси: так, наличие свинца снижает звонкость и твердость. При литье колоколов важно соблюдать процентное соотношение олова и меди в материале, поскольку избыток олова придает колоколу звонкость, но делает бронзу более хрупкой.



**VIII. Эпилог**

Для нас, сегодняшних россиян, в российском колоколе и его звонах воедино слиты и история, и наука, и любовь к родине, и знания мастеров колокольного дела, и песни, и душа народа.

Малиновый звон на заре  
Скажи моей милой земле,  
Что я в нее с детства влюблен,  
Как в этот малиновый звон.

*А. Поперечный*

**Домашнее задание**

П. 42.

**Урок 64. Контрольная работа по теме  
«Механические и звуковые волны»**

(См. раздел «Самостоятельные и контрольные работы»)

*Ответы к контрольной работе:*

	Номер вопроса и ответ				
	1	2	3	4	5
<b>Вариант 1</b>	В	В	Б	Г	А
<b>Вариант 2</b>	Б	Г	Г	А	Б

у Максвелла в уравнениях нет оговорок насчет относительной скорости. Физики предположили, что свет распространяется в какой-то среде, эту среду назвали эфиром, который заполняет все пространство. Предположим, что значение скорости, по Максвеллу, достигается в Системе отсчета, связанной с эфиром. Тогда скорость света в различных системах отсчета различна? А. Майкельсон и Э. Морин провели опыты по измерению скорости света в системе отсчета, связанной с Землей в направлении движения Земли и в перпендикулярном направлении. Никакого различия в скорости света им обнаружить не удалось. Это означало, что никакой среды эфира не существует.

Таким образом, обнаружилось определенные противоречия между электродинамикой и механикой Ньютона, законы которой согласуются с принципом относительности. Возникшие противоречия можно было преодолеть тремя различными способами.

1. Объяснить несостоятельность принципа относительности в применении к электромагнитным явлениям. На эту точку встал голландский физик Х. Лоренц.

2. Считать неправильными сами уравнения Максвелла и попытаться изменить их таким образом, чтобы они при переходе от одной инерциальной системы к другой не менялись. Такая попытка была предпринята Г. Герцем.

3. В отказе от классических представлений о пространстве и времени, с тем, чтобы сохранить как принцип относительности, так и уравнения Максвелла.

Единственно правильной оказалась именно третья возможность. Последовательно развил ее Эйнштейн, он пришел к новым представлениям о пространстве и времени.

Первые два пути были опровергнуты экспериментами. (Можно дать ученикам доклады, какие были проведены эксперименты, указав литературу.)

**Принцип относительности – главный постулат теории Эйнштейна.**

Все законы природы одинаковы в любой инерциальной системе отсчета.

Это означает, что во всех инерциальных системах физические законы имеют одинаковую форму. Таким образом, принцип относительности классической механики обобщается на все процессы в природе, в том числе и на электромагнитные.

**Второй постулат:** скорость света в вакууме одинакова для всех инерциальных систем отсчета. Она не зависит ни от скорости источника, ни от скорости приемника света. Скорость света занимает особое положение.

В данном случае специальная теория относительности находится в противоречии с классическими представлениями о пространстве и времени, которые при больших скоростях движения уже несправедливы. Наличием верхнего предела скорости объясняется существование черной дыры – астрономического объекта.

### III. Закрепление изученного

1. Объясните сущность теории относительности.

2. Каким путем Эйнштейн решил противоречия, возникшие при применении принципа относительности к законам электродинамики.

3. Сформулируйте постулаты теории относительности и объясните их сущность.

Домашнее задание

П. 43–44

## Урок 66. Относительность времени

**Цель:** доказать, что время относительно.

### Ход урока

#### I. Проверка домашнего задания

*Вопросы для повторения*

1. Что показал эксперимент Майкельсона-Морли?

2. Почему результаты эксперимента Майкельсона-Морли противоречили классическому закону скоростей?

3. Что изучают специальная теория относительности и общая теория относительности?

4. Сформулируйте первый и второй постулаты теории относительности и объясните их смысл.

5. Почему существование черных дыр объясняется наличием верхнего предела скорости распространения любого взаимодействия?

#### II. Изучение нового материала

Существование предельной скорости передачи взаимодействий вызывает необходимость глубокого изменения обычных представлений о пространстве и вре-

мени, основанных на повседневном опыте. Представление об абсолютном времени, которое течет раз и навсегда заданным темпом, совершенно независимо от материи и ее движения, оказывается неправильным.

Если допустить мгновенное распространение сигналов, то утверждение, что события в двух разделенных точках А и В произошли одновременно, будет иметь абсолютный смысл. Поместить в точках А и В часы и синхронизировать. Если в т. А часы показывают 0 ч 30 мин и отправить сигнал в т. В, там то же 0 ч 30 мин, то часы показывают одинаковое время, т. е. идут синхронно.

Только располагая в т. А и т. В синхронизированными часами, можно судить о том, произошли ли два события в этих точках одновременно или нет. Как могут синхронные часы находиться на некотором расстоянии друг от друга, если скорость распространения сигналов не бесконечно велика?

Такой способ используется для проверки часов по радио. Зная расстояние от радиостанции до дома, можно вычислить поправку на запаздывание сигнала. Эта поправка не велика, но при огромных космических расстояниях может оказаться весьма существенной.

Пусть у космонавта синхронные часы находятся в разных концах корабля. Если свет дошел одновременно до обоих часов, часы идут синхронно. Это в системе, связанной с кораблем.

В системе отсчета, относительно которой корабль движется, положение иное. Часы на носу корабля удаляются от того места, где произошла вспышка, свет преодолевает расстояние больше половины корабля. Напротив, на корме приближаются к месту вспышки, и путь – меньше половины корабля. Наблюдатель придет к выводу, что сигнал достигнет часов не одновременно. Часы идут неодинаково.

*Вывод.* Одновременность пространственно разделенных событий относительна. Причиной является конечность скорости распространения сигналов.

**Домашнее задание**

П. 45.

## Урок 67. Замедление времени

*Цели:* изучить факт замедления времени; научить решать задачи.

### Ход урока

#### I. Проверка домашнего задания

1. Почему результаты эксперименты Майкельсона-Морли противоречили классическому закону сложения скоростей?
2. Почему осуществление событий в нашем чувственном восприятии не означает их одновременности?
3. Почему, глядя на звездное небо, мы как бы зондируем прошлое?
4. Будет ли определенным порядок следования событий, если разделяющий их промежуток времени больше времени, необходимого для распространения света между ними?

#### II. Изучение нового материала

Согласно классическим представлениям течение времени абсолютно. Предполагалось, что движущиеся часы не изменяют своего ритма. Наблюдения световых явлений показывают, что движущиеся часы изменяют свой ритм. Пилот

космического корабля, движущегося со скоростью  $V$ , может измерять время по часам, покоящимся относительно корабля.

Время  $t'$  называется собственным временем. Собственное время – время, измеренное наблюдателем, движущимся вместе с часами.

Время в неподвижной системе отсчета и движущейся относительно нее течет с разной скоростью.  $t \neq t'$

$$t = \frac{t'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \text{ – время неподвижного наблюдателя.}$$

Явление замедления времени обнаруживается экспериментально, при наблюдении распада нестабильных элементарных частиц, таких, как мюон,  $\pi$ -мезон. Среднее время жизни мюона, т. е. время между рождением мюона и его распадом, в системе покоя в среднем  $\tau_0 = 2,2 \cdot 10^{-6}$  ( $t'$ ). Чем быстрее движется мюон относительно лабораторной системы, тем больше время его жизни.

Если бы удалось макроскопическому телу сообщить скорость, близкую к скорости света, то космонавт, стартовавший с Земли и проведший в космосе по часам ракеты, скажем, 1 год, с точки зрения обитателей Земли провел бы там 10 лет. В то время как на земле пройдет 10 лет и люди постареют на 10 лет, на ракете пройдет 1 год и космонавт постареет на 1 год.

### III. Решение задач

1. Ракета движется относительно неподвижного наблюдателя со скоростью, равной 0,6 скорости света в вакууме. Какое время пройдет по часам неподвижного наблюдателя, если по часам, движущимся вместе с ракетой, прошло 6 лет? (*Ответ:*  $\tau = 7,5$  лет.)

2. Какой промежуток времени пройдет на звездолете, движущемся относительно Земли со скоростью, равной 0,4 скорости света, за 25 земных лет? (*Ответ:*  $\tau_0 \approx 23$  года.)

### Домашняя работа

П. 46 на с. 329. Задачи 193–194.

## Урок 68. Релятивистский закон сложения скоростей

*Цель:* вывести релятивистский закон сложения скоростей.

### Ход урока

#### I. Повторение. Беседа

1. Какое время называют собственным?
2. Чем определяется замедление времени: свойствами света, конструкцией световых часов или свойствами самого времени?
3. Почему при движении замедляется не только ход часов, но и протекание всех физических процессов, а также химических реакций в человеческом организме?
4. В чем суть «парадокса «близнецов»?
5. Какой эксперимент подтверждает эффект замедления времени.

#### II. Изучение нового материала

Опыт Майкельсона-Морли показал, что скорость света в вакууме постоянна и не зависит от скорости движения источника или приемника. Это означает, что преобразования Галилея и закон сложения скоростей неверны при скорости движения, соизмеримой со скоростью света.

Потенциальная точка (тело) не может двигаться с большей скоростью, чем скорость света.

Скорость тела как относительно неподвижной системы отсчета  $X$ , так и относительно системы  $X'$ , движущейся со скоростью  $V$  равна:  $V_x \ll C$   $V'_x \ll C$

Умножив на  $\left(1 - \frac{V}{C}\right)$  последнее имеем:  $V'_x \left(1 - \frac{V}{C}\right) \leq C \left(1 - \frac{V}{C}\right)$

$$V_x - \frac{V_x V}{C^2} < C - V \quad \text{или} \quad V'_x + V \leq C \left(1 + \frac{V_x V}{C^2}\right) \left| : \left(1 + \frac{V_x V}{C^2}\right) \right|; \quad \frac{V'_x + V}{1 + \frac{V_x V}{C^2}} \leq C$$

Пусть  $V'_x$  и  $V$  малы по сравнению со скоростью  $C$ , тогда:

$$\begin{cases} V'_x \ll C & \frac{V'_x}{C} \ll 1 \\ V \ll C & \frac{V}{C} \ll 1 \end{cases} \quad \frac{V_x V}{C^2} = \frac{V_x}{C} \cdot \frac{V}{C} \ll 1$$

Тогда  $V'_x + V = C$ .

В левой части фигурирует  $V_x$  относительно неподвижной системы отсчета.

На случай произвольных скоростей, можно предположить, что левая часть неравенства (1) также представляет скорость  $V_x$ :

$$V_x = \frac{V'_x + V}{1 + \frac{V_x \cdot V}{C^2}}$$

Релятивистский закон сложения скоростей справедлив при любой скорости движущихся тел.

### III. Решение задач

1. Две ракеты движутся навстречу друг другу со скоростями  $s$ ,  $c$  относительно неподвижного наблюдателя. Определите скорость сближения ракет. (Ответ:  $u = 0,96 c = 2,88 \cdot 10^8$  м/с.)

2. Две частицы удаляются друг от друга со скоростью  $0,8$  м относительно земного наблюдателя. Какова относительная скорость частиц? (Ответ:  $0,976 c$ .)

3. С космического корабля, движущегося к Земле со скоростью  $0,4 c$ , посылают два сигнала: световой сигнал и пучок быстрых частиц, имеющих скорость относительно корабля  $0,8 c$ . В момент пуска сигналов корабль находился на расстоянии  $12$  Гм от Земли. Какой из сигналов и на сколько раньше будет принят на Земле? (Ответ: световой на  $4$  с раньше.)

### Домашняя работа

П. 46 на с. 329 (195–197)

## Урок 69. Взаимосвязь массы и энергии

Цель: показать взаимосвязь между массой и энергией.

### Ход урока

#### I. Проверка домашнего задания

1. Почему преобразования Галилея и классический закон сложения скоростей не верны при движениях, соизмеримых со скоростями света?
2. Сформулируйте релятивистский закон сложения скоростей.



3. Укажите границы применимости классического закона сложения скоростей.
4. Как релятивистский закон сложения скоростей согласуется с результатами эксперимента Майкельсона-Морли?

## II. Изучение нового материала

Покоящее тело имеет определенную массу, которую называют массой покоя  $m_0$ .

Зависимость массы тела от скорости: 
$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{C^2}}}$$

Найдем зависимость скорости от массы при  $V \ll c$ . Знаменатель можно

записать так: 
$$\sqrt{1 - \frac{V^2}{C^2}} = \sqrt{1 - \frac{1V^2}{2C^2} - \frac{1V^4}{4C^4}}$$

Пренебрегаем  $1/4 V^4/c^4$  (малая величина): 
$$\sqrt{1 - \frac{V^2}{C^2}} \approx 1 - \frac{1}{2} \frac{V^2}{C^2}$$

Умножив числитель и знаменатель на  $1 + 1/4 V^2/c^2$  и снова пренебрегая членом  $1/4 V^4/c^4$ , приходим к  $m = m_0 + 1/2 m_0 \cdot V^2 / c^2$ .  $\Delta m = m - m_0$  при увеличении кинетической энергии на  $\Delta E = 1/2 m_0 V^2$  выражается  $\Delta m = \Delta E/c^2$ .

Если изменяется энергия системы, то изменяется и ее масса.

При химических реакциях при нагревании тел в обычных условиях изменения энергии настолько малы, что соответствующее изменение массы не удается обнаружить на опыте. Лишь при превращениях атомных ядер и элементарных частиц изменения энергии оказываются настолько большими, что и связанное с ними изменение массы уже заметно.

Классическая теория разделяет и определяет два различных вида материи: вещество и поле. Необходимым атрибутом вещества является масса, а поля энергии. Существуют закон сохранения массы и закон сохранения энергии.

Согласно теории относительности нет существенного различия между массой и энергией. Вещество имеет массу и обладает энергией, поле имеет энергию и обладает массой.

Вместо двух законов есть один закон сохранения массы-энергии.

Излучения Солнца и звезд имеют энергию и, значит, массу. Излучая энергию, Солнце и звезды теряют массу  $\Delta m = \Delta E/c^2$ .

Поэтому раскаленный образец вещества имеет большую массу, чем холодный, но это изменение практически невозможно обнаружить даже на очень чувствительных весах из-за большой величины  $c^2$ .

## III. Решение задач

1. Электрон движется со скоростью 0,8 скорости света. Определить: массу электрона, энергию покоя электрона (в джоулях и электрон-вольтах), полную энергию электрона, кинетическую энергию электрона.

2. Чайник с 2 кг воды нагрели от 10 оС до кипения. На сколько изменилась масса воды? (Ответ: увеличилась на  $8,4 \cdot 10^{-12}$  кг.)

3. На сколько изменяется масса 1 кг льда при плавлении? (Ответ: увеличилась на  $8,4 \cdot 10^{-12}$  кг.)

4. На сколько отличается масса покоя продуктов сгорания 1 кг каменного угля от массы покоя веществ, вступающих в реакцию? (Ответ: Масса покоя продуктов сгорания на  $3,2 \cdot 10^{-10}$  кг меньше.)

5. Найти кинетическую энергию электрона (в МэВ), движущегося со скоростью 0,6 с. (*Ответ: 0,128 МэВ.*)

Домашнее задание

П. 47 на с. 329 (200–203).

### Урок 70. Контрольная работа по теме

#### «Релятивистская механика»

См. раздел «Самостоятельные и контрольные работы».

*Ответы к контрольной работе:*

	Номер вопроса и ответ				
	1	2	3	4	5
Вариант 1	А	Б	Б	В	Г
Вариант 2	В	Б	Г	Б	А

## ЭЛЕКТРОСТАТИКА

### Урок 71. Электрический заряд

(См. урок 97, Мякишев)

### Урок 72. Электромагнитное поле

*Цель:* сформулировать понятие электромагнитного поля.

#### Ход урока

#### I. Повторение. Беседа

1. Какие взаимодействия называют электромагнитными?
2. Что такое электрический заряд?
3. Перечислите свойства электрического заряда?
4. В чем сходство и отличие электрического заряда и гравитационной массы?
5. Как называется единица электрического заряда?
6. Чему равно значение элементарного заряда?
7. Сформулируйте закон сохранения электрического заряда.

#### *Эксперимент 1*

Возьмите маленький рыхлый кусочек ваты массой 3–5 мг. Хорошо наэлектризуйте полиэтиленовую расческу о чистые волосы или эбонитовую палочку и опустите на нее ватку. Она притягивается и наэлектризуется. Рывком палки в сторону оторвите ватку и быстро поднесите палочку под ватку, а далее можно управлять ее движением. Почему она плавает в воздухе?

#### II. Изучение нового материала

Покоящийся заряд создает в воздухе только электрическое поле. Заряд покоится лишь относительно определенной системы отсчета.

Точно также магнит лежащий на столе создает магнитное поле. Электрические и магнитные поля – проявления единого магнитного поля.

В каждой точке пространства и в каждый момент времени состояние электрического поля характеризуется двумя векторами.

$\vec{E}$  – электрическая напряженность;

$\vec{B}$  – магнитная индукция.

$E$  и  $B$  – силовые характеристики электромагнитного поля.

Единица электрической напряженности

$$\vec{E} \left[ \frac{H}{Kл} \right] \quad \vec{E} = \frac{\vec{F}_э}{q}$$

Единица магнитной индукции –  $\vec{B}$  [Тл] (Тесла).

Как же передается электромагнитное взаимодействие?

Если поместить два заряженных тела на некоторое расстояние друг от друга, а затем один из них привести в движение, то действие передается мгновенно на другой.

Перемещение заряда меняет электрическое поле вблизи него. Это переменное электрическое поле порождает переменное магнитное поле в соседних областях пространства. Переменное магнитное поле, в свою очередь, порождает переменное электрическое поле и т. д.

Перемещение заряда вызывает «всплеск» электромагнитного поля, который распространялось, охватывает все больше и больше области окружающего пространства. На конец, этот «всплеск» достигает второго заряда. Скорость распространения этого процесса равна скорости света в пустоте – 300000 км/с.

### III. Закрепление изученного

1. Что называют электромагнитным полем?
2. Могут ли электрические и магнитные поля существовать обособленно друг от друга?
3. Что характеризует вектор? И в каких единицах измеряется?
5. Почему утверждение, что в данной точке пространства существует только электрические или только магнитное поле, не является вполне определенным?

Домашнее задание

П. 50.

## Урок 73. Сила Лоренца

*Цель:* установить силы, влияющие на подвижное заряженное тело в электромагнитном поле.

### Ход урока

#### I. Повторение. Беседа

1. Что такое электромагнитное поле?
2. Какие величины определяют состояние электромагнитного поля?
3. Какая сила называется электрической?
4. Какая сила называется магнитной?
5. Что такое пробный заряд?
6. Как определяется электрическая напряженность?
7. Что называется магнитной индукцией?
8. Как называется взаимодействие заряженных частиц на языке теории поля?

#### Экспериментальная задача

Как, имея в распоряжении заряженный электромметр с полым шаром и пробный шарик на изолирующей ручке, получить на другом электромметре с полым шаром заряд, превышающий по модулю заряд первого электромметра?

(Предлагаемое решение. Пробный шарик подносят к кондуктору заряженного электромметра на расстояние, равное 2 см, и касается шарика ручкой. При этом он приобретает электрический заряд, противоположный по знаку заряду электромметра. При повторных операциях на нем накапливается заряд.)

## II. Изучение нового материала

Проанализировав свойства электромагнитного поля, и установив связь силовых характеристик этого поля друг с другом, а также с зарядами и точками, Максвелл написал систему уравнений, составивших основу его теории.

В 1892 г. Лоренц получил формулу силы, с которой электромагнитное поле действует на любое находящееся в нем заряженное тело.

$$\vec{F} = q\vec{E} + q\vec{v} \cdot \vec{B} \quad \text{— электромагнитная сила Лоренца.}$$

Здесь включены два слагаемых: первое — электрическая сила  $\vec{F} = q\vec{E}$ , второе — магнитная сила (или просто сила Лоренца):

$$F = qvB; \quad F = qvB \sin \alpha$$

Направлена магнитная сила Лоренца всегда перпендикулярно векторам  $\vec{v}$  и  $\vec{B}$  в ту сторону, куда перемещался бы буравчик в случае кратчайшего поворота его рукоятки от  $\vec{v}$  к  $\vec{B}$ .

Если магнитная сила Лоренца всегда перпендикулярна скорости движения, то она работу не совершает ( $A = 0$ ).

Частица влетает в однородное магнитное поле.  $m\vec{a} = q\vec{v} \cdot \vec{B}$ ;  $ma = qvB \sin \alpha$ .

1. Если  $\vec{v} \parallel \vec{B}$  то  $\alpha = 0$  ей  $\alpha = 0$ ;  $F_m = 0$ .

Сила Лоренца не действует частица прodelывает свое движение.

2.  $\alpha = 0$ ,  $\vec{v}$  и  $\vec{B}$  — перпендикулярны.

$$ma = |q|v \cdot B; \quad a = \frac{v^2}{R}; \quad m \frac{v^2}{R} = |q|v \cdot B \Rightarrow R = \frac{mv^2}{|q|B}; \quad T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi m}{|q|m}$$

Частица движется по окружности.

3. Частица влетает в магнитное поле под острым или тупым углом к вектору  $\vec{B}$ . Открывают учебники и с. 169 разбираются самостоятельно.

*Демонстрация силы Лоренца.* Старый телевизор, генератор полюс и электромагнит. При движении электромагнита вдоль экрана наблюдается искривление полюс.

## III. Закрепление изученного

1. Какую силу называют силой Лоренца?
2. Напишите формулу для определения силы, с которой магнитное поле действует на движение в нем заряда.
3. Как движется заряженная частица в однородном магнитном поле в случае, когда направление скорости перпендикулярно магнитной индукции?
4. Почему сила Лоренца не меняет модуля скорости заряженной частицы?
5. По какой формуле определяется период обращения заряженной частицы по окружности в однородном магнитном поле?

## IV. Решение задач

1. В однородном магнитном поле, индукция которого равно 0,2 Тл, движется электрон со скоростью  $10^5$  м/с перпендикулярно линиям магнитной индукции. Вычислите сумму действия на электрон. (Ответ:  $F_n = 3,2 \cdot 10^{-14}$  Н.)

2. Электрон движется в вакууме в однородном магнитном поле с индукцией  $5 \cdot 10^{-3}$  Тл. Радиус окружности, по которой он движется, равен 1 см. Определите

модуль скорости движения электрона, если она перпендикулярна к линиям индукции. (Ответ:  $x = 9 \cdot 10^3$  м/с.)

### Домашнее задание

П. 51–53. Задачи 229–230, 242–243.

## Урок 74. Применение силы Лоренца

*Цель:* показать практическую значимость силы Лоренца.

### Ход урока

#### I. Повторение. Беседа

1. Какую силу называют силой Лоренца?
2. Чему равна сила Лоренца?
3. Что такое электрическое поле?
4. Какое поле называют однородным?
5. В каком случае электрическое поле разгоняет заряженную частицу, а в каком – тормозит?
6. Что такое магнитное поле?
7. Как определить направление магнитной силы Лоренца?
8. Как движется частица в магнитном поле в разных случаях?

#### Лабораторная работа

*Цель:* ознакомление с устройством электронной лучевой трубки осциллографа, использование знаний о силе Лоренца для определения скорости движения заряда.

*Оборудование:* пучкообразный магнит с рассчитанным модулем  $B$  магнитной индукции, линейка, осциллограф (электронная лучевая трубка).

#### Ход работы

1. Установите след электронного луча (светящуюся точку) в центре экрана, вращая ручки вертикального и горизонтального смещения луча осциллографа.

Осторожно прижмите подкову магнита к экрану и измерьте линейкой смещения луча по  $Y$ .

2. Зарисуйте положение магнита относительно экрана, начальное и конечное положение луча на экране. Укажите направление линий магнитной индукции между полюсами магнита, определите направление движения электронов.

3. Радиус кривизны найдите по формуле:  $R = \frac{l^2 - d^2}{2q}$ , где  $R$  – радиус кривизны;  $d$  – толщина слоя, где действует магнитное поле;  $l$  – смещения.

$$V = \frac{qB(l^2 + d^2)}{2gt}, \text{ где } q \text{ и } m \text{ – табличные данные.}$$

4. Если известно напряжение между ускоряющими электродами осциллографа, то можно провести оценку  $\frac{mV^2}{2} = qU$ .

#### II. Изучение нового материала

Рассмотрим некоторые из многочисленных применений силы Лоренца, которые встречаются в науке и технике.

1. Управление электронным пучком.

Как видно из лабораторной работы, с помощью магнитных полей можно изменить направленное движение электронов.

Впервые управлять электронными лучами научился Дж. Дж. Томсон.

2. Определение скорости движения частиц.
3. Действия магнитного поля на движущиеся заряженные частицы используются для преобразования кинетической энергии плазменной струи в электрическую. (МГД-генераторы – магнитногидравлические.)

Поток плазмы направляется в поперечное магнитное поле, которое действует на движущиеся заряженные частицы.

$F = B \cdot q \cdot v$  направляет перпендикулярно к скорости их движения. В результате положительные ионы отклоняются вверх, а электроны отрицательные ионы вниз.

Верхний катод электролизуется положительно, а нижний – отрицательно, их выводы являются полюсами генератора. Между электродами ток течет снизу вверх. Происходит уменьшение скорости струи и ее кинетической энергии. В МГД-генераторе кинетическая энергия плазменной струи преобразовывается непосредственно в электрическую энергию.

Совместное использование на тепловых электростанциях гидродинамического метода преобразования энергии и обычных паротурбинных установок позволяет значительно повысить экономическую эффективность электростанций.

4. Определение знака заряда движущейся частицы.
5. Магнитные ловушки.
6. Определение удельного заряда и масс частиц.
7. Ускорители заряженных частиц.
8. Электронный микроскоп.

### III. Закрепление изученного

1. Какими методами можно определить скорость заряженных частиц?
  2. Как с помощью магнитного поля можно узнать, заряжена ли частица?
  3. Опишите принцип действия циклотрона.
- Решение задач из учебника 231, 145, 233, 244, 232, 246.

### Домашнее задание

П. 55, задачи 234, 248.

## Урок 75. Решение задач

*Цель:* закрепить навыки решения задач по теме «Движение заряженной частицы в электрическом и магнитном поле».

### Ход урока

#### I. Повторение. Беседа

1. Каков принцип действия циклотрона?
2. Для чего используется магнитное поле в установках для получения высокотемпературной плазмы?
3. Как определить удельный заряд иона?
4. Как определить массу иона?
5. По какой траектории движется частица в однородном магнитном поле?
6. От чего зависит период обращения заряженной частицы в однородном магнитном поле?

#### II. Решение задач

##### Задачи на «3»

1. Пылинка массой  $10^{-8}$ , имеющая заряд  $1,6 \cdot 10^{-17}$  Кл, находится в однородном электрическом поле. Определите напряженность поля, если сила тяжести

пылинки уравнивается действием на нее электрического поля. (Ответ:  $6,125 \cdot 10^6$  Н/Кл.)

2. С какой скоростью электрон влетает в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям магнитной индукции? Сила, действующая на электрон в магнитном поле равна  $8 \cdot 10^{-11}$  Н, индукция магнитного поля равна 10 Тл. (Ответ:  $5 \cdot 10^7$  м/с.)

3. В плоском горизонтально расположенном конденсаторе заряженная капля ртути находится в равновесии. Напряженность электрического поля между пластинами равна 30000 Н/Кл. Определите массу капли, если ее заряд равен  $8 \cdot 10^{-19}$  Кл. (Ответ:  $2,4 \cdot 10^{-15}$  кг.)

4. На протон, движущийся со скоростью  $10^7$  м/с в однородном магнитном поле перпендикулярно линиям магнитной индукции, действует сила, равная  $0,32 \cdot 10^{-12}$ . Какова индукция магнитного поля? (Ответ: 0,2 Тл.)

#### Задачи на «4»

1. На какой угол отклонится заряженный шарик, подвешенный на нити, если его поместить в горизонтальное однородное электромагнитное поле, напряженность которого равна  $10^5$  Н/Кл? Заряд равен 4,9 нКл, масса 0,4 г. (Ответ:  $7^\circ$ .)

2. Электрон движется по окружности радиусом 4 мм перпендикулярно линиям магнитной индукции однородного магнитного поля. Скорость электрона равна  $3,5 \cdot 10^6$  м/с. Рассчитайте индукцию магнитного поля. (Ответ:  $5 \cdot 10^{-3}$  Тл.)

3. Электрон влетает в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям магнитной индукции со скоростью  $3,6 \cdot 10^6$  м/с, продолжает свое движение по круговой орбите радиусом 1 см. Определите отношение заряда электрона к его массе, если известно, что индукция магнитного поля равна  $2 \cdot 10^{-3}$  Тл. (Ответ:  $1,8 \cdot 10^{11}$  Кл/кг.)

4. Металлический шарик, подвешенный на пружине, поместили в однородное вертикальное электрическое поле напряженностью 400 Н/Кл. При этом растяжение пружины увеличилось на 10 см. Найдите заряд шарика, если коэффициент упругости пружины равен 20 Н/м. (Ответ:  $0,5 \cdot 10^{-2}$  Кл.)

#### Задачи на «5»

1. Два протона движутся в однородном магнитном поле в плоскости, перпендикулярной линиям магнитной индукции по окружности; радиусы равны соответственно 1 см и 2 см. Определите отношение кинетических энергий протонов. (Ответ: 1 : 4.)

2. Электрон влетает в плоский конденсатор посередине между его пластинами со скоростью  $2 \cdot 10^7$  м/с, направленной параллельно пластинам конденсатора. Расстояние между пластинами равно 5 см, напряженность электрического поля равна  $10^4$  Н/Кл. Вылетит ли электрон из конденсатора? (Ответ: Не вылетит.)

3. Протон и  $\alpha$ -частица, двигаясь с одинаковыми скоростями, влетают в плоский конденсатор параллельно его пластинам. Во сколько раз отклонение протона полем конденсатора будет больше отклонения  $\alpha$ -частицы? Масса  $\alpha$ -частицы  $6,7 \cdot 10^{-27}$  кг,  $q = 3,2 \cdot 10^{-19}$  Кл. (Ответ: В 2 раза.)

4. В однородное магнитное поле перпендикулярно линиям магнитной индукции влетает электрон, кинетическая энергия которого равна 30 эВ. Индукция магнитного поля равна 10 мТл. Определить радиус кривизны траектории движения электрона в поле. (Ответ: 5,8 см.)

#### Задачи повышенной сложности

1. Протон влетает со скоростью  $10^3$  м/с в однородное магнитное поле под углом  $30^\circ$  к направлению линий индукции. Определите радиус спиральной ли-

нии, по которой будет двигаться протон, и ее магнитное поле, если индукция магнитного поля равна  $10^3$  Тл. (*Ответ: 578 мм.*)

2. Одни заряженные ионы аргона разгоняются в электрическом поле с напряжением 800 В и затем попадают в однородное магнитное поле с индукцией 0,32 Тл, где разделяются на два пучка, движущихся в вакууме по дугам окружностей с радиусами 7,63 см и 8,05 см. Определить массовые числа изотопов аргона. (*Ответ: 36,40.*)

#### Домашнее задание

Повторить п. 50 и п. 55, задачи 235, 249.

### Урок 76. Контрольная работа

#### «Электрический заряд и электромагнитное поле»

См. раздел «Самостоятельные и контрольные работы».

#### Ответы:

*Вариант 1:* 1.  $5 \cdot 10^{-17}$  Кл. 2.  $3 \cdot 10^{-12}$  Н. 3.  $4,8 \cdot 10^5$  м/с. 4.  $1,1 \cdot 10^{-7}$  с. 5.  $1,8 \cdot 10^{11}$  Кл/кг. 6. 5.

*Вариант 2:* 1. 11,4 Н/Кл. 2.  $6,3 \cdot 10^{-15}$  Н. 3.  $4 \cdot 10^{-9}$  Кл. 4. 10 см. 5.  $1,2 \cdot 10^{-2}$  Н/Кл,  $2,9 \cdot 10^{-2}$  Н/Кл. 6. 1 : 1.

#### Рекомендации

Ученик может выбрать любые задачи:

1. Оценка «4»: вариант 1 – 1, 2, 3; вариант 2 – 1, 2, 4.

2. Оценка «3»: варианты 1, 2 – 1, 2.

3. Оценка «5»: вариант 1 – 3, 4, 5; вариант 2 – 3, 4, 6.

Возможны и другие варианты оценивания на усмотрение учителя.

#### Домашнее задание

Задача 250.

### Урок 77. Закон Кулона

(См. урок 98, Мякишев)

### Урок 78. Решение задач по теме «Закон Кулона»

(См. урок 99, Мякишев)

### Урок 79. Напряженность электрического поля

(См. урок 100, Мякишев)

### Урок 80. Лабораторная работа «Определение направления вектора напряженности электрического поля»

(См. урок 101, Мякишев)

### Урок 81. Решение задач

(См. урок 102, Мякишев)

### Урок 82. Контрольная работа по теме «Силы электромагнитного взаимодействия неподвижных зарядов»

(См. урок 103, Мякишев)

### Урок 83. Работа сил электрического поля

(См. урок 104, Мякишев)



## Урок 84. Потенциал электрического поля (См. урок 105, Мякишев)

### Урок 85. Магнитное поле и его характер

*Цель:* сформулировать представления учащихся о магнитном поле и его свойствах.

#### Ход урока

#### I. Анализ контрольной работы

##### *Эксперимент*

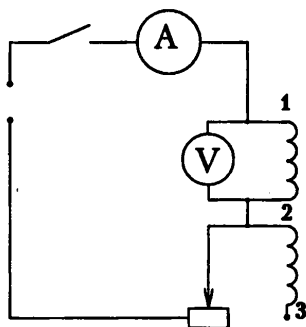
Алюминиевую линейку протягивают над керамическими магнитами между двумя огромными концами проводов, подключенных к гальванометру. Гальванометр показывает ток. Почему?

(*Ответ.* Вместе с линейкой перемещаются свободные заряды (электроны), на них действует сила Лоренца, смещая их к одной кромке. Тем самым между кромками создается и поддерживается разность потенциалов.)

#### II. Изучение нового материала

*Оборудование:* источник питания, ключ, переменный резистор, амперметр, катушка на подставке, компас, соединительные провода.

Соберите схему:



Расположим перед катушкой компас, замкнем цепь и будем наблюдать за поведением компаса.

Какой можно сделать вывод?

Вокруг проводника с током существует магнитное поле (магнитное поле действует на стрелку компаса, отклоняя ее).

##### *Эксперимент*

Расположить перед катушкой компас так, чтобы расстояние между ними было около 12 см. Замкнуть электрическую цепь. В данном случае наблюдаем отклонение к компасу, на расстоянии 8 см видим, отклонение растет, видим увеличение

угла отклонения стрелки.

Чем дальше от проводника с током, тем слабее магнитное поле.

Магнитные поля можно изображать графически при помощи линий, катальные к которым в каждой точке совпадают с направлением вектора магнитной индукции.

Линии магнитной индукции не пересекаются. Эти линии наполняются так, чтобы их пустота в любом месте поля была пропорциональна значению модуля магнитной индукции.

Характерной особенностью линий магнитной индукции является их замкнутость. Магнитное поле является вихревым.

#### III. Закрепление изученного

1. В чем состоит правило правого винта?
2. Какую форму имеют линии магнитной индукции прямого тока?
3. От чего зависит магнитная индукция поля внутри вытянутой катушки?
4. В чем заключается принцип суперпозиции?

**Домашнее задание**

П. 62. Изготовить электромагнит и испытать его.

Ответить на вопросы:

1. От каких параметров зависит магнитное поле электромагнита?
2. Определить полюса электромагнита.
3. В чем отличие и в чем сходство электромагнита и постоянного магнита?

**Урок 86. Закон Ампера и его применение**

*Цель:* сформулировать закон Ампера и показать его практическую применимость.

**Ход урока****I. Повторение. Беседа**

1. Опишите опыт Эрстеда?
2. Каким является магнитное поле?
3. Что можно сказать о силовых линиях магнитного поля?
4. Что такое соленоид?
5. Сформулируйте правило для определения направления силовых линий магнитного поля?
6. Что можно сказать о магнитных монополях?

**Лабораторная работа «Изучение свойств постоянных магнитов»**

*Цель:* получить картины силовых линий магнитного поля вокруг постоянных магнитов.

*Оборудование:* магнит полюсовой, магнит подковообразный, магнитная стрелка, стрелки, медный провод, ластик, железные опилки.

**Ход работы**

1. Найдите северный полюс стрелки, установите полюса полюсового магнита и подковообразного. Обозначьте северный и южный полюса магнитов.

2. Положите лист картона на полюсовую магнит, и равномерно посыпьте его железными опилками. Не сдвигая магнит и картонку, осторожно постучите по картонке, чтобы опилки могли перемещаться. Как выстроятся опилки на месте. Сделайте рисунок и запишите вывод в тетради.

3. Получите картинку магнитного поля двух полюсовых магнитов, расположенных параллельно друг другу, и подковообразного магнита.

4. Что можно сказать о линиях магнитной индукции?

**II. Изучение нового материала****Эксперимент**

По двум параллельным проводникам пропускают электрический ток, в этом случае ток направлен в одну сторону, наблюдается притяжение проводников; если в разные стороны направлен электрический ток, то проводники отталкиваются.

Притяжение или отталкивание электрически нейтральных проводников при пропускании через них электрического тока называют магнитным взаимодействием токов.

На проводник с током в магнитном поле действует сила, которая получила название силы Ампера. Направление этой силы можно найти при помощи правила левой руки. А математическая запись имеет следующий вид:  $F_A = I\beta l \sin \alpha$ , где  $I$  – сила тока в проводнике;  $\beta$  – магнитная индукция;  $l$  – длина проводника;  $\alpha$  – угол между направлением проводника и направлением вектора магнитной индукции.

Далее учащиеся открывают с. 900, читают параграф 64 и отвечают на следующие вопросы:

1. Как устроен измерительный прибор магнитоэлектрической системы?
2. Какого устройство электродвигателя постоянного тока?
3. От чего зависит вращающийся момент электродвигателя постоянного тока?
4. Как можно изменить направление вращения якоря электродвигателя?
5. Как можно изменить скорость вращения якоря электродвигателя?

### III. Решение задач

1. Какая сила действует на каждый метр длины воздушных проводов троллейбусной линии, расположенных на расстоянии 52 см друг от друга, если сила тока в проводах 2000 А? (*Ответ: 1,5 Н.*)

2. Вычислите индукцию магнитного поля на расстоянии 10 см от длинного прямого проводника при силе тока в проводнике 20 А. (*Ответ:  $4 \cdot 10^{-5}$  Тл.*)

3. Вычислите индукцию магнитного поля внутри цилиндрической катушки длиной 10 см, содержащей 200 витков провода, при силе тока в катушке 5 А. (*Ответ:  $1,3 \cdot 10^{-2}$  Тл.*)

### Задачи повышенной сложности

1. В вертикально однородном магнитном поле на двух тонких нитях подвешен горизонтально проводник длиной 20 см и массой 20,4 г. Индукция магнитного поля равна 0,5 Тл. На какой угол от вертикали отклонятся нити, если сила тока в проводнике равна 2 А? (*Ответ:  $45^\circ$ .*)

2. Прямолинейный проводник массой 2 мг и длиной 50 см помещен в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции. Какой ток должен проходить по нему, чтобы он висел не падая? Индукция поля равна 15 Тл. (*Ответ: 2,7 А.*)

3. Проводящий стержень лежит на горизонтальной поверхности, он перпендикулярен однородному горизонтальному магнитному полю с индукцией 0,2 Тл. Какую силу в горизонтальном направлении нужно приложить перпендикулярно проводнику для его равномерного поступательного движения? Сила тока в проводнике 10 А, масса его 100 г, длина 25 см, коэффициент трения 0,1. (*Ответ: 0,5548 Н или 0,402 Нью.*)

### Домашнее задание

П. 63, п. 54, задачи 287–291.

## Урок 87. Лабораторная работа «Оценка модуля вектора магнитной индукции подковообразного магнита»

*Цель:* использование силы Ампера для определения вектора магнитной индукции однородного поля.

*Оборудование:* подковообразный магнит, катушка с известным числом витков, весы с разновесами, нить, амперметр, реостат, ключ, источник тока, линейка, штатив с лапкой.

### Ход работы

1. Определить массу катушки с витками.
2. Закрепите катушку на двух нитях в лапке штатива так, чтобы катушка на 2 см углубилась в пространство между полюсами-наконечниками подковообразного магнита и могла свободно колебаться, не вращаясь вокруг своей оси.
3. Соберите цепь, позволяющую пропускать ток по катушке и регулировать его, и измерять силу тока.

4. Реостатом отрегулируйте силу тока так, чтобы катушка отклонилась от вертикали на 1-2 см, не выходя из зазора магнита.

5. При этом измерьте силу тока, отклонение  $X$ , длину нити  $L$ .

$$F_A = Mgtg\alpha \approx \frac{Mgx}{h} \approx \frac{Mgx}{L}; F_A = I\vec{B}N; B = \frac{Mgx}{LIIN}$$

6. Сделайте вывод.

**Домашнее задание**

Задачи 292–293.

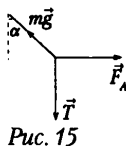
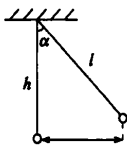


Рис. 15

## Урок 88. Электрическое поле в веществе

(См. урок 106, Мякишев)

## Урок 89. Проводники и диэлектрики в электрическом поле

(См. урок 107, Мякишев)

## Урок 90. Электроемкость

(См. урок 108, Мякишев)

## Урок 91. Энергия электрического поля

(См. урок 109, Мякишев)

## Урок 92. Решение задач по теме «Конденсаторы»

(См. урок 110, Мякишев)

## Урок 93. Лабораторная работа «Определение емкости конденсатора по его геометрическим размерам»

(См. урок 111, Мякишев)

## Урок 94. Контрольная работа

(См. урок 112, Мякишев)

# ЗАКОНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА

## Урок 95. Электрический ток. Сила тока. Необходимое условие существования электрического тока

(См. урок 113, Мякишев)

## Урок 96. Закон Ома для участка цепи. Сопротивление

(См. урок 114, Мякишев)

## Урок 97. Лабораторная работа «Удельное сопротивление проводника»

(См. урок 115, Мякишев)

## Урок 98. Решение задач на закон Ома

(См. урок 116, Мякишев)

**Урок 99. Закон Джоуля–Ленца**  
(См. урок 117, Мякишев)

**Урок 100. Работа электрического тока**  
(См. урок 118, Мякишев)

**Урок 101. Сторонние силы. ЭДС. Закон Ома для полной цепи**  
(См. урок 119, Мякишев)

**Урок 102. Решение задач**  
(См. урок 120, Мякишев)

**Урок 103. Решение задач**  
(См. урок 121, Мякишев)

**Урок 104. Лабораторная работа «Определение ЭДС и внутреннее сопротивление источника тока»**  
(См. урок 122, Мякишев)

**Урок 105. Контрольная работа**  
(См. урок 123, Мякишев)

## **ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ**

**Урок 106. Электрический ток в металлах**  
(См. урок 124, Мякишев)

**Урок 107. Сопротивление проводника**  
(См. урок 125, Мякишев)

**Урок 108. Полупроводники**  
(См. урок 126, Мякишев)

**Урок 109. Термоэлектронная эмиссия**  
(См. урок 127, Мякишев)

**Урок 110. Электрический ток в газах. Плазма**  
(См. урок 128, Мякишев)

**Урок 111. Решение задач**  
(См. урок 129, Мякишев)

**Урок 112. Электрический ток в электролитах**  
(См. урок 130, Мякишев)

**Урок 113. Решение задач**  
(См. урок 131, Мякишев)

## Урок 114. Лабораторная работа «Определение электрического заряда методом электролиза» (См. урок 132, Мякишев)

### Урок 115. Магнитное поле вещества. Магнитное поле земли

*Цель:* Объяснить существование магнитных свойств вещества.

#### Ход урока

#### I. Повторение. Беседа

1. Какие вещества называют электролитами?
2. Какие частицы являются носителями тока в электролитах?
3. Что такое электролитическая диссоциация?
4. Что такое электролиз? Где его применяют?
5. В чем заключается закон Фарадея для электролиза?

#### *Эксперимент*

В пробирку с водой до полного исчезновения ее прозрачности добавляют черную тушь. Затем помещают два алюминиевых электрода, расположенных на расстоянии 3–4 мм друг от друга. Подают напряжение 15–20 В на электроде. При пропускании тока частицы туши слипаются и всплывают на поверхность воды, жидкость в пробирке приобретает прозрачность. (Применение прохождения электрического тока в жидкости для очистки их от взвешенных загрязнений.)

#### II. Изучение нового материала

##### *Эксперимент 1*

К большой катушке подвести на тонких проводах вторую меньшую катушку, подключить катушки к источнику тока. Наблюдается отклонение маленькой катушки от вертикального положения. Если в большую катушку внести железный сердечник, то отклонение маленькой существенно изменится.

Вещества, которые значительно усиливают магнитное поле, называют ферромагнитными.

Физическая величина, показывающая, во сколько раз индукция  $\vec{B}$  магнитного поля в веществе, полностью заполняющем поле, отличается по модулю от индукции  $\vec{B}_0$  магнитного поля в вакууме, называется магнитной проницаемостью:

$$\mu = \frac{B}{B_0}$$

У ферромагнетиков значение магнитной проницаемости достигает нескольких сотен и даже тысяч единиц.

##### *Эксперимент 2*

Повторим предыдущий эксперимент, только вместо железного стержня введем в катушку стержни из меди (алюминия, стекла). Существенное изменение в отклонении маленькой катушки заметить не удастся.

По характеру производимых изменений внешнего поля неферромагнитные вещества делятся на парамагнетики и диамагнетики.

Парамагнетиками называют вещества, которые слабо намагничиваются в направлении внешнего поля. Магнитная проницаемость их мала. (У платины – 1,0034.)

Диамагнетиками называют вещества, которые слабо намагничиваются в направлении, противоположном индукции намагничивающего поля, т. е. ослабляют внешнее магнитное поле.

В веществе магнитное поле создается не только токами, которые текут по проводам, но и движением электронов, которое происходит внутри атомов и молекул самого вещества, это движение эквивалентно микроскопическим токам (молекулярные токи).

В отсутствии внешнего поля молекулярные токи ориентированы беспорядочно, и их магнитные поля скомпенсированы.

При наложении внешнего поля компенсация нарушается, принято говорить, что тело намагничивается.

Далее с. 249 п. 85 читаем самостоятельно.

### III. Закрепление изученного

1. Какие вещества называют ферромагнетиками?
2. Что такое температура Кюри?
3. Какими магнитными свойствами обладают диамагнетики и парамагнетики.
4. Существует ли остаточная намагниченность у парамагнетиков?

### Домашнее задание

П. 84, п. 85. *Творческое задание:* предложите способ нахождения т. Кюри, определите ее и сверьте свой результат с табличным. (Для желающих.)

## Урок 116. Сравнение электрического и магнитного полей

Урок проводится после изучения темы «Магнитное поле». Основной методический прием – выделение общих и отличительных черт в электрическом и магнитном полях с заполнением таблицы.

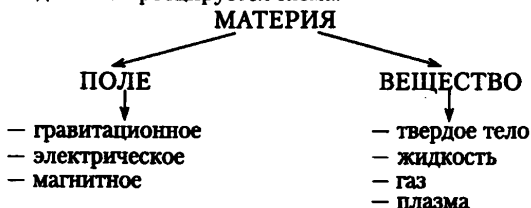
### Ход урока

#### I. Слово учителя

Физика и философия рассматривают материю как основу всего сущего, которая существует в разных формах. Она может быть сосредоточена в пределах ограниченной области пространства (локализована), но может быть, напротив, «делокализована». Первому состоянию можно поставить в соответствие понятие «вещество», второму – понятие «поле». И то и другое состояния, наряду со специфическими физическими характеристиками, имеют и общие. Например, есть энергия единицы объема вещества, есть энергия единицы объема поля. Свойства материи неисчерпаемы, процесс познания бесконечен. Поэтому все физические понятия надо рассматривать в развитии. Так, например, современная физика в отличие от классической не проводит строгой границы между полем и веществом. В современной физике поле и вещество взаимно превращаются: вещество переходит в поле, а поле переходит в вещество. Но не будем забегать вперед, а вспомним классификацию форм материи.

#### II. Работа со схемой

С помощью кодоскопа проецируется схема.





Попробуйте по схеме составить краткий рассказ о формах существования материи.

После ответа учащихся учитель напоминает о сходстве характеристик гравитационного и электрического полей, которое было выявлено на предыдущих уроках по теме «Электрическое поле». Напрашивается вывод: если есть сходство между гравитационным и электрическим полями, то должно быть оно и между полями электрическим и магнитным.

### III. Работа с таблицей

Предлагается сопоставить свойства и характеристики полей в виде таблицы, аналогичной той, которую делали при сравнении гравитационного и электрического полей.

Электрическое поле	Магнитное поле
<b>Источники поля</b>	
Электрически заряженные тела	Движущиеся электрически заряженные тела (эл. токи)
<b>Индикаторы поля</b>	
Мелкие листочки бумаги Электрическая гильза Электрический султан	Металлические опилки Замкнутый контур с током Магнитная стрелка
<b>Опытные факты</b>	
Опыты Кулона по взаимодействию электрически заряженных тел	Опыты Ампера по взаимодействию проводников с током
<b>Графическая характеристика</b>	
Линии напряженности электрического поля: в случае неподвижных зарядов имеют начало и конец (потенциальное поле); могут быть визуализированы (кристаллы хинина в масле)	Линии индукции магнитного поля: замкнуты (вихревое поле); могут быть визуализированы (металлические опилки)
	
<b>Силовая характеристика</b>	
Вектор напряженности электрического поля $E$ . Величина: $E = \frac{F}{q}$ . Направление: $E \uparrow \uparrow F$	Вектор индукции магнитного поля $B$ Величина: $B = \frac{F}{I l}$ Направление: правило левой руки
<b>Энергетическая характеристика</b>	
Работа электрического поля неподвижных зарядов (кулоновской силы) равна нулю при обходе по замкнутой траектории	Работа магнитного поля (силы Лоренца) всегда равна нулю ( $v \perp B$ )
<b>Действие поля на заряженную частицу</b>	
Сила всегда отлична от нуля: $F = qE$	Сила зависит от скорости движения частицы: $F = qvB \sin \alpha$ ; не действует на покоящуюся частицу
<b>Вещество и поле</b>	
$\epsilon = \frac{E_0}{E}$ Проводники: $\epsilon \rightarrow \infty$ . Диэлектрики. Электреты: $\epsilon \gg 1$ . Сегнетоэлектрики: $\epsilon > 1$	$\mu = \frac{B}{B_0}$ Ферромагнетики: $\mu \gg 1$ . Диамагнетики: $\mu < 1$ . Парамагнетики: $\mu > 1$

#### Примечания

1. При обсуждении источников поля, для повышения интереса к предмету, хорошо сравнить два природных камня: янтарь и магнит.



Янтарь – теплый камень удивительной красоты, обладает необычным, рас­полагающим к философическим построениям свойством: он может притягивать! Будучи натертым, он притягивает пылинки, нити, кусочки бумаги (папируса). Именно по этому свойству ему и давали название в древности. Так, греки называли его электроном – притягивающим; римляне – харпаксом (грабителем) а персы – кавубой, т.е. камнем, способным притягивать мякину. Его считали магическим, лекарственным, косметическим...

Таким же таинственным и полезным считали известный тысячи лет другой камень – магнит. В разных странах магнит называли по-разному, но большая часть этих названий переводится как любящий, любовник. Так поэтично древние отметили свойство кусков магнита притягивать железо.

С нашей точки зрения эти два особенных камня можно рассматривать как первые изученные природные источники электрического и магнитного полей.

2. При обсуждении индикаторов полей полезно одновременно продемонстрировать с помощью учащих­ся взаимодействие наэлектризованной эбонитовой палочки с электрической гильзой и постоянного магнита с замкнутым контуром с током.

3. При обсуждении визуализации силовых линий лучше это продемонстрировать, используя проекцию на экран.

4. Деление диэлектриков на электреты и сегнетоэлектрики – дополнительный материал. *Электреты* – это диэлектрики, длительно сохраняющие поляризацию после устранения внешнего электрического поля и создающие собственное электрическое поле. В этом смысле электреты подобны постоянным магнитам, создающим магнитное поле. А ведь это еще одно сходство!

*Сегнетоэлектрики* – кристаллы, обладающие (в некотором температурном интервале) спонтанной поляризацией. При уменьшении напряженности внешнего поля индуцированная поляризация частично сохраняется. Для них характерно наличие предельной температуры – точки Кюри, при которой сегнетоэлектрик становится обычным диэлектриком. Опять сходство – с ферромагнетиками!

После работы с таблицей коллективно обсуждаются обнаруженные сходства и различия. Сходство лежит в основе единой картины мира, различия объясняются пока на уровне разной организации материи, лучше сказать – степени организации материи. Одно то, что магнитное поле обнаруживается только около движущихся электрических зарядов (в отличие от электрического), позволяет предсказать более сложные методы описания поля, более сложный математический аппарат, применяемый для характеристик поля.

После подведения итогов урока можно рекомендовать дополнительную литературу, а в качестве домашнего задания – подумать о сравнительной характеристике трех полей: гравитационного, электрического и магнитного.

## Урок 117. Индукция электрического тока. Правило Ленца

*Цель:* познакомить учащихся с явлением электромагнитной индукции.

### Ход урока

#### I. Повторение. Беседа

1. В чем заключается гипотеза Ампера?
2. Что такое магнитная проницаемость?
3. Какие вещества называют пара- и диамагнетиками?

4. Что такое ферромагнетики?
5. Что такое ферриты?
6. Где они применяются?
7. Откуда известно, что вокруг Земли существует магнитное поле?
8. Где находятся Северный и Южный магнитные полюса Земли?
9. Какие процессы происходят в магнитосфере Земли?
10. Какова причина существования магнитного поля у Земли?

### **Эксперимент 1**

Магнитную стрелку на подставке поднесем к нижнему, а затем к верхнему концу штатива. Почему стрелка поворачивается к нижнему концу штатива с любой стороны южным полюсом, а к верхнему концу – северным полюсом.

(*Ответ:* Все железные предметы находятся в магнитном юге Земли. Под действием этого поля они намагничиваются, причем нижняя часть предмета обнаруживает северный магнитный полюс, верхняя – южный.)

### **Эксперимент 2**

В небольшой корковой пробке сделайте небольшой желобок для пуска проволоки. Пробку опустите в воду, а сверху положите проволоку, располагая ее по параллели. При этом проволока вместе с пробкой поворачивается и устанавливается по меридиану. Почему?

(*Ответ:* Проволока была намагничена, и устанавливается в поле Земли, как магнитная стрелка.)

## **II. Изучение нового материала**

Между движущимися электрическими зарядами действуют магнитные силы. Магнитные взаимодействия описываются на основе представления о магнитном поле, существующем вокруг движущихся электрических зарядов. Электрические и магнитные поля порождаются одними и теми же источниками – электрическими зарядами. Можно предположить, что между ними есть связь. В 1831 г. М. Фарадей подтвердил это экспериментально. Он открыл явление электромагнитной индукции.

### **Эксперимент 1**

Гальванометр подсоединим к катушке и будем выдвигать из нее магнит постоянный. Наблюдаем отклонение стрелки гальванометра – появился ток (индукционный).

Ток в проводнике возникает, когда проводник оказывается в области действия переменного магнитного поля.

Переменное магнитное поле Фарадей представлял как изменение числа силовых линий, пронизывающих поверхность, ограниченную данным контуром. Это число зависит от индукции  $B$  магнитного поля, от площади контура  $S$  и его ориентации в данном поле.

$\Phi = B S \cos \alpha$  – магнитный поток.  $\Phi$  [Вб] Вебер.

Индукционный ток может иметь разные направления, и зависит его направление от того, убывает или возрастает магнитный поток, пронизывающий контур. Правило, позволяющее определить направление индукционного тока, было сформулировано в 1833 г. Э. Х. Ленцем.

### **Эксперимент 2**

В легкое алюминиевое кольцо вдвигаем постоянный магнит, кольцо отталкивается от него, а при выдвигании – притягивается к магниту.

Результат не зависит от полярности магнита. Отталкивание и притяжение объясняются возникновением в нем индукционного тока.

При вдвигании магнита магнитный поток через кольцо возрастает: отталкивание кольца при этом показывает, что индукционный ток в нем имеет такое направление, что вектор индукции его магнитного поля противоположен по направлению вектору индукции внешнего магнитного поля.

**Правило Ленца:** Индукционный ток имеет всегда такое направление, что его магнитное поле препятствует любым изменениям магнитного потока, вызывающим появление индукционного тока.

### Лабораторная работа «Опытная проверка правила Ленца»

**Приборы и материалы:** миллиамперметр, катушка-маток, магнит дугообразный.

#### Ход работы

1. Приготовьте таблицу.

№	Способ получения индукционного тока	I	B	$B_{\perp}$	$\Phi_{\perp}$
1	Внесите в катушку северный полюс магнита				
2	Удалите из катушки северный полюс магнита				
3	Внесите в катушку южный полюс магнита				
4	Удалите из катушки южный полюс магнита				

2. Подключите катушку-моток к зажимам миллиамперметра и выполните действия, указанные во втором столбце таблицы. При выполнении опытов положение катушки не меняйте, а магнит перемещайте с одной и той же стороны катушки.

3. Для каждого способа получения индукционного тока определите:

- Направление индукционного тока.
- Направления вектора магнитного индукционного поля индукционного тока  $\vec{B}$  в катушке.
- Направления вектора магнитной индукции поля  $\vec{B}_{\perp}$  в катушке.
- Изменение магнитного поля магнита  $\Delta\Phi_{\perp}$  через катушку.

Ответьте на вопросы:

1. Как изменился магнитный поток через катушку при приближении и удалении магнита?
2. Как направлены векторы  $\vec{B}$  и  $\vec{B}_{\perp}$  при возрастании и убывании магнитного потока  $\Delta\Phi_{\perp}$  через катушку?
3. Какой вывод можно сделать из приведенных опытов о направлении индукционного тока?

**Примечание.** Направление  $I$ ,  $\vec{B}$ ,  $\vec{B}_{\perp}$  условно изобразить в виде горизонтальных стрелок соответственного направления, а  $\Delta\Phi_{\perp}$  знаками «+» (возрастание магнитного поля) и «-» (убывание магнитного поля).

**Домашнее задание**

П. 86, п. 87. Задачи 385–391.

## Урок 118. Закон электромагнитной индукции

**Цель:** сформулировать закон электромагнитной индукции.

### Ход урока

#### I. Повторение. Беседа

1. Опишите опыты, в которых можно наблюдать индукцию тока.
2. Каким должно быть магнитное поле, чтобы в неподвижном проводнике появился индукционный ток?

3. От чего зависит число силовых линий магнитного поля, пронизывающий данный контур?
4. Как определяют направление нормами и по контуру?
5. Что такое магнитный поток?
6. В каких единицах измеряется магнитный ток?
7. В чем заключается правило Ленца?

**Лабораторная работа «Исследование зависимости силы индукционного тока от скорости изменения магнитного потока»**

**Оборудование:** источник питания, миллиамперметр, катушка-моток, катушка с железным сердечником от разборного электромагнита, магнит дугообразный, реостат ползунковый, ключ замыкания тока, комплект проводов.

**Ход работы**

1. Подключите катушку-моток к зажимам миллиамперметра.
2. Вставляйте и вынимайте магнит из катушки с различной скоростью и для каждого случая замечайте максимальную силу индукционного тока.
3. Катушку соедините с миллиамперметром, наденьте на катушку с железным сердечником и подключите последнюю через реостат и ключ замыкания тока к источнику питания.
4. Измеряйте силу тока в катушке электромагнита при помощи реостата с различной скоростью и для каждого случая замечайте максимальную силу индукционного тока.
5. Ответьте на вопросы:
  - В каком случае скорость изменения магнитного потока через катушку, соединенную с миллиамперметром, была больше: при медленном или быстром движении магнита? При медленном или быстром изменении силы тока в катушке электромагнита?
  - Что можно сказать о зависимости силы индукционного тока и ЭДС индукции от скорости изменения магнитного потока через катушку?
6. Ответы запишите в тетрадь.

**II. Изучение нового материала**

Магнитный поток наглядно истолковывается как число линий магнитной индукции, пронизывающих поверхность площадью  $S$ .

Известно, что в цепи появляется электрический ток в том случае, если на свободные заряды проводника действуют сторонние силы. При изменении магнитного потока появляются сторонние силы, действие которых характеризует

$$\text{ЭДС: } I_i = \frac{\varepsilon_i}{R}.$$

Сопротивление не зависит от изменения магнитного потока. Закон электромагнитной индукции формулируется для ЭДС.  $\varepsilon_i = \left| \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right|$ ;  $\varepsilon_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ .

Законом в таком виде можно пользоваться при равномерном изменении магнитного потока; в противном случае  $\varepsilon_i = -\Phi'$ .

**III. Повторение. Беседа**

1. Почему закон электромагнитной индукции формулируется для ЭДС, а не для силы тока?
2. Как формулируется закон электромагнитной индукции?
3. Почему в законе электромагнитной индукции стоит знак «минус»?

4. Что можно сказать о зависимости силы индукционного тока и ЭДС индукции от скорости изменения магнитного потока через катушку?

(Вопросы из лабораторной работы.)

#### IV. Решение задач

1. За какой промежуток времени магнитный поток изменится на 0,004 Вб, если в контуре возбуждается ЭДС индукции 15 В. (*Ответ:  $t = 2,5$  мс.*)

2. Соленоид содержит 100 витков проволоки. Найти ЭДС индукции, если в этом соленоиде за 5 мс магнитный поток равномерно изменится от 3 мВб до 1,5 мВб. (*Ответ: 0,3 В.*)

3. В обмотке на стальном сердечнике с помощью поперечного сечения  $100 \text{ см}^2$  в течение 0,01 с возбуждается ЭДС индукции 150 В при изменении магнитной индукции от 0,3 Тл до 1,3 Тл. Сколько витков в обмотке? (*Ответ: 150.*)

4. Проволочная прямоугольная рамка со сторонами 18 см и 5 см расположена в однородном магнитном поле перпендикулярно к силовым линиям. Определить индукцию этого поля, если при его исчезновении за 0,015 с в рамке наводится ЭДС  $= 4,5 \cdot 10^{-3}$  В. (*Ответ:  $\Delta B = 7,5 \cdot 10^{-3}$  Тл.*)

5. Магнитный поток через контур проводника сопротивлением  $3 \cdot 10^{-2}$  Ом за 2 с изменится на  $1,2 \cdot 10^{-2}$  Вб. Какова сила тока, протекающего по проводнику, если изменения происходят равномерно? (*Ответ:  $I = 0,2$  А.*)

6. Соленоид, состоящий из 80 витков и имеющий диаметр 8 см, находится в однородном магнитном поле, индукция которого 60,3 Тл. Соленоид поворачивают на  $180^\circ$  в течение 0,2 с. Найти среднее значение ЭДС, возникающей в соленоиде, если его ось до и после поворота направлена вдоль поля. (*Ответ:  $E = 0,24$  В.*)

#### Домашнее задание

П. 88, задачи 396–400.

## Урок 119. Генераторы тока

*Цель:* показать практическое применение закона электромагнитной индукции.

### Ход урока

#### I. Проверка домашнего задания

1. Какое явление называют электромагнитной индукцией?
2. Чем отличается электрическое поле, порождаемое переменным магнитным полем, от поля электростатического?
3. Почему в неподвижном проводящем контуре, находящемся в переменном магнитном поле, появляется индукционный ток?
4. Может ли вызвать ток в неподвижной катушке магнитная сила Лоренца, действующая на свободные электроны в ней со стороны магнитного поля магнита?
5. Сформулируйте закон электромагнитной индукции.
6. Чему равна ЭДС индукции в катушке из  $N$  витков?

#### Эксперимент 1

Изготовленную из медного провода толщиной 0,5–1 мм катушку из 30–50 витков диаметром 50 см подключают к гальванометру демонстрационного вольтметра. Расположите катушку перпендикулярно к плоскости магнитного меридиана и к магнитным линиям магнитного поля Земли. Поверните на пол-оборота. Гальванометр отмечает ток другого направления. Почему?

(*Ответ:* В витках возникает ток под действием магнитного поля Земли.)

**Эксперимент 2**

Возьмите проводник длиной 10 м, сложите его вдвое и сделайте катушку диаметром 4–5 см. Подключите концы обмотки к гальванометру и вводите внутрь ее магнит. Стрелка находится в покое. Объясните наблюдаемое явление.

(*Ответ:* В каждой части возникает ЭДС, но ЭДС одной части равно и противоположно по направлению ЭДС другой. Тока в катушке нет.)

**Эксперимент 3**

Основную обмотку дроссельной катушки присоедините к гальванометру демонстрационного амперметра. Почему при внесении внутрь катушки водопроводной трубы возникает ток? Поверните трубу с катушкой на 180°. Гальванометр обнаруживает ток. Почему? Ударьте достаточно сильно молотком по концу трубы. Почему в момент удара возникает ток? Переверните трубу с катушкой и вновь ударьте. Почему гальванометр отмечает в последнем случае больший ток.

(*Ответ:* В первом опыте труба действует как магнит, поскольку она находится в магнитном поле Земли. Во втором — поворот вызывает перемагничивание ее в поле Земли, что приводит к изменению магнитного поля около катушки и к возникновению индукционного тока. При ударе увеличивается степень намагничивания трубы. В результате наблюдается изменение магнитного поля, которое приводит к возникновению тока. При перемагничивании в процессе удара наблюдается большое изменение магнитного поля, что приводит к возникновению большего тока.)

**II. Изучение нового материала**

В генераторе переменного тока механическая энергия вращения преобразуется в электростатическую энергию переменного тока. Состоит генератор из индуктора (электромагнита или магнита, создающего магнитное поле), якоря обмотки, в которой возникает ЭДС. Его действие основано на явлении электромагнитной индукции.

Пусть магнит вращается вокруг рамки с постоянной частотой  $\chi$ . За время  $t$  он совершает  $N = \chi \cdot t$  оборотов. Каждому обороту соответствует 360° или 2 м. За время вращения магнитной поверхности:  $\Delta\Phi = 2\pi N = 2\pi\chi t = \omega t$ ;  $\omega = 2\pi\chi$  — циклическая частота вращения.

Рамка будет пронизываться магнитным потоком:

$$\Phi = BS \cos \varphi_0 = BS \cos(\varphi_0 + \Delta\varphi) = BS \cos(\omega t + \varphi_0).$$

Из-за постоянного изменения угла, пронизывающего рамку, магнитный поток тоже меняется:  $\varepsilon_i = -\Phi' = -(BS \cos \varphi)' = BS \sin \varphi'$ ;

$$\varphi' = (\omega t + \varphi_0)' = \omega; \quad \varepsilon_i = BS\omega \sin(\omega t + \varphi_0)$$

Если изменить устройство, потребляющее энергию, то:  $I_i = \frac{\varepsilon_i}{R} = \frac{BS\omega}{R} \sin(\omega t + \varphi_0)$ .

В рассмотренной модели вращающейся частью (ротором) был магнит, а неподвижной (статором) — рамка. Но может быть наоборот. Причиной появления тока будет действие на электроны, движущиеся вместе с рамкой магнитной силы Лоренца. Аналогичным образом устроен и генератор постоянного тока.

**III. Повторение. Беседа**

1. Что представляет собой генератор переменного тока?
2. Опишите его устройство и принцип действия.

**IV. Решение задач**

Разбирается задача № 407. Далее решение задач 408–411.

**Домашнее задание**

П. 89, задача 412.

## Урок 120. Самоиндукция

*Цель:* рассказать о явлении самоиндукции.

### Ход урока

#### I. Повторение. Беседа

1. Что представляет собой генератор переменного тока?
2. Опишите его устройство и принцип действия.
3. Чем отличается генератор постоянного тока от генератора переменного тока?

#### II. Изучение нового материала

Если по катушке идет переменный ток, то магнитный поток, пронизывающий катушку, меняется.

Поэтому возникает ЭДС индукции в том же самом проводнике, по которому идет переменный ток. Это явление называют самоиндукцией.

##### Эксперимент 1

Собери схему (рис. 16).

При замыкании ключа первая лампа вспыхивает сразу, вторая с заметным опозданием.

ЭДС самоиндукции в цепи этой лампы велика, и сила тока не сразу достигает своего значения.

##### Эксперимент 2

Собери схему (рис. 17).

При размыкании ключа в катушке  $L$  возникает ЭДС самоиндукции, поддерживающая первоначальный ток. В результате в момент размыкания через гальванометр течет ток, направленный против начального тока до размыкания.

Сила тока при размыкании цепи может превосходить силу тока, проходящего через гальванометр при замкнутом ключе.

Магнитный поток  $\Phi$  пропорционален индукции магнитного поля  $B$ , эта индукция пропорциональна силе тока в цепи.

$\Phi \sim I$ ;  $\Phi = LI$ , где  $L$  – коэффициент пропорциональности, зависящий лишь от формы и размеров проводящего контура и магнитной проницаемости среды, в которой находится ( $L$  [Гн] Генри).

Возникающее при самоиндукции вихревое электрическое поле характеризуется электродвижущей силой.

В данном случае ЭДС самоиндукции ( $\mathcal{E}_s$ ):  $\mathcal{E}_s = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ ;  $\mathcal{E}_s = -L\frac{\Delta I}{\Delta t}$ ;  $\mathcal{E}_s = -LI$ .

Магнитная энергия проводника с током:  $W_M = \frac{LI^2}{2}$ .

Объемная плотность энергии:  $\omega_M = \frac{B^2}{2\mu\mu_0}$ .

#### III. Закрепление изученного

1. Что называют самоиндукцией?
2. Как направлены по отношению к току линии напряженности вихревого электрического поля в проводнике при увеличении и уменьшении силы тока?
3. Что называется индуктивностью?
4. Что принимают за единицу индуктивности в СИ?
5. Чему равен ЭДС самоиндукции?

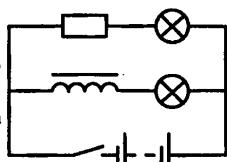


Рис. 16

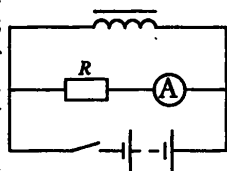


Рис. 17

6. Почему для создания тока источник должен затратить энергию?

7. Чему равна энергия электрического поля?

#### IV. Решение задач:

1. Магнитное поле катушки с индуктивностью 95 мГн обладает энергией 0,19 Дж. Чему равна сила тока в катушке. (Ответ: 2 А.)

2. Какой заряд пройдет через поперечное сечение витка, сопротивление которого 0,03 Ом, при уменьшении магнитного потока внутри витка на 12 мВб? (Ответ:  $q = 0,4$  Кл.)

3. Какова скорость изменения силы тока в обмотке реле с индуктивностью 3,5 Гн, если в ней возбуждается ЭДС самоиндукции 105 В. (Ответ: 30.)

4. Катушку с ничтожно малым сопротивлением и индуктивностью 3 Гн присоединяют к источнику тока с ЭДС 15 В и ничтожно малым внутренним сопротивлением. Через какой промежуток времени сила тока в катушке достигнет 50 А. (Ответ:  $t = 10$  с.)

#### Домашнее задание

П. 90, задачи 413–416.

### Урок 121. Решение задач

Цель: научить решать задачи по данной теме.

#### Ход урока

#### Лабораторная работа «Исследования зависимости ЭДС самоиндукции от индуктивности проводника и скорости изменения в нем силы тока»

Оборудование: источник питания, миллиамперметр, катушка с железным сердечником, резисторы сопротивлением 2 Ом и 4 Ом, реостат ползунковый, ключ замыкания, провода.

#### Ход работы

1. Собери схему (рис. 18).

2. Поставьте ползунок реостата примерно в среднее положение, зашунтируйте миллиамперметр, соедините проводом и замкните цепь. Слегка передвигая ползунок вправо–влево, добейтесь отсутствия тока через миллиамперметр. После этого отключите шунт от миллиамперметра и приступайте к наблюдению самоиндукции.

3. Размыкая и замыкая цепь, наблюдайте отклонение стрелки миллиамперметра то в одну, то в другую сторону. Объяснить наблюдаемое явление.

4. Вставьте в катушку железный сердечник и снова повторите опыт.

Зависит ли ЭДС самоиндукции, возникающая в катушке, от ее индуктивности?

5. Повторите предыдущий опыт, изменив силу тока в катушке. (Отключите резистор  $R_2$ .)

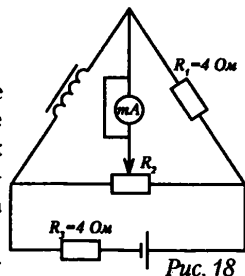
Зависит ли ЭДС самоиндукции, возникающая в катушке, от скорости изменения в ней силы тока?

6. Сделайте общий вывод и запишите в тетрадь.

#### I. Решение задач

#### Задачи на «3»

1. Магнитный поток через катушку, состоящую из 75 витков, равен  $4,8 \cdot 10^{-3}$  Вб. Рассчитайте время, за которое должен исчезнуть этот поток, чтобы в катушке возникла ЭДС индукции, равная 0,74 В. (Ответ: 0,5 с.)





2. В катушке, индуктивность которой равна 0,4 Гн, возникла ЭДС, равная 30 В. Рассчитать изменение силы тока и энергию магнитного поля катушки, если это произошло за 0,2 с. (*Ответ: 10 А 20 Дж.*)

3. В результате изменения силы тока с 4 А до 20 А поток магнитной индукции через площадь поперечного сечения катушки, имеющей 1000 витков, изменится на 0,002 Вб. Найдите индуктивность катушки. (*Ответ: 0,125 Гн.*)

#### Задачи на «5»

1. Два металлических стержня расположены вертикально и замкнуты сверху проводником. По ним без трения и нарушения контакта скользит перемычка длиной 2 см, массой 1 г. Вся система находится в однородном магнитном поле, у которого индукция равна 0,01 Тл, и перпендикулярна плоскости рамки. Установившаяся скорость равна 0,8 м/с. Найдите сопротивление перемычки. (*Ответ:  $3,3 \cdot 10^{-6}$  Дж.*)

2. Катушка индуктивности диаметром 4 см, имеющая 400 витков медной проволоки, у которой площадь поперечного сечения равна  $1 \text{ мм}^2$ , расположена в однородном магнитном поле. Магнитная индукция этого поля направлена вдоль оси катушки и равномерно изменяется за 1 с на 0,1 Тл. Концы катушки замкнуты на коротко. Определите количество теплоты, выделяющейся в катушке за 1 с. Удельное сопротивление меди равно  $1,7 \cdot 10^{-8} \text{ Ом}\cdot\text{м}$ . (*Ответ:  $2,95 \cdot 10^{-3}$  Дж.*)

3. Проволочная катушка диаметром 5 см помещена в однородное магнитное поле параллельно ее оси. Индукция поля равномерно изменяется за 1 с на 0,01 Тл. Катушка содержит 1000 витков медного провода сечением  $0,2 \text{ мм}^2$ . Удельное сопротивление меди равно  $1,7 \cdot 10^{-8} \text{ Ом}\cdot\text{м}$ . К концам катушки подключен конденсатор емкостью 10 мкФ. Определите заряд на конденсаторе. (*Ответ:  $1,95 \cdot 10^{-7}$  Кл.*)

#### Домашнее задание

Повторить п. 86–90.

## Урок 122. Электромагнитные явления

### (Театрализованный повторительно-обобщающий урок-зачет)

Урок проводится в форме диалога отца с дочерью, которая хочет сдать зачет по физике. Учащиеся заранее готовят сообщения об электрических, магнитных и электромагнитных явлениях, сами организуют опрос и подводят итоги тестирования. Задействована вся группа. Учитель лишь следит за ответами и в конце урока обобщенно выставляет каждому учащемуся оценку: за правильно выполненные тестовые задания – «удовл.», за каждый правильный ответ с места – по 1–2 балла.

### Ход урока

**Учитель.** Сегодня у нас заключительный урок по теме «Электромагнитные явления». Давайте проведем его в форме игры. У меня есть знакомый. У него дочь – ваша ровесница. У дочери проблемы с учебой. Давайте попробуем помочь решить эти проблемы.

**Отец.** Дочка, ты что такая грустная и серьезная? Что это у тебя?

**Дочь.** «Физика». Мне нужно обобщить знания по теме «Электромагнитные явления» и решить несколько задач. Только я плохо понимаю тему, задачи решить не могу. Хочется общения с интеллектуальными ребятами.

**Отец.** Как же ты их узнаешь?

**Дочь.** По результатам выполнения тестовых заданий. (*Обращается к классу.*) У вас на столах – тестовые задания. Напишите свои фамилию, группу и отметьте

правильные ответы из предложенных вариантов, на работу дается 5 минут. Кто сделает, сдает работу в жюри. Первые пятеро, верно выполнившие задания, надедут шапки «умников» и займут эти места (*показывает*).

### Выполнение тестовых заданий

(См. раздел «Самостоятельные и контрольные работы»)

Преподаватель собирает тесты, сдает в жюри на проверку.

*Коды правильных ответов:*

Вопросы \ Варианты	1	2	3	4	5
Вариант 1	Б, Г	Г	Б	В	В
Вариант 2	А	Г	В	Г	Б

**Отец.** А где в жизни применяются электромагнитные явления? («Умники» поочередно называют формы применения.)

**Дочь.** Да, вот, пап, смотри!

(Включает с помощью пульта видеомagnитофон. Начинается просмотр картины «Физическая картина мира», в процессе которого бизнесмен, останавливая пленку, задает классу вопросы: Что называется полем? Какова его природа? Какие виды полей существуют? Учащиеся отвечают с места. Поднимает руку один из «умников».)

**Отец.** Что вы хотите сказать?

**1-й умник.** У нас есть интересные сообщения. Давайте послушаем их.

- ♦ Луиджи Гальвани возглавил кафедру анатомии в Болонье в 1759 г., когда ему было всего 22 года, и долгие годы исследовал строение скелета птиц. Лишь через 12 лет он начал интересоваться электрическими явлениями и только в 1790 г., когда ему исполнилось 53 года, сделал удивительное наблюдение, благодаря которому его имя сохранилось в истории науки. Рассказывают, что открытие Гальвани – целая цепь случайностей: его заболевшей жене прописали целительный бульон из лягушачьих лапок, и ученый сам готовил этот бульон. Вот как описывает он свое открытие в статье «Об электрических силах при мускульных движениях», опубликованной в 1791 г.: «Когда один из моих помощников случайно чуть-чуть коснулся концом скальпеля внутреннего бедренного нерва лягушки, мышцы ее конечностей вдруг сократились, как будто от сильной судороги». Гальвани соединил скальпель с «электрической машиной»: сокращения мышц многократно увеличились. Впечатление такое, что лягушка ожила!
- ♦ В технике основными устройствами, использующими явление электромагнитной индукции, являются генераторы электрического тока, электродвигатели и трансформаторы. Основными частями генератора являются статор и ротор. Под действием струи пара, газа или воды ротор быстро вращается, и в проводниках статора благодаря электромагнитной индукции возникает электрический ток. В электродвигателях происходит другое превращение: переменный электрический ток, протекая через проводники статора, заставляет ротор вращаться. С помощью механических приспособлений движение ротора можно передать ленте транспортера, эскалатору метро, зубчатым или ременным передачам станка или другого механического устройства.
- ♦ Трансформаторы – электрические устройства, состоящие из сердечника и двух катушек с разным числом витков – обмоток. Если через обмотку катушки с боль-

шим числом витков пропустить переменный электрический ток, то в обмотке катушки с малым числом витков наведется ток большей силы, но напряжение на ее концах будет меньше, чем на концах первичной обмотки. Ведь в электрической сети жилой квартиры лучше иметь напряжение пониженное, безопасное для жизни... и спиралей электрических лампочек. А свет лампочки, как справедливо заметил Владимир Маяковский, для нас столь же важен, как «хороший стих и буква».

- ◆ Прекрасно работают разнообразные электрические устройства, и нам сейчас было бы трудно представить себе жизнь без электрического тока. У физиков родилась мысль заменить ротор струей раскаленных газов, плазменной струей, состоящей из свободных электронов и ионов. Если пропустить такую струю между полюсами сильного магнита, то, по закону электромагнитной индукции, в ней обязательно возникнет электрический ток, – ведь струя-то заряжена и движется. Новый тип электрической машины получил название магнитогидродинамического генератора (МГД-генератора).
- ◆ С помощью микроскопических однородно намагниченных областей (доменов) в ферромагнитных материалах можно «запоминать» форму и характер электрических сигналов. В виде таких сигналов можно записывать голоса, музыку, пение. Всем известна магнитофонная лента, представляющая собой тонкую ферромагнитную пленку на полимерной основе. Она способна долго сохранять записанную информацию. Сейчас информацию записывают в цифровом виде, в виде набора двоичных цифр, причем запоминают не только звук, но и свет, цвет, видимое изображение.
- ◆ Магнитное поле Земли время от времени изменяет свою ориентацию, совершая и вековые колебания (длительностью 5–10 тыс. лет), и полностью переориентируясь, т.е. меняя местами магнитные полюсы (2–3 раза за миллион лет). На это указывают «вмороженное» в осадочные и вулканические породы магнитное поле отдаленных эпох. Поведение геомагнитного поля нельзя назвать хаотичным, оно подчиняется своеобразному «расписанию».
- ◆ Направление и величина геомагнитного поля задаются процессами, происходящими в ядре Земли. Характерное время переполусовки, определяемое внутренним твердым ядром, составляет от 3 до 5 тыс. лет, а определяемое внешним жидким ядром – около 500 лет. Этими временами и может объясняться наблюдаемая динамика геомагнитного поля. Компьютерное моделирование с учетом различных внутриземных процессов (конвекции, возникающей в результате разделения тяжелого и легкого вещества ядра в гравитационном поле, приливов, вызываемых переменным растяжением вращающейся Земли под воздействием притяжения небесных тел (Луны и Солнца), отклонения масс в жидком ядре в направлении, перпендикулярном оси вращения Земли, под действием силы Кориолиса показало возможность переполусовки магнитного поля примерно за 5 тыс. лет.

**Отец.** Спасибо! Это интересно. А что мы называем магнитным полем? (*Ответ с места.*) Как изображают силовые линии? (*Ответ с места.*) Каковы основные свойства силовых линий? (*Ответ с места.*) Какая физическая величина характеризует магнитное поле? (*Ответ с места.*)

**2-й ученик.** Предлагаю послушать сообщения об истории открытия электромагнитных явлений.

- ◆ Среди последователей славного болонского анатома нашелся один внимательный физик Алессандро Вольта, заметивший одну незначительную деталь опы-

тов с «животным электричеством», на которую не обратил внимания сам Гальвани: когда к лягушке присоединяли провода из разнородных металлов, мышечные сокращения становились сильнее. Вольта решил, что два металла, разделенные телом, в котором много воды, хорошо проводящей электрический ток (лягушка, без сомнений, может быть отнесена к таким телам), рождает свою собственную электрическую силу. Смелое и неожиданное предположение! Решающий эксперимент Вольта провел... на самом себе. «Я накладываю на глазное яблоко конец оловянного листочка, беру в рот серебряную монету или ложку и затем привожу обе эти обкладки в соприкосновение при помощи двух металлических острий, – описывал ученый свой оригинальный физический опыт. – Это оказывается достаточным, чтобы тотчас же или каждый раз, как производится соприкосновение, получить явление света или преходящей молнии в глазу».

- ◆ 20 марта 1800 г. в письме к сэру Джозефу Бэнксу, президенту Лондонского Королевского общества, Вольта подробно рассказывает об изобретенном им новом источнике электричества: «...я взял несколько дюжин круглых медных пластинок, а еще лучше серебряных, диаметром примерно в один дюйм, и такое же количество оловянных или лучше цинковых пластинок. Затем из пористого материала, который может впитывать и удерживать много влаги (картон, кожа), я вырезал достаточное количество кружков. Все эти пластинки я расположил таким образом, что металлы накладывались друг на друга всегда в одном и том же порядке и что каждая пара пластинок отделялась от следующей влажным кружком из картона или кожи...» Электрохимические батареи, которые сначала назывались «вольтовыми столбами», начали свое победное шествие по земному шару. Из лабораторий ученых они проникли повсюду, в самые отдаленные уголки Земли, – ведь удобные переносные радиоприемники, магнитофоны, телевизоры работают там, где нет знакомой электрической розетки, благодаря маленьким и емким электрохимическим батарейкам, а автомобили трогаются в путь, получив сильный импульс электрического тока от большой стартерной электрохимической батареи. Набрав достаточное количество монет из разных сплавов и картонных кружков, каждый школьник может составить источник тока по рецепту Вольты.
- ◆ В декабре 1801 г. Алессандро Вольта после доклада во Французской академии наук получает из рук Наполеона Большую золотую медаль, присуждаемую за выдающиеся достижения в науке. Вольте в это время 56 лет, он опровергает своей судьбой устоявшееся мнение, что открытия в физике совершаются только до 30. Наполеон всегда помнил о Вольте, питая к нему, видимо, не только глубокое уважение, но и сердечную привязанность. Когда первооткрыватель нового источника электрической энергии хотел оставить университетскую кафедру, то Наполеон сказал: «...добрый генерал должен умереть на поле чести», – и просил передать Вольте, что если чтение лекций отвлекает его от исследовательской работы, то «...если хочет, пусть читает одну лекцию в год». Вольта остался в университете.
- ◆ В 1821 г. немецким физиком Т. Зеебеком был изобретен еще один источник тока – термоэлектрический. Оказалось, что, нагревая теплом руки, пламени свечи или керосиновой лампы спай двух проволок из разных металлов, можно получить заметное электрическое напряжение. Сам Вольта скромно именовал свое изобретение «искусственным электрическим органом» и предложил в честь Гальвани называть электрохимические батарейки «гальваническими элемен-

тами». Вольтга подал своим многочисленным потомкам в науке пример, достойный подражания. И не потому ли так часто до сих пор используется термин гальванические элементы, который давно уже пишется без кавычек...

- ◆ Первый важный закон электричества был установлен французским физиком Шарлем Кулоном в 1785 г. – задолго до изобретения гальванических элементов. Формулировкой закон Кулона удивительно напоминает закон всемирного тяготения: сила взаимодействия двух точечных неподвижных тел в вакууме прямо пропорциональна произведению их зарядов и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними. Как же сумел Кулон открыть этот точный физический закон, практически не обладая привычным нам лабораторным оборудованием?
- ◆ Использованный прием лишний раз доказывает, что изобретательность человеческого ума не знает границ... Расстояние и силу взаимодействия между зарядами французский ученый определял с помощью тех же крутильных весов, которыми пользовался Кавендиш для исследования силы тяготения между двумя телами. А как Кулон (с помощью какого прибора) сумел найти величину зарядов? Он просто этого не делал, справедливо решив, что для его исследований не нужно знать абсолютную величину электрического заряда, достаточно иметь два одинаковых или определить, во сколько раз один заряд больше другого. Зарядив один металлический шарик трением о сухую ткань, можно поднести к нему другой, незаряженный: при соприкосновении двух шариков заряды должны разделиться поровну между ними. Если к одному из них будет поднесен шарик из того же металла, то от первоначального заряда останется только четвертая часть. Вот так, остроумно и легко, делил Кулон электрические заряды на равные части, что и позволило ему открыть закон, который подтвердили точнейшие современные измерения!
- ◆ Следует вспомнить, что все это происходило в те далекие времена, когда большинство ученых разделяли электричество на два вида: стеклянное и смоляное. Основание было очень «серьезным»: стеклянная палочка, потертая о шелк, притягивалась к янтарю, который электризовали с помощью меховой шкурки, но две заряженные стеклянные палочки отталкивались друг от друга! Значит, существуют два типа зарядов: отрицательные, «любящие» янтарную смолу, и положительные, оседающие на стекле. Опыты Кулона тоже, казалось бы, подтверждали такой вывод: шарики, заряженные разными способами, вели себя подобно стеклянным палочкам и кусочкам янтаря...
- ◆ Как показали экспериментальные исследования английских ученых, микроорганизмы, обитающие в воде плавательных бассейнов, уничтожаются гораздо интенсивнее, если перед введением в воду хлора предварительно обработать ее магнитным полем. Их опыты проводились так. Два аквариума вместимостью 25 л были наполнены водой из бассейна. Один из них служил контрольным, а в другой вода попадала, пройдя сначала через трубу с закрепленными на ней тремя постоянными магнитами. Проанализировав пробу этой воды и сравнив ее с контрольной, исследователи установили, что омагниченная вода сама по себе не оказала на микроорганизмы никакого действия. Но когда в нее добавили хлор в такой же концентрации, как в контрольном аквариуме, то кишечных палочек оказалось на треть меньше. Кроме того, уровень содержания хлора падал в обычной воде на 20% быстрее, чем в омагниченной. Сейчас ученые выясняют причину этих явлений.

- ◆ Эксперименты французских ученых показали, что импульсным магнитным полем можно стерилизовать пищевые продукты. Интенсивное магнитное поле, проникая через стеклянную, картонную и пластиковую упаковку, уничтожает микроорганизмы либо делает их неактивными. Причины такого действия пока неизвестны. Вкус и пищевая ценность продуктов при этом не страдают, а срок хранения в герметичной таре значительно увеличивается.

**Отец.** Как определить направления вектора магнитной индукции? (Ответ с места.)

**3-й умник.** Предлагаю продолжить экскурс в историю открытия.

- ◆ Десятнадцатый век, видимо, в назидание двадцатому, веку узкой научной специализации, перенимает прекрасную традицию восемнадцатого и оставляет нам память об удивительно разносторонних ученых.

Ханс Кристиан Эрстед получил золотую медаль при окончании Копенгагенского университета за литературное эссе «Границы поэзии и прозы», представив одновременно химическое исследование о свойствах щелочей. Диссертация, за которую Эрстед был удостоен звания доктора философии, посвящена медицине, свои самостоятельные исследования он начал в университете на кафедре фармацевтики, где изучали лекарства, а стал профессором по кафедре физики. Возникновение тепла при прохождении тока от гальванических элементов через тонкую платиновую проволочку не давало Эрстеду покоя. «Электричество и тепло взаимосвязаны, – думал он, – но, возможно, имеется нечто общее между другими разнородными и внешне непохожими явлениями, например между электричеством и магнетизмом?» Говорят, чтобы постоянно помнить об этой проблеме, Эрстед все время носил в кармане небольшой магнит...

В 1813 г. Эрстед пишет в своем труде «Исследование идентичности химических и электрических сил», вышедшем из печати во Франции: «Следует испробовать, не производит ли электричество... каких-либо действий на магнит...» Проходит семь лет. Весной 1820 г. Эрстед впервые замечает, что при прохождении электрического тока лежащая рядом с проводом магнитная стрелка начинает отклоняться. После семи лет обдумываний следуют три недели лихорадочных экспериментов. Обнаруживается, что на повороты стрелки влияет ее удаленность от провода и электрическое напряжение гальванического элемента; материал провода значения не имеет. Эрстед отмечает странную вещь: сила, действующая между магнитом и электрическим током, направлена не по прямой, соединяющей их, а перпендикулярно к ней! Вскоре он разошлет ведущим ученым Европы статью на четырех страничках, называемую, по обычаю того времени, мемуаром, в которой опишет свои опыты. В мемуаре Эрстеда найдет отражение и тонкое наблюдение, что «магнитный эффект электрического тока имеет круговое движение вокруг него». Будто провод окольцован магнитными силами...

- ◆ Ученый секретарь Французской академии наук Франсуа Араго знакомится с опытами Эрстеда в Женеве и 4 сентября 1820 г. делает в Париже на заседании Академии устное сообщение о них. Опыты Эрстеда поразили Араго. Ведь он сам уже много лет собирает сведения о связи атмосферных электрических явлений с поведением магнитных веществ и готовится ставить лабораторные эксперименты по проверке своих предположений. Участвуя в работе экспертной комиссии по выяснению причин кораблекрушений, Араго замечал, что у кораблей после сильного шторма на море стрелки компасов показывали в

разные стороны, а железные предметы на борту сильно намагничивались. Вызвать это могла только молния...

Волнение Араго передалось членам академии. Они просят Араго на заседании, намеченном на 22 сентября 1820 г., продемонстрировать им опыты Эрстеда. Внимательно слушает Араго выдающийся математик Андре Мари Ампер. У него рождается проницательная мысль: если проводник тока всегда окружен магнитными силами, то «электрический конфликт» (пользуясь выражением Эрстеда) должен возникать не только между проводом и магнитной стрелкой, но и между двумя проводами, по которым течет ток! В течение этого знаменательного заседания глубокий теоретик превращается в увлеченного экспериментатора. За семь дней Ампер конструирует оригинальный электрический прибор и на следующих заседаниях академии, 11 и 18 сентября, демонстрирует присутствующим взаимодействие двух проводников с током! Если в обоих проводниках электрические токи текут параллельно друг другу в одном направлении, то они притягиваются; эти же проводники отталкиваются, когда токи в них проходят во взаимно противоположных направлениях. Затем Ампер выведет простую формулу, которая позволит рассчитать силу взаимодействия двух проводников в том случае, когда они установлены под углом друг к другу. Формула будет названа впоследствии законом Ампера...

Ампер продолжает свои опыты. Свернув проводники в виде двух спиралей, получивших название соленоидов, он доказывает, что соленоиды, установленные рядом, при пропускании тока ведут себя подобно двум магнитам. Ампер исследует влияние магнитного поля Земли на движение проводника, соленоида и металлической рамки с током.

Он высказывает опережающую время мысль о том, что магнит, в свою очередь, представляет собой совокупность токов. В магните, считает Ампер, есть множество элементарных круговых токов, текущих перпендикулярно к его оси. Так и кажется, что французский ученый уже знает о непрерывном движении заряженных частиц внутри каждого вещества, об открытии электрона, о планетарном строении атома, доказанном Резерфордом через столетие. Свои сообщения на заседании академии Ампер заключил словами: «В связи с этим я свел все магнитные явления к чисто электрическим эффектам».

- ◆ Пройдет много лет, и открытия Ампера лягут в основу метода определения единицы электрического тока. На IX Международной конференции по мерам и весам в 1948 г. будет решено считать основной электрической единицей 1 ампер – силу тока, при которой два параллельных проводника длиной в 1 м взаимодействуют друг с другом с силой в 0,000 000 2 Н. От силы тока 1 ампер произойдет единица количества электричества, названная кулоном, единица напряжения, которая получит наименование вольт, единица сопротивления, именуемая омом.
- ◆ Очевидцы рассказывали, что идеи Ампера были столь новы, что многие члены Французской академии просто не поняли их революционного научного смысла. «Что же, собственно, нового в том, что вы нам сообщили? – спросил на заседании один из них, обращаясь к Амперу. – Само собой ясно, что если два тока оказывают действие на магнитную стрелку, то они оказывают действие и друг на друга?» За Ампера его оппоненту мгновенно ответил Араго. Он вынул из кармана два ключа и сказал: «Вот каждый из них тоже оказывает действие на стрелку, однако же они никак не действуют друг на друга...»

- ◆ В Германии создан новый тип аккумулятора. В нем вместо раствора кислоты, в который погружены электроды, применена паста, электродами служат листы фольги, а корпусом – пластмассовый мешочек. Новый аккумулятор легок и настолько компактен, что может разместиться в пластиковой карте для банкомата; кроме того, ему можно придать любую форму, а по электрическим параметрам он превосходит наиболее распространенные ныне литиевые аккумуляторы. И, что тоже немаловажно, новый аккумулятор безопасен в эксплуатации как для обслуживающего персонала, так и для окружающей среды. Первый действующий образец уже изготовлен.
- ◆ Даже на стреляных гильзах и патронах сохраняются отпечатки пальцев человека, вложившего их в оружие, – они могут быть выявлены по методике, разработанной специалистами Саратовского юридического института. Поместив гильзу или патрон в электрическое поле в качестве электрода, напыляют на него в вакууме тонкую металлическую пленку, и на ней становятся отчетливо видны отпечатки, которые вполне можно идентифицировать. Этот способ дает криминалистам возможность надежно установить личность преступника в достаточно сложных ситуациях, когда другие улики отсутствуют или сомнительны.

**Отец.** Выходит, электрические и магнитные явления тесно связаны между собой? А что произойдет, если проводник с током поместить в магнитное поле? (Ответ с места о действии силы Ампера и о правиле левой руки.)

**4-й умник (поднимает руку).** Можно мне рассказать о ряде исторических фактов, а также о последних достижениях, связанных с электромагнитными явлениями?
- ◆ Гэмфри Дэви стал профессором в 23 года. За свою долгую жизнь в науке он успел сделать очень много: открыл несколько новых химических элементов, сумел с помощью электрического тока выделить из расплава солей их составные части, в том числе очень чистые металлы, изобрел шахтерскую взрывобезопасную лампу, обнаружил обезболивающие свойства закиси азота и предложил применять ее во время хирургических операций, доказал, как полезно заменять воду в гальванических элементах кислотой, – это в несколько раз увеличивает силу электрического тока, получаемого от гальванического элемента, изобретенного Алесандро Вольтой. Дэви заслужил много научных и общественных наград, был избран президентом Лондонского Королевского общества.

Но на вопрос о самом большом открытии в жизни он ответил: «Самым великим моим открытием было открытие Фарадея». И он, несомненно, прав.
- ◆ Один из историков науки справедливо писал: «...работы других ученых – Кулона, Гальвани, Эрстеда, Араго, Ампера – представляли собой отдельные “пики”, тогда как Фарадей воздвиг “горную цепь” из взаимосвязанных работ». Фарадей сумел значительно опередить свое время не только сутью сделанных им открытий, но и цельным подходом к научному творчеству. Он считал, что необходимо искать общность разных процессов в природе, изучать «точки соприкосновения» областей знания, ибо на стыке наук можно обнаружить совершенно новые закономерности исследуемого явления.
- ◆ На стыке физики и химии сделаны работы Фарадея по изучению влияния электрического тока на осаждение и разложение веществ и были установлены два основополагающих закона электролиза. Изучая сходство и различие оптических и электрических явлений, Фарадей показал, что электрический ток



может усиливать и ослаблять свет. И конечно, главное – Фарадей доказал окончательно, что электричество и магнетизм неразрывно связаны.

- ◆ Одиннадцать лет после открытий Эрстеда и Ампера размышлял Фарадей над этой проблемой. Электричество явно обладает магнитной силой, и теперь осталось подтвердить влияние магнитных явлений на электрические. Физическая природа их так близка! 29 августа 1831 г., как зафиксировано в лабораторном журнале Фарадея, был выполнен исторический эксперимент. На большую деревянную катушку ученый навил две электрические спирали, изолированные друг от друга хлопчатобумажной нитью. По одной из спиралей пропускался ток, который Фарадей резко включал и выключал, а другая была соединена с гальванометром – прибором, отмечавшим появление тока во второй спирали. «При замыкании цепи, – записал Фарадей в журнале, – удавалось заметить внезапное, но чрезвычайно слабое действие на гальванометре, и то же самое замечалось при прекращении тока. При непрерывном прохождении тока через одну из спиралей не удавалось отметить... действия на гальванометр...»

Спирали из проводников, как доказал Ампер, подобны по своим свойствам магнитам, и Фарадей продолжал свои опыты, заменив одну из спиралей на магнит. Сильные всплески тока возникали, когда Фарадей двигал магнит в катушке со спиралью или, наоборот, перемещал катушку относительно магнита. Фарадей заметил основные особенности явления: ток возникает только при движении катушки и магнита относительно друг друга; направление тока, возникающего в момент, когда магнит входит в катушку, изменяется на противоположное при выходе магнита из катушки. Обнаруженное Фарадеем явление получило название электромагнитной индукции. Его недаром относят к наиболее выдающимся открытиям XIX в., ведь работа миллионов электродвигателей и генераторов электрического тока во всем мире основана на явлении электромагнитной индукции.

Фарадей глубоко верил в единство электрических и магнитных явлений. Первым из ученых он предложил понятия об электрическом и магнитном полях, окружающих магниты и проводники с током. Эти поля переносят в пространство, как считал Фарадей, электромагнитные сигналы. Эта мысль оказалась настолько важной для всего последующего развития физики, что Альберт Эйнштейн назвал человека, которого она впервые посетила, «избранником».

- ◆ Несколько десятилетий спустя Джеймс Кларк Максвелл разовьет идею Фарадея, облечет ее в ясную и точную математическую форму, и электромагнитное поле займет положенное ему по праву важнейшее место во всех разделах физики.
- ◆ В тех регионах России, где бывают сильные морозы, зимой возникает проблема слива нефтепродуктов из железнодорожных цистерн, ибо их вязкость при низкой температуре слишком мала. Для того чтобы извлечь из цистерны прилипшую к ее стенкам массу, приходится пользоваться паром. Но это дорого: для разогрева одного железнодорожного резервуара сжигается до 15 т топлива. Ученые дальневосточных институтов разработали технологию электроиндукционного нагрева цистерн, позволяющую значительно сократить энергозатраты. С небольшими изменениями эта технология эффективна для извлечения замерзших нефтепродуктов из резервуаров океанских танкеров. Для аварийных ситуаций, когда замерзают системы отопления и водоснабжения, разработан ручной электроиндукционный инструмент, обеспечивающий быстрый разогрев трубопроводов и высокую безопасность работ. Технология защищена патентом РФ.

- ♦ Там, где происходит торговля с лотков, в палатках, возникает необходимость в подключении осветительных, нагревательных или охлаждающих электроприборов. И вот от ближайших домов к лоткам и киоскам тянутся провода, нарушая опрятный вид улиц и мешая продавцам, покупателям, прохожим. Чтобы избежать этого, французская фирма «Стев Инженери» предложила прокладывать под площадкой, предназначенной для торговли, электрокабель, к которому через определенные промежутки подключены индукционные катушки, представляющие собой первичные обмотки трансформаторов. Торговец ставит на асфальт над такой катушкой небольшую портативную колонку с катушкой, служащей вторичной обмоткой, и через розетку получает обычное сетевое напряжение. Такая распределительная система позволяет получать «через асфальт» электрический ток мощностью до 4 кВт.

**Отец.** А какие явления сопровождают протекание электрического тока?

*(5-й ученик просит слова для сообщения о действии электромагнитных полей на человека и об их применении.)*

- ♦ Наука накапливает все больше данных о влиянии переменных магнитных полей на человека и животных. Установлено, например, что к действию этих полей чувствителен эпифиз – расположенная в мозге железа, вырабатывающая мелатонин – вещество, регулирующее, в частности, обмен веществ и адаптацию организма к неблагоприятным условиям. Исследования показали, что после воздействия переменных магнитных полей, как естественного (магнитные бури), так и искусственного происхождения, уровень мелатонина в крови снижается. У некоторых особо чувствительных людей такой эффект наступает даже после длительного лежания под электроодеялом. Между тем уменьшение мелатонина нарушает его нормальную функцию в организме и увеличивает риск появления некоторых недугов. Переменные магнитные поля естественного и искусственного происхождения могут нарушать и биоритмы организма (они в какой-то мере контролируются эпифизом). Ученые предполагают, что в организме человека и животных эпифиз – не единственный орган, подверженный влиянию магнитных полей, но пока о магниточувствительности этого и других органов известно очень мало.
- ♦ Состояние биосферы во многих регионах таково, что грядущая экологическая планетарная катастрофа кажется неизбежной. «И Весна... и Весна встретит новый рассвет, не заметив, что нас уже нет», – эти знаменитые строки Р. Брэдбери настраивают на серьезный лад, побуждая разобраться в окружающей действительности. Развитие мобильных средств радиотелефонной и космической связи, сети персональных компьютеров приводит к тому, что все большее число людей подвергается воздействию электромагнитных излучений. Ученые предупреждают об электромагнитной опасности для человека, предполагая, что техногенные электромагнитные излучения могут оказывать неблагоприятное воздействие на организм. Электромагнитное излучение – физический фактор загрязнения окружающей среды. Пока данных мало, проблема требует изучения. Особое внимание следует уделить влиянию электромагнитных полей и излучений, создаваемых дисплеем компьютера и сотовыми телефонами, т.к. эти источники широко распространены.
- ♦ Физики никогда не успокаиваются. Новые особенности обнаруживаются не только в движении планет, новыми свойствами наделен и космический вакуум

ум. Привычное для нас представление о вакууме как о совершенной пустоте сменилось вполне обоснованной гипотезой, что вакуум при определенных условиях может рождать на свет элементарные частицы.

- ◆ Кристаллы различных веществ, пристально рассмотренные под ярким «светом» частиц высоких энергий, оказались отнюдь не похожими на холодное царство неподвижно застывших геометрически правильных рядов атомов. Под влиянием вводимых примесей, температуры, давления, электрического и магнитного полей в столь «невозмутимых» внешне кристаллах могут происходить удивительные превращения: например, в одних при увеличении температуры исчезают металлические свойства, в других наблюдается обратная картина – изолятор становится металлом. Советский физик Э.Л. Нагаев теоретически предсказал, что при определенных условиях только отдельные области кристаллов будут изменять свои свойства. Некоторые полупроводники становятся при этом похожими на... пудинги с изюмом: изюминки – проводящие шарики – разделены диэлектрическими прослойками, и в целом такой кристалл не пропускает электрический ток. Тепло и магнитное поле могут заставить шарики соединяться друг с другом, изюминки будто растворяются в пудинге – кристалл превращается в проводник электрического тока. Эксперименты вскоре подтвердили возможность осуществления в кристаллах подобных переходов...
- ◆ Не все удастся предсказать и рассчитать заранее. Часто толчком для создания новых теорий служат непонятные результаты экспериментов или странные явления, которые внимательному наблюдателю удастся подметить в природе.
- ◆ Очень важное свойство роднит физику с философией, из которой она вышла, – физика может убедительно, с помощью цифр и фактов, ответить на вопрос любознательного человека: велик или мал мир, в котором мы живем? Философия отвечает на вопрос-близнец: велик или мал человек? Блез Паскаль называл человека «мыслящим тростником», подчеркивая, что человек хрупок, слаб и беззащитен перед явно превосходящими силами неживой природы; единственное оружие и защита человека – его мысль. Вся история физики убеждает, что обладание этим неосознаваемым и невидимым оружием дает возможность проникнуть необычайно глубоко в мир бесконечно малых элементарных частиц и достичь самых далеких уголков нашей необъятной Вселенной. Физика показывает, как велик и в то же время близок мир, в котором мы живем. Физика позволяет почувствовать человеку свое величие, необыкновенную силу мысли, которая делает его самым могущественным существом на свете.

«Я не становлюсь богаче, сколько бы ни приобретал земель... – писал Паскаль, – а вот с помощью мысли я охватываю Вселенную».

*(К доске выходит художник и показывает всем свою картину – как он представляет электромагнитные явления, – рассказывает о грозе, читает стихи А.С. Пушкина)*

Последняя туча рассеянной бури!

Одна ты несешься по ясной лазури,

Одна ты наводишь унылую тень,

Одна ты печалишь ликующий день.

Ты небо недавно кругом облетала,

И молния грозно тебя обвивала,

И ты издавала таинственный гром,

И алчную землю поила дождем.

**Учащийся.** А у меня стихи о грозе Ф.И. Тютчева, но более жизнерадостные, ведь не всегда в грозу бывает страшно.

Люблю грозу в начале мая,  
Когда весенний, первый гром,  
Как бы резвяся и играя,  
Грохочет в небе голубом.  
Гремят раскаты молодые,  
Вот дождик брызнул, пыль летит,  
Повисли перлы дождевые,  
И солнце нити золотит.

**Бизнесмен.** А вот вам загадка: «Гаркнул гусь на всю Русь». Что это? (*Ответ с места:* Гром.)

**Учащиеся** (*загадывают загадки*):

- Нашумела, нагрелась, все промыла и ушла. И сады, и огороды всей округи полила. (*Ответ:* Гроза.)
- Два брата родных: одного всяк видит, да не слышит; другого все слышат, да не видят. (*Ответ:* Гром и молния.)
- Летит огненная стрела, никто ее не поймает: ни царь, ни царица, ни красная девица. (*Ответ:* Молния.)

**Отец.** Спасибо. Молодцы!

**Дочь.** Папа, теперь я поняла, как делается обобщение по электромагнитным явлениям и как решить задачу.

- Как вынуть стальной шарик из бутылки, не опрокидывая бутылки? (*Ответ:* Магнитом.)

Пап, теперь я не получу двойку!

**Отец.** Я рад за тебя. Видишь, мы с ребятами смогли тебе помочь. Всем спасибо.

**Учитель.** Подведем итоги урока.

### Урок 123. Контрольная работа

(См. раздел «Самостоятельные и контрольные работы»)

**Рекомендации к проверке:** «3» за задачу 1, 2; «4» за задачу 1, 2, 3 или 2, 4; «5» за задачу 3, 4, 5 или 3, 4, 6.

Ученик сам выбирает задачи.

### Урок 124. Переменный электрический ток

*Цель:* дать понятие переменного тока.

#### Ход урока

#### I. Анализ контрольной работы

#### II. Изучение нового материала

Переменный ток в обычной квартире, применяемый на заводах и фабриках, представляет собой вынужденные электрические колебания. Эти колебания легко обнаружить с помощью осциллографа. Тогда временная развертка будет представлять собой синусоиду. Частота колебаний напряжения в цепи равна 50 Гц. На протяжении 1 с ток 50 резко поменяет свое направление.

$\varepsilon = Bs\varphi \sin(\omega t + \varphi_0)$ ;  $\varepsilon$  – мгновенное значение ЭДС.  $BS\Phi$  – амплитуда ЭДС.

$\varepsilon = Bs\Phi$ ;  $\varepsilon = \varepsilon_m \sin(\omega t + \varphi_0)$ ;  $\varphi_0$  – начальная фаза;  $\Delta\varphi = \varphi_2 \dots \varphi_1$

Если  $\Delta\varphi = 0,2\pi$  (3 п., 5 п., и т. д.), об этом говорят соответствующие колебания в противофазе, максимум одних колебаний приходится на минимум других.

Если  $\Delta\varphi = 0,2\pi$  (4 п. и т. д.), колебания происходят в одной фазе, они одновременно будут достигать максимума и одновременно будут проходить через нуль.

Колебания силы тока и напряжения в цепи с переменным током не совпадают по фазе.

$$I = I_m \sin \omega t;$$

$$U = U_m \sin(\omega t + \Delta\varphi).$$

Так как сила тока и напряжение непрерывно меняются, тогда

$$P = I \cdot U = I_m \cdot U_m \sin \omega t \cdot \sin(\omega t + \Delta\varphi).$$

Эта мощность в некоторый момент времени оказывается положительной, а в некоторый момент – отрицательной (электрическая цепь не потребляет энергии, а, наоборот, отдает запасенную обратно генератору).

$$\sin(\omega t + \Delta\varphi) \sin \omega t = \frac{1}{2} \cos \Delta\varphi - \frac{1}{2} \cos(2\omega t + \Delta\varphi); \quad \frac{1}{2} \cos \Delta\varphi = \text{const} \quad \bar{P} = \frac{U_m I_m}{2} \cos \Delta\varphi$$

$$2 = \sqrt{2} \cdot \sqrt{2}; \quad \bar{P} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \cdot \frac{U_m}{\sqrt{2}} \cos \Delta\varphi; \quad \bar{P} = I_{\Delta} \cdot U_{\Delta} \cos \Delta\varphi; \quad I_{\Delta} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}; \quad U_{\Delta} = \frac{U_m}{\sqrt{2}}.$$

Это – действующие или эффективные значения силы тока.

### III. Закрепление изученного

1. Что называется действующим значением переменного тока?
2. Какие значения силы переменного тока называют мгновенными? амплитудными?
3. Какие формулы выражают связь действующих значений ЭДС, напряжения и силы переменного тока с их амплитудными значениями?
4. Начертите график переменного тока и раскройте суть определения переменного тока.

### IV. Решение задач

1. Рамка, по которой проходит ток, равномерно вращается в однородном магнитном поле, индукция которого 4 мТл, с частотой 20 с<sup>-1</sup>. Площадь рамки 20 см<sup>2</sup>. Ось вращения рамки лежит в ее плоскости и перпендикулярна вектору индукции поля. Найти максимальный магнитный поток сквозь плоскость рамки и ЭДС индукции, возникающей в рамке при ее вращении. Написать уравнение. (Ответ:  $I = 10^{-3} \dots \sin 40 \pi t \dots$   $\Phi_m = 8 \text{ мкВб}$ ;  $\epsilon_m = 10^{-3} \text{ В}$ )

2. Напряжение на концах участка цепи, по которому течет переменный ток изменяется с течением времени по закону  $U = U_m \sin(\omega t + \pi/6)$ . В момент времени  $T/12$  мгновенное значение равно 10 В. Найти амплитуду напряжения. (Ответ:  $u_m = 11,5 \text{ В}$ )

3. Электродвижущая сила в цепи переменного тока выражается:  $\epsilon = 120 \sin 628 t$ , где  $t$  выражено в секундах, ЭДС – в вольтах. Определите ее действующее значение ЭДС и период ее изменения. (Ответ:  $T = 0,01 \text{ с}$ ,  $\epsilon = 85 \text{ В}$ .)

4. Значение силы тока, измеренное в амперах, задано уравнением:  $I = 8,5 \sin(314t + 0,651)$

Определить действующее значение тока, его начальную фазу и частоту. Найти ток при  $t_1 = 0,08 \text{ с}$ .

(Ответ:  $I = 6 \text{ А}$ ;  $x = 50 \text{ Гц}$ ;  $P_0 = 0,651$ ;  $I = 5,1 \text{ А}$ )

### Домашнее задание

П. 91. Задачи 419–421, 425.

## Урок 125. Сопротивление в цепи переменного тока

*Цель:* рассмотреть цепь переменного тока с резистором, кондиционером и катушкой индуктивности.

### Ход урока

#### I. Повторение. Беседа

1. Какие колебания называются периодическими?
2. Что такое электромагнитные колебания?
3. Какой ток называют переменным?
4. Что такое фаза колебаний?
5. Как находится средняя мощность переменного тока?
6. Какие величины называются действующими значениями силы тока и напряжения?
7. С какой частотой меняется переменное напряжение в сети с напряжением 220 В?

#### II. Изучение нового материала

1. Соберем цепь (рис. 19).

Электрические устройства, преобразующие электрическую энергию во внутреннюю, называются активными сопротивлениями (провода, спирали нагревательных приборов, резисторы).

$$R = \rho \frac{l}{S}; \quad U = U_m \sin \omega t; \quad I = \frac{U}{R} = \frac{U_m}{R} \sin \omega t = I_m \sin \omega t.$$

Колебания силы тока и напряжения на резисторе проходят в одной фазе.

$$I_{\Delta} = \frac{U_{\Delta}}{R}; \quad \bar{P} = I^2 \cdot R; \quad R = \frac{\bar{P}}{I_{\Delta}^2}.$$

2. Соберем цепь (рис. 20).

$$I = q' = (CU)' = c \cdot U'; \quad U' = (U_m \sin \omega t)' = U_m \omega \cos \omega t = U_m \omega \left( \sin \omega t + \frac{\pi}{2} \right);$$

$$I = U_m \omega C \sin \left( \omega t + \frac{\pi}{2} \right) = I_m \sin \left( \omega t + \frac{\pi}{2} \right); \quad I_m = U_m \omega C.$$

Разность фаз:  $\Delta \varphi = \varphi - \varphi_I = -\frac{\pi}{2}$ .

$$R = \frac{U}{I}; \quad \frac{U_m}{I_m} = \frac{1}{\omega c}; \quad x_c = \frac{1}{\omega C};$$

$x_c$  – емкость сопротивления.

3. Соберем цепь (рис. 21).

Пусть есть L, но  $R=0$ .  $I = I_m \sin \omega t$ ;  $U + \varepsilon = 0$   $U = -\varepsilon = LI'$ ;

$$I' = (I_m \sin \omega t)' = I_m \omega \cos \omega t = I_m \omega \left( \sin \omega t + \frac{\pi}{2} \right); \quad U_m = I_m \omega L \left( \omega T + \frac{\pi}{2} \right) = U_m \sin \left( \omega t + \frac{\pi}{2} \right);$$

$\Delta I = I_u - I_i = \frac{\pi}{2}$ ;  $x_L = \omega L$ ;  $x_L$  – индуктивное сопротивление.

#### III. Закрепление изученного

1. Какие виды сопротивлений различаются в цепи переменного тока?
2. Напишите уравнения изменения мгновенного значения напряжения и силы тока на активном сопротивлении. Начертите их графики.
3. По какой формуле определяется емкостное сопротивление?

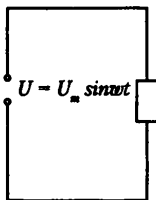


Рис. 19

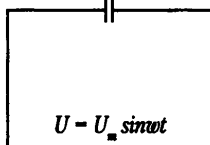


Рис. 20



Рис. 21

4. Что называют индуктивным сопротивлением?
5. Каковая формула индуктивного сопротивления?
6. Какой сдвиг фаз между током и напряжением существует в цепи переменного тока, содержащей только катушку индуктивности? Только конденсатор?

#### IV. Решение задач

1. В цепи переменного тока с действующим значением напряжения 220 В включили активное сопротивление 50 Ом. Найдите действительное и амплитудное значение силы тока. (*Ответ:*  $I = 4,4$ ;  $I_m = 6,16$  А.)
2. Каково индуктивное сопротивление проводника с индуктивностью 0,05 Гн в цепи переменного тока частотой 50 Гц? (*Ответ:*  $x_L = 15,7$  Ом.)
3. Определите период переменного тока, для которого конденсатор емкостью 2 мкФ представляет сопротивление 8 Ом. (*Ответ:*  $10^{-4}$  с.)
4. Конденсатор включен в цепь переменного тока стандартной частоты. Напряжение в сети 220 В. Сила тока в цепи 2,5 А. Какова емкость конденсатора? (*Ответ:*  $C = 36$  мкФ.)

#### Домашнее задание

П. 92. Задачи 426, 427, 433, 435.

### Урок 126. Колебательный контур

*Цель:* рассмотреть незатухающие электрические колебания.

#### Ход урока

#### I. Повторение. Беседа

1. В каком случае элементы электрической цепи обладают активным сопротивлением и в каком реактивным?
2. Чему равна разность фаз колебаний силы тока и напряжения в цепи с активным сопротивлением?
3. Чему равно емкостное сопротивление?
4. Чему равна сила тока в цепи с конденсатором, когда напряжение на нем равно нулю?
5. Как изменяется накал лампы, если емкость конденсатора увеличить?
6. Что такое индуктивное сопротивление?
7. Какова причина появления индуктивного сопротивления?
8. Как изменится накал лампы, если сердечник из катушки вынуть?

#### Эксперимент 1

Две одинаковые по напряжению и мощности лампы ( $U = 220$  В.  $P = 60$  Вт) включают последовательно с разными конденсаторами в отдельные цепи переменного тока. Лампы горят с разным накалом.

(*Ответ:* Конденсатор большей емкости включен с лампой, которая горит ярче.

$$R = \frac{1}{C\omega} \text{ к вопросу 5.)}$$

#### Эксперимент 2

Новую лампу на 127 В или 220 В включите в сеть переменного тока соответствующего напряжения. Посмотрите на горящую неподвижную лампу в темноте. Видим непрерывное свечение. Приведем ее во вращение движением с радиусом 25–50 см. При движении лампы наблюдается не сплошной светящийся круг, а прерывистый. Почему?

(*Ответ:* неоновая лампа светится прерывисто, совершая 100 вспышек за 1 секунду, это обусловлено колебанием напряжения в сети. Зрительное впечатление сохраняется в течение 0,1 секунды. Промежутки времени, соответствующие затуханиям лампы, измеряются сотыми долями секунды. Впечатления от вспышек неоновой лампы не успевают исчезать, видим непрерывное горение лампы в покое. При движении по окружности моменты, соответствующие вспышкам и затуханиям лампы, разделены в пространстве.)

## II. Изучение нового материала

Электрическая цепь, состоящая из катушки и конденсатора, называется контуром. Зарядим конденсатор, при этом конденсатору сообщим энергию  $W_3 = \frac{q^2}{2C}$ .

Конденсатор начнет разряжаться, в цепи появится электрический ток. Вследствие самоиндукции сила тока увеличивается постепенно. При этом уменьшается энергия электрического поля и возрастает энергия магнитного поля  $W_3 = \frac{LI^2}{2}$ .

В момент, когда конденсатор полностью разряжен ( $q = 0$ ) энергия электрического поля равна нулю. Энергия магнитного поля максимальна. Сила тока достигает максимального значения  $I_m$ .

Несмотря на то, что к этому моменту разность потенциалов на концах катушки станет равна нулю, ток не прекращается сразу. Этому препятствует самоиндукция. Как только сила тока и созданное током магнитное поле начнут уменьшаться, возникнет вихревое электрическое поле, которое направленно по току и поддерживает его, конденсатор начнет перезаряжаться.

Он перезаряжается до тех пор, пока сила тока, постепенно уменьшаясь, не станет, равна нулю,  $W_m = 0$ ; а  $W_3$  станет максимальной.

Далее процесс протекает в обратном направлении, и конденсатор опять перезаряжается. Если бы не было потерь энергии, процесс мог бы продолжаться сколько угодно долго. Но катушка имеет сопротивление, и это ведет к выделению теплоты.

Период свободных колебаний записывается  $T = 2\pi L\sqrt{LC}$ .

## III. Закрепление изученного

1. Что называется колебательным контуром?
2. Нарисуйте схему колебательного контура и объясните все стадии процесса превращения энергии при свободных энергетических колебаниях в течении периода колебаний.
3. По какой формуле определяется собственная циклическая частота свободных электрических колебаний?
4. Запишите формулу Томсона.

## IV. Решение задач

1. Емкость переменного тока конденсатора контура приемника изменилась от  $C_1$  до  $C_2 = 9C_1$ . Определите диапазон волн контура приемника, если емкости  $C_1$  конденсатора соответствует длина волн, равная 3 м. (*Ответ:* от  $\lambda_1 = 3$  м до  $\lambda_2 = 9$  м.)

2. Диапазон каких радиоволн сможет принимать радиоприемник, если емкость конденсатора его колебательного контура изменится от 30 пФ до 300 пФ, а индуктивность катушки – от 40 мкГн до 400 мкГн. (*Ответ:* от 0,92 МГц до 4,6 МГц.)

3. Емкость конденсатора переменной емкости в контуре радиоприемника может измениться от 50 пФ до 450 пФ. Индуктивность катушки остается неизменной и равна 0,6 мГн. На каких волнах работает радиоприемник? (*Ответ:* от 326 м до 980 м.)



4. Определите емкость конденсатора включенного в колебательный контур, индуктивность которого 1,5 мГм, если он излучает электромагнитные волны длиной 500 м. (Ответ:  $C = 140$  пФ.)

### Домашнее задание

П. 93, задачи 437–439.

## Урок 127. Автоколебания

Цель: рассмотреть не затухающие колебания.

### Ход урока

#### I. Повторение. Беседа

1. Что такое колебательный контур?
2. Чему равна полная энергия колебательного контура?
3. Опишите процессы, происходящие в контуре при свободных электромагнитных колебаниях.
4. Каковы причины свободных электромагнитных колебаний в контуре?

#### II. Самостоятельная работа

(См. раздел «Самостоятельные и контрольные работы»)

Ответы:

Вариант 1: 1. А. 2. В. 3. А. 4. В. 5. В.

Вариант 2: 1. В. 2. Б. 3. В. 4. В. 5. В.

#### III. Изучение нового материала

Системы, подобные часам, в которых генерируются незатухающие колебания за счет поступления энергии от источника, называются автоколебательными системами (органный трубка, свисток, сердце.)

#### Эксперимент «Труба Рикке»

Вынужденные электрические колебания вырабатываются инжекторами на электростанциях. Они неспособны вырабатывать колебания высокой частоты, которые применяются в радиотехнике.

Колебания высокой частоты можно получить с помощью лампового генератора. Основной его частью является трехэлектродная лампа-триод.

Когда замыкают цепь генератора, появляется импульс тока, который заряжает конденсатор колебательного контура. Для того чтобы колебания не затухали, конденсатор нужно периодически подзаряжать.

Конденсатор начинает разряжаться, на нижней обмотке находится положительный заряд, через катушку идет нарастающий ток. Переменное магнитное поле этого тока пронизывает не только катушку  $L$ , но и расположенную рядом с ней катушку  $L_{\text{св}}$  (катушку обратной связи), порождает в каждой вихревое электрическое поле. Поле создает положительный потенциал на сетке лампы, и через нее начинает идти анодный ток. Этот ток подзаряжает конденсатор в контуре, и потери энергии компенсируются.

Когда нижняя пластина конденсатора заряжена отрицательно, конденсатор должен отключиться от источника.

В генераторе это происходит автоматически. Переменное магнитное поле убывающего тока в контуре создает в катушке обратной связи вихревое электрическое поле такого напряжения, что потенциал на сетке лампы становится отрицательным. Лампа при этом зажигается, и анодный ток прекращается.

$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

Ламповые генераторы позволяют получать колебания с частотой до миллиона кГц. В настоящее время почти полностью ламповые генераторы вы-



Рис. 22

теснены полупроводниковыми на транзисторах, за исключением очень мощных.

Генераторы на транзисторах контактнее, надежнее и экономичнее ламповых.

Основные элементы, характерные для многих автоколебательных систем (рис. 22).

1. Источник энергии – источник постоянного напряжения.
2. Устройство, регулирующее поступление энергии от источника (клапан), – триод.
3. Колебательная система – колебательный контур.
4. Обратная связь – индуктивная связь катушки контура с катушкой в цепи сетки.

#### IV. Закрепление изученного

1. Что такое автоколебательная система?
2. Перечислите основные элементы автоколебательной системы.
3. Приведите примеры автоколебательных систем.

#### V. Решение задач

1. Возникающая в рамке ЭДС индукция при вращении в однородном магнитном поле изменяется по закону  $e = 12 \sin 100 \pi t$ . Определить амплитуду колебаний ЭДС, ее действующее значение, циклическую и линейную частоту колебаний, период, фазу и начальную фазу. (Ответ: 12 В; 8,5 В; 100 п рад/с; 50 Гц; 0,02 с; 100 πt : 0.)

2. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью 2 мкФ и катушки индуктивностью 500 мГн. Найти частоту собственных колебаний контура. (Ответ: 160 Гц.)

3. Индуктивность колебательного контура равна 0,01 Гн, емкость – 8 мкФ. Конденсатор зарядили до разности потенциалов 200 В. Какой наибольший ток возникает в контуре в процессе электромагнитных колебаний? (Ответ: 2 А.)

4. Определите длину волны, на которую настроен колебательный контур приемника, если его емкость равна 5 нФ, а индуктивность равна 50 мкГн. (Ответ: 942 м.)

5. В колебательном контуре конденсатору сообщен заряд, равный 1 мКл, после чего в контуре возникли затухающие электромагнитные колебания. Какое количество теплоты выделится к моменту, когда максимальное напряжение на конденсаторе станет меньше начального максимального значения в 4 раза? Емкость конденсатора 10 мкФ. (Ответ: 0,047 Дж.)

#### Домашнее задание

П. 94. Задачи № 442–443.

### Урок 128. Трансформатор. Передача электроэнергии на расстояние

Цель: показать способы передачи электроэнергии, познакомить с трансформатором.

#### Ход урока

##### I. Повторение. Беседа

1. Что такое автоколебания?
2. Опишите принцип действия лампового генератора.

3. Начертите схему генератора на транзисторе.
4. Перечислите основные элементы автоколебания системы.
5. Какие детали лампового генератора им соответствуют?

## II. Изучение нового материала

ЭДС мощных генераторов электростанций довольно велика. Между тем, на практике чаще всего нужно не слишком высокое напряжение. Преобразование переменного тока, при котором напряжение увеличивается или уменьшается в несколько раз, практически без потерь мощности, осуществляется с помощью трансформатора.

Он состоит из замкнутого стального сердечника, собранного из пластин, на который надеты две (иногда и более) катушки с проволочными обмотками. Одна называется первичной, подключается к источнику переменного напряжения. Вторую обмотку, к которой присоединяют «нагрузку» (приборы), называют вторичной.

Действие трансформатора основано на явлении электромагнитной индукции.

При прохождении переменного тока по первичной обмотке в сердечнике появляется переменный магнитный поток, который возбуждает ЭДС индукции в каждой обмотке.

$\varepsilon = -\dot{\Phi}$ ;  $\Phi = -\omega\Phi_m \sin \omega t$ ;  $\varepsilon_m = \omega\Phi_m$  – амплитуда ЭДС в одном витке. Полная ЭДС в первичной обмотке  $N_1 e_1$ , во второй –  $N_2 e_2$ .

$$\frac{e_1}{e_2} = \frac{N_1}{N_2}; \quad |U_1| \approx |e_1|; \quad |U_2| \approx |e_2|; \quad \frac{U_1}{U_2} = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{N_1}{N_2} = k,$$

$k$  – коэффициент трансформации.

Если  $k > 1$ , трансформатор понижающий. Если  $k < 1$ , трансформатор повышающий.

Если вторая обмотка замкнута на нагрузку, в ней появляется переменный ток. Мощность в первичной будет приблизительно равна мощности во вторичной:

$$U_1 I_1 \approx U_2 I_2; \quad \frac{U_1}{U_2} \approx \frac{I_2}{I_1}$$

Повышая с помощью трансформатора напряжение в несколько раз, мы во столько же раз уменьшаем силу тока и наоборот.

Существующие в трансформаторе незначительные потери энергии (2-9%) обусловлены перемагничиванием сердечника, выделением тепла в обмотках и сердечнике.

## III. Закрепление изученного

1. Что называют трансформатором?
2. На каком явлении основан принцип его действия?
3. Опишите устройство трансформатора.
4. Что называют коэффициентом трансформации?

## IV. Самостоятельная работа

(См. раздел «Самостоятельные и контрольные работы»)

Ответы:

Вариант 1: 1. 0,8 Гц. 2. 700 В. 3. 120 мкДж; 40 мкДж. 4. 100 Ом.

Вариант 2: 1. 3 А; 2,13 А; 100 п; 50 Гц; 0,02 с; 100 пт+π/3. 2. 36 мкФ.

3. 1: 1. 4. 8 А.

Оценки ставятся: «3» – за решение одной задачи; «4» – двух задач; «5» – трех задач.

Домашнее задание

П. 95, задачи 443–444.

## Урок 129. Электромагнитные волны

Цель: рассмотреть систему Максвелла.

### Ход урока

#### I. Проверка домашнего задания

1. Что такое трансформатор?
2. Каким способом можно уменьшить энергетические потери в линии электропередач?
3. Опишите принцип действия трансформатора.
4. В каком случае трансформатор повышает напряжение, в каком – понижает?

#### Эксперимент 1

Универсальный трансформатор с катушками на 220 В и 12 В. Катушку на 12 В подвесьте к динамометру и замкните накоротко. Отметьте показания динамометра и включите катушку на 220 В в сеть переменного тока. При этом меньшая катушка приподнимется, а показания динамометра уменьшатся. Объясните наблюдаемое явление.

(*Ответ.* При замыкании вторичной катушки трансформатора накоротко в ней возникает индукционный ток, который по правилу Ленца имеет противоположное направление относительно тока первичной цепи. Противоположные токи при взаимодействии отталкиваются, поэтому показания динамометра уменьшаются.)

#### Эксперимент 2

Катушку трансформатора на 220 В с сердечником без ярма включите в сеть. Рядом с зазором 3–5 см расположите вторую на 120 В так же с сердечником без ярма, но с вольтметром:

1. Первую катушку включите в сеть. Почему вольтметр показывает напряжение? (*Ответ:* катушки связаны ЭДС индукции, что и отмечает вольтметр.)

2. В зазор между катушками внесем лист жести. Почему резко уменьшаются показания вольтметра? (*Ответ:* жесь частично экранирует вторую катушку.)

3. Вместо жести в зазор внесем лист латуни. Почему уменьшаются показания вольтметра? (*Ответ:* в латуни возникают токи Фуко, на что расходуется часть энергии.)

#### II. Изучение нового материала

Переменное магнитное поле порождает электрическое поле с замкнутыми силовыми линиями. Чем быстрее меняется магнитная индукция, тем больше напряженность электрического поля. При возрастании магнитной индукции  $(\Delta B/\Delta t) > 0$  направление напряженности образует левый винт с направлением вектора  $B$ .

Магнитное поле порождает электрическое. Но может ли переменное электрическое поле в свою очередь порождать магнитное? Максвелл допустил, что такой процесс реально происходит.

Когда электрическое поле изменяется со временем, оно порождает магнитное поле. Но только при возрастании напряженности электрического поля  $(\Delta E/\Delta t) > 0$  направление вектора индукции  $B$  возникающего магнитного поля образует правый винт с направлением вектора  $E$ .

Отсюда Максвелл заключил, что в природе могут существовать электромагнитные волны.

Если в проводнике изменить силу тока, индукция магнитного поля изменяется. Переменное магнитное поле создаст изменяющееся электрическое. Электрическое порождает переменное магнитное, а последнее, в свою очередь, снова электрическое и т. д. Возникает система взаимно перпендикулярных изменяющихся

электрических и магнитных полей, захватывающих все большие и большие области пространства.

Распространяющиеся в пространстве возмущения электромагнитного поля называют электромагнитными волнами.

Скорость, с которой распространяется возмущение электромагнитного поля,

называется скоростью электромагнитной волны.  $v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0 \epsilon \mu}}$ ;  $v = \lambda \nu$ ,

где  $\lambda$  – длина волны [м],  $\nu$  – частота [с<sup>-1</sup>] [Гц].

Электромагнитные волны излучаются колеблющимися зарядами. При этом скорость движения таких зарядов меняется со временем, т. е. они движутся с ускорением. Наличие ускорения – главное условие излучения электромагнитных волн.

Векторы  $E$  и  $B$  в электромагнитной волне перпендикулярны друг другу и перпендикулярны направлению распространения. Магнитная волна поперечна.

Максвелл был глубоко убежден в реальности электромагнитных волн, но он не дождался их экспериментального обнаружения. Лишь через 10 лет после его смерти электромагнитные волны были экспериментально получены Герцем.

### III. Закрепление изученного

1. Что называют электромагнитной волной?
2. Что является источником электромагнитных волн?
3. Какова скорость распространения электромагнитных волн в воздухе?
4. Как ориентированы векторы  $E$  и  $B$  по отношению друг к другу в электромагнитной волне?

### Домашнее задание

П. 96–97. Задачи 445–447.

## Урок 130. Открытие электромагнитных волн

Цель: рассмотрим свойства электромагнитных волн.

### Ход урока

#### I. Повторение. Беседа

1. В чем состоит гипотеза Максвелла?
2. Опишите процесс возникновения электромагнитной волны.
3. Что такое электромагнитная волна?
4. От чего зависит скорость электромагнитной волны?

#### II. Самостоятельная работа

(См. раздел «Самостоятельные и контрольные работы»)

Ответы: 1. В. 2. В. 3. Б. 4. А. 5. В. 6. В. 7. А.

#### III. Изучение нового материала

Электромагнитная волна образуется благодаря взаимной связи переменных электрического и магнитного полей. Чем быстрее меняется со временем магнитная индукция, тем больше напряженность возникающего электрического поля, и наоборот. Для образования интенсивных электромагнитных волн необходимы электромагнитные колебания достаточно высокой частоты. Их можно получить с помощью колебательного контура.

Г. Герц для получения электромагнитных волн использовал устройство, которое сейчас называют вибратором Герца. (Представляет собой открытый колебательный контур.)

Для возбуждения колебаний в таком контуре провод разрезали по середине, оставляя небольшой воздушный промежуток. Обе части провода заряжали до высокой разности потенциалов, когда разность потенциалов превышала некоторое предельное значение, проскакивала искра, цепь замыкалась, и в открытом контуре возникали колебания. Они затухали, так как у контура есть активное сопротивление вибратор излучал электромагнитную волну и терял энергию.

Электромагнитные волны регистрировались с помощью приемного вибратора (резонатор), представляющего собой такое же устройство, как и излучающий вибратор. Под действием переменного электрического поля электромагнитные волны в приемнике возбуждали колебание тока. Если собственная частота приемника совпадала с частотой электромагнитной волны, наблюдался резонанс. Колебания в резонаторе происходили с большой амплитудой при расположении его параллельно излучающему вибратору.

Герц обнаружил эти колебания, наблюдая искорки в очень маленьком промежутке между проводниками приемного вибратора. Герц не только получил электромагнитные волны, но и обнаружил, что они ведут себя подобно другим видам волн.

Демонстрация свойств электромагнитных волн при помощи СВЧ генератора. Электромагнитные волны излучаются рупорной антенной в направлении оси рупора. Приемная антенна в виде такого же рупора улавливает волны, которые распространяются вдоль оси.

Можно продемонстрировать:

1. Поглощение электромагнитных волн.
2. Отражение.
3. Преломление.
4. Поперечность.

Электромагнитные волны обладают рядом важных свойств.

1. Излучаются ускоренно движущимися зарядами, причем  $E \perp a$ .
2. Электромагнитные волны могут распространяться не только в различных средах, но и в вакууме.

3. Скорость в вакууме  $V_{\text{ак}} = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} \approx 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$  совпадает со скоростью света.

4. Скорость электромагнитных волн в веществе ниже, чем скорость в вакууме.
5. При переходе электромагнитной волны из одной среды в другую, частота волны не изменяется.

6. Электромагнитные волны могут поглощаться веществом.

7. Преломляются и отражаются. (Демонстрация.)

8. Электромагнитная волна поперечна. (Демонстрация.)

9. Плотность электрического поля в электромагнитной волне равна плотности магнитного поля.

10. Плотность энергии электромагнитного поля в распространяющейся в вакууме волне пропорциональна квадрату электрической напряженности:

$$W = W_{\text{эл}} + W_{\text{маг}} = \epsilon_0 E^2.$$

11. Интенсивность электромагнитной волны пропорциональна среднему квадрату напряженности электрического поля в волне.  $I = C \epsilon_0 \bar{E}^2$ .

12. Интенсивность пропорциональна четвертой степени ее частоты.  $I \sim \nu^4$ .

#### IV. Закрепление изученного

1. Что является источником электромагнитных волн?

2. Что является измерителем электромагнитных волн?
3. Как устроен вибратор Герца, каков принцип его работы?
4. Какова скорость распространения электромагнитных волн в воздухе?
5. Перечислите основные свойства электромагнитных волн.

**Домашнее задание**

П. 98 и 99. Задачи 449–451.

**Урок 131. Принцип радиосвязи**

*Цель:* показать практическое применение электромагнитных волн.

**Ход урока****I. Повторение. Беседа**

1. Опишите устройство и принцип действия вибратора Герца.
2. С помощью чего Герц регистрировал электромагнитные волны?
3. Чему равна скорость распространения электромагнитных волн в вакууме? Зависит ли она от системы отсчета?
4. Чем отличаются электромагнитные волны от других?
5. Под каким углом друг к другу направлены в электромагнитной волне векторы  $E$  и  $B$ ?
6. Что такое интенсивность волны?
7. Какая из характеристик волны не меняется при ее переходе из одной среды в другую?

**II. Изучение нового материала**

Дж. Максвелл теоретически показал возможность существования электромагнитных волн.

Г. Герц в 1888 г. экспериментально доказал существование электромагнитных волн.

7 мая 1899 г. А. С. Попов демонстрировал прибор на заседании Русского физико-химического общества. Дальность – 250 м (в 1899 г. – 20 км, 1901 г. – 150 км).

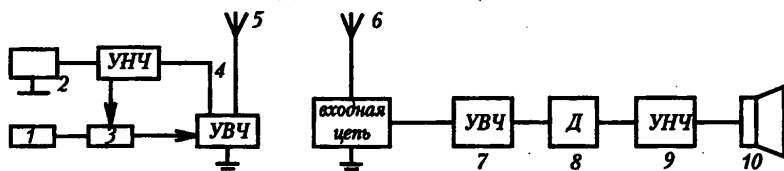


Рис. 23. Структурная схема радиопередатчика и радиоприемника

Принцип действия радиотелефонной связи (см. на рис. 23):

1. Задающий генератор (генератор высокой частоты) вырабатывает гармонические колебания высокой частоты ВЧ (несущая частота более 100 тыс. Гц).
2. Микрофон преобразовывает механические звуковые колебания в электрические той же частоты.
3. Модулятор изменяет (модулирует) их частоту или амплитуду в высокочастотные колебания с помощью электрических колебаний низкой частоты НЧ.
4. Усилитель высокой и низкой частоты УВЧ и УНЧ усиливает их мощности в высокочастотные и низкочастотные электрические колебания.
5. Передающая антенна излучает модулированные электромагнитные волны.

6. Приемная антенна принимает электромагнитные волны. Электромагнитная волна, достигшая приемной антенны, индуцирует в ней переменный ток той же частоты, на которой работает передатчик.

7. УВЧ.

8. Детектор выделяет из модулированных высокочастотных колебаний низкочастотные колебания.

9. УНЧ.

10. Динамик преобразует электромагнитные колебания в механические звуковые колебания.

Детекторный радиоприемник (см. рис. 24) состоит из колебательного контура, антенны, детектора (диода), конденсатора постоянной емкости, телефона.

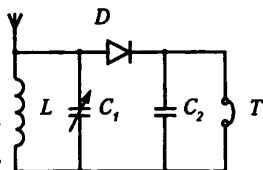


Рис. 24. Радиоприемник

В контуре принятая волна возбуждает модулированные колебания. Конденсатор переменной емкости настраивает контур на резонанс с принятой радиоволной. Модулированные колебания ВЧ поступают на детекторный каскад. После прохождения детектора составляющая тока ВЧ идет через конденсатор постоянной емкости, а составляющая тока НЧ идет на обмотки катушек телефона, вызывающие колебания мембраны с той же звуковой частотой.

### III. Повторение. Беседа

1. Что называют радиосвязью?
2. Начертите блок-схему радиопередатчика и объясните назначение каждого блока.
3. Начертите блок-схему радиоприемника и объясните назначение каждого блока.
4. Что называют модуляцией? Какие виды модуляции вы знаете?
5. Что называют детектированием?
6. Начертите схему детектора приемника, опишите его устройство и принцип работы.

### Лабораторная работа

#### «Сборка простейшего радиоприемника»

**Оборудование:** набор блоков для сборки транзисторного радиоприемника.

**Задание:** соберите радиоприемник из блоков колебательного контура, детектора, усилителя низкой частоты и телефона. По известным значениям индуктивности катушки и электроемкости конденсатора колебательного контура определите частоту, на которой работает передающая радиостанция.

#### Ход работы

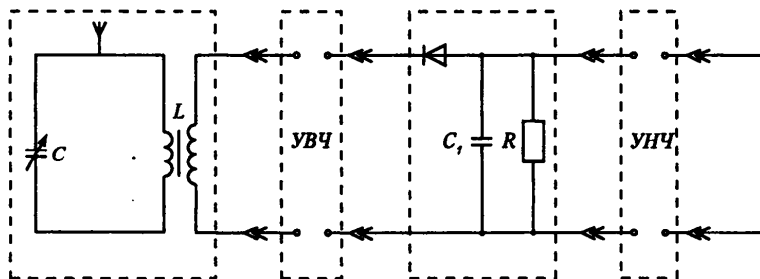


Рис. 25

1. Собрать действующую модель по схеме (см. рис. 25).



Подключите к колебательному контуру антенну. К усилителю низкой частоты подключите источник питания.

2. Вращением ручки измените емкость переменного конденсатора до настройки в резонанс с частотой передающей радиостанции. Определите электроемкость конденсатора  $C$ , по найденному значению электроемкости и известному значению индуктивности катушки определите частоту, на которой работает передающая радиостанция.

3. Подключая УВЧ, исследуйте его влияние на качество работы приемника.

**Домашнее задание**

П. 100. Задача 452.

## Урок 132. Обобщающий урок по теме «Электромагнитные волны»

**Цель урока:** повторить теоретические вопросы темы «Радиоволны» и на примере школы продемонстрировать возможности средств связи.

**Оборудование:** технические средства: магнитофон, рация (переносная радиостанция), переговорное устройство, телевизор, видеофильм «Средства связи», радиомикрофон, спутниковая антенна (на крыше школы).

### Ход урока

**Учитель.** Здравствуйте, сегодня мы подведем итоги темы «Радиоволны». Еще раз повторим свойства радиоволн и их применение в средствах связи на примере нашей школы, углубим прикладные знания. Вначале в течение 10 мин проведем физический диктант на 2 варианта: вопросы 1-го варианта читает женский голос, 2-го – мужской. По окончании диктанта два ученика проверяют его, ставя «+» и «-» в зависимости от правильности ответа.

#### Физический диктант

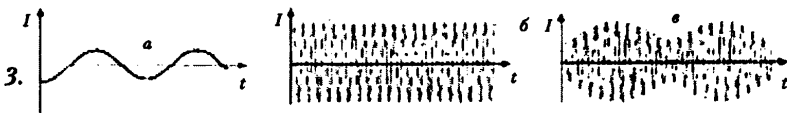
(См. раздел «Самостоятельные и контрольные работы»)

**Ответы:**

#### Вариант 1

1. Электромагнитная волна – распространяющееся в пространстве переменное электромагнитное поле,  $c = 3 \cdot 10^8$  м/с.

2. а) закрытый колебательный контур, который почти не излучает электромагнитную волну; б) открытый колебательный контур (одна пластина конденсатора представлена антенной, другая – землей); Г.Герц, для излучения электромагнитных волн.



4. а) [Чем меньше длина волны, тем более мелкий объект можно обнаружить, т.к. тем большая доля падающей энергии будет от него отражаться. – Ред.]; б) УК волны распространяются в пределах прямой видимости.

$$5. \lambda = \frac{2\pi c L I_m}{U}; \quad \lambda = 1884,4 \text{ м.}$$

#### Вариант 2

1. Периодические изменения силы тока, напряжения, напряженности электрического поля и индукции магнитного поля. Например, изменение заряда на конденсаторе, переменный ток, колебания  $E$  и  $B$  в электромагнитной волне.

2. I – антенна, для приема волн; II (когерер, для замыкания цепи реле звонка, т.е. для подачи звукового сигнала о приходе электромагнитной волны); III – заземление, для увеличения дальности приема; IV – катушка индуктивности контура, для обеспечения избирательности приема).



4. а) поглощением; б) интерференцией.

5.  $C = \frac{1}{4\pi^2 \nu^2 L}$ ;  $C = 2\pi\Phi$ .

### Сообщения учащихся о средствах связи, имеющихся в школе

- ◆ **Кабельное телевидение** (видеомагнитофон, спутниковое ТВ, видеокамера)

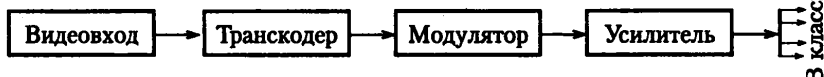


Рис. 26

Система кабельного телевидения (см. рис. 26) предназначена для показа учебных видеофильмов в классах. Источником сигнала может быть видеомагнитофон, видеокамера или приемник системы спутникового телевидения. Если входной видеосигнал представляет собой изображение в системе PAL, он подается на транскодер и там преобразуется в систему SECAM, для того чтобы обеспечить цветное изображение. Далее сигнал подается на модулятор, который преобразует НЧ видеосигнал в ВЧ сигнал частотой 77,25 МГц (это соответствует 3-метровому каналу). Сигнал усиливается и по коаксиальному кабелю подается на приемники, расположенные в классах. (Демонстрируется фрагмент из видеофильма «Средства связи».)

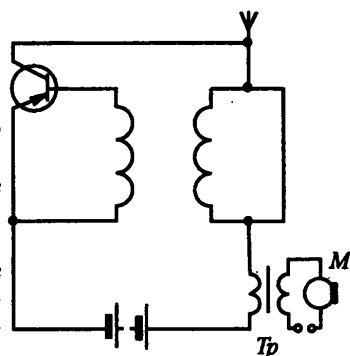


Рис. 27

- ◆ **Спутниковое телевидение.** Это вид связи, когда радиоволны передаются через спутник. Параболическая антенна диаметром 2,5–3 м позволяет осуществлять наиболее качественный прием сигналов от спутника, находящегося на геостационарной орбите. А сигнал на спутник поступает с нескольких телецентров Европы и Азии. К параболической антенне подключен конвертор, преобразующий высокочастотные (11 ГГц) спутниковые сигналы в ток частотой 1000 МГц. Непосредственно после конвертора следует тюнер. Тюнер настраивается на частоту той или иной станции и имеет два выхода: низкочастотный и высокочастотный. Через низкочастотный выход тюнер подключается непосредственно к телеприемнику. Высокочастотный сигнал как более мощный идет на транскодер, преобразующий системы кодирования PAL @ SECAM. К транскодеру подключается модулятор, преобразующий ВЧ сигнал в сигнал телевизионной частоты. К модулятору можно подключить

как один, так и несколько телевизоров, независимо от системы их кодирования (PAL, SECAM). (Демонстрируется фрагмент передачи из Германии, полученный с помощью спутникового телевидения.)

- ◆ **Переносная радиостанция.** При проведении спортивных соревнований, ремонте крыши, мероприятиях по ремонту и профилактике устройств кабельного телевидения используется переносная радиостанция. (Ребята демонстрируют ее работу: один ученик в классе, другой из библиотеки – рассказывают об имеющейся литературе о средствах связи.)

Радиомикрофон представляет собой комплекс, в который входят приемное устройство и собственно радиомикрофон, в качестве которого используется маломощный передатчик. Микрофон преобразует механические колебания звуковой частоты в низкочастотный электрический сигнал, затем этот сигнал усиливается в микрофоне же и поступает на модулятор; в модуляторе ВЧ сигнал модулируется по амплитуде НЧ сигналом и поступает на антенну. Антенна излучает высокочастотные модулированные колебания. Радиомикрофон нашей школы имеет два передатчика, работающих с небольшим разбросом частот, каждый мощностью 50 мВт и дальностью передачи 100 м. В качестве источника питания радиомикрофона можно использовать элемент типа «Крона» с напряжением 9 В, рабочей полосой частот от 168 до 216 МГц. Такие микрофоны можно использовать при проведении концертов, шоу-программ, в том числе и в нашей школе, например, в программе «Как стать звездой». (Демонстрируется действие микрофона: ученица читает стихи.)

Целый мир охватив от земли до небес,  
Всполошив не одно поколение,  
По планете шагает научный прогресс.  
Что стоит за подобным явлением?  
Все запутано в наш оглушающий век,  
Разбираться в истории будем!  
Что важнее всего на Земле – Человек!  
Нам открыты пути, нам шагать далеко...  
Мы в ответе за все перед вечностью,  
Все зависит от рук человечества.

Учитель выставляет оценки за диктант, оценивает сделанные сообщения, разбирает ошибки, благодарит всех за работу.

# РАЗДЕЛ II

## Поурочные разработки по физике к учебнику Г. Я. Мякишева, Б.Б. Буховцева, Н.Н. Сотского

### ВВЕДЕНИЕ

#### ФИЗИКА В ПОЗНАНИИ ВЕЩЕСТВА, ПОЛЯ, ПРОСТРАНСТВА И ВРЕМЕНИ

##### Урок 1. Что изучает физика. Органы чувств как источник информации об окружающем мире

*Цели урока:* объяснить необходимость изучения физики; роль органов чувств человека.

##### Ход урока

###### I. Вступительная беседа

Во вступительной части учитель рассказывает, что будут изучать учащиеся в этом учебном году, какие задания их ждут.

Также необходимо напомнить технику безопасности на уроках физики и во время проведения лабораторных работ.

###### II. Новый материал

###### *План*

1. Возникновение физики

2. Органы чувств человека как источник информации

По словам французского писателя Жозефа Эрнеста Ренана (1823–1892), «каждый школьник знаком теперь с истинами, за которые Архимед отдал бы жизнь». За последние 400 лет человеческая цивилизация прошла путь познания, неизмеримо больший, чем за всю свою предшествующую историю. За эти годы люди освоили географию и недра Земли, покорили океан. Человек создал устройства, позволившие ему летать и передвигаться по земле с огромной скоростью, общаться с жителями других континентов, не выходя из собственного жилища, и видеть происходящее в иных краях. Он освоил источники энергии, решил проблему обеспечения пищей, научился предотвращать эпидемии самых страшных болезней.

Эти достижения – плоды научного подхода к познанию природы. Научный дух зародился в Древней Греции. На смену мифам пришли натурфилософские представления о материи, пространстве и времени. Стало возможным от наблюдений перейти к размышлениям об устройстве мира, причинах и первоосновах

происходящего на Земле. Именно «древнегреческому чуду» люди обязаны зарождением физики – науки, преобразовавшей жизнь человека за сотые доли исторического пути цивилизации.

Важнейшие физические открытия не только продвигали вперед науку: перестраивая мировоззрение людей, они не раз меняли судьбы мира.

Система Коперника и теория относительности сформировали облик современного человечества в не меньшей мере, чем войны и революции.

Благодаря итальянцу Галилео Галилею (1564-1642 гг.) в естествознание вошло число, от наблюдений ученые перешли к измерениям и расчетам. Это позволило «спрессовать» и упорядочить огромный массив фактов, переведя их на язык формул.

Физика, как и любая другая наука, основывается на количественных наблюдениях.

Галилею также было ясно, что все тела, находящиеся на вращающейся Земле, участвуют в ее движении, подобно тому, как пуля, привязанная или не привязанная к ядру, участвует в одном с ним движении. Камень, падающий с вершины мачты, будет участвовать в движении корабля после отрыва от нее в такой же степени, в какой участвовал в нем, находясь на ее вершине. Значит, камень, брошенный с вершины башни, которая стоит на земле неподвижно, упадет к подножию независимо от того, движется планета или покоится. В конечном счете, эксперименты, как реальные, так и воображаемые, позволили Галилею отвести выдвигавшиеся ранее физические возражения против движения Земли.

Органы чувств человека как источник информации

Органы чувств человека сформировались в процессе длительной биологической эволюции. Являясь источником информации об окружающем мире, они обеспечивают необходимый уровень адаптации человека к возможным изменениям внешней среды. Вместе с тем органы чувств ограничивают возможности познания человеком природных явлений из-за сравнительно узкого диапазона воспринимаемых ими информационный сигналов.

Большую часть (до 80 %) информации об окружающем мире мы получаем через глаза.

Наши глаза специально предназначены для того, чтобы снабжать нас информацией о глубине, расстоянии, величине, движении и цвете. К тому же они способны двигаться вверх, вниз и в обе стороны, давая нам максимально широкий обзор.

Однако человеческий глаз не может воспринимать сверхвысокую интенсивность излучения и различать последовательные короткие сигналы. Крайне невелика и разрешающая способность глаза: минимальный размер объекта, различаемого глазом, оказывается порядка микрометра.

Невелики пороговые возможности восприятия малой и большой интенсивности звука органами слуха.

Мы слышим, потому что наши уши реагируют на звуковые волны или на малейшие изменения давления воздуха. Они преобразуют эти волны в электронные импульсы и передают их в мозг, где те трансформируются в звуки.

Громкость – уровень энергии в звуке – измеряется в децибелах. Шепот приравнивается приблизительно к 15 дБ, шелест голосов в студенческой аудитории достигает примерно 50 дБ, а уличный шум при интенсивном дорожном движении – около 90 дБ. Шумы выше 100 дБ могут быть невыносимыми для уха человека. Шумы порядка 140 дБ (например, звук взлетающего реактивного самолета) могут оказаться болезненными для уха и повредить барабанную перепонку.

140 дБ	Порог болевой чувствительности
130 дБ	Реактивный самолет на взлете
120 дБ	Реактивный двигатель на холостом ходу
110 дБ	Концерт рок-группы
100 дБ	Пневматическая дрель
90 дБ	Шум дорожного движения
80 дБ	Движущийся поезд
70 дБ	Пылесос
50/60 дБ	Шум толпы
40 дБ	Разговор
20 дБ	Фон в библиотеке
10 дБ	Фон в сельской местности
0 дБ	Порог слышимости

Рецепторы вкуса чувствительны только к ограниченному набору химических соединений и веществ, потребляемых организмом.

Органы обоняния реагируют лишь на некоторые газы, пары и их смеси в узком диапазоне концентрации.

Органы осязания не позволяют отличать друг от друга достаточно мелкие шероховатости и различать слабые раздражители. Находящиеся в коже нервные окончания, называемые рецепторами, позволяют почувствовать легкое прикосновение, давление, изменение температуры и боль. Их особенно много на кончиках пальцев. Диапазон воспринимаемой температуры, а также концентрации вредных жидкостей на коже невелик и обеспечивает лишь режим биологического выживания организма.

Несмотря на ограниченный диапазон восприятия органов чувств, человек сумел определить структуру вещества и понять природу многочисленных эффектов вне этого диапазона.

### III. Закрепление изученного

1. Почему Галилео Галилея считают первым физиком?
2. Что является предметом изучения физики?
3. Какова приблизительная громкость шепота в дБ?
4. Назовите органы чувств человека.
5. Через какой орган чувств человек получает наибольший объем информации по сравнению с другими?

### Домашнее задание

Стр 3-4

## Урок 2. Эксперимент. Закон. Теория. Физические модели

*Цель:* ввести понятия «эксперимент», «закон», «теория», «физические модели»; эксперимент как критерий правильности физической теории

### Ход урока

#### I. Проверка домашнего задания

1. Почему диапазон восприятия органов чувств человека достаточен для адаптации к жизни в зимних условиях?
2. Чем ограничен диапазон восприятия органов осязания?
3. Чем ограничен диапазон восприятия органов вкуса?
4. Чем ограничен диапазон восприятия органов обоняния?

5. Чем ограничен диапазон восприятия органов слуха?
6. Что компенсирует недостаток восприятия органов чувств человека при формировании представлений о структуре окружающего мира?
7. Что является предметом изучения физики?

## II. Изучение нового материала

Физику называют экспериментальной наукой. Дело в том, что опыт имеет в этой науке очень важное значение. Многие законы физики открыты благодаря наблюдениям за явлениями природы или специально поставленным опытам.

С чего начинается работа физика?

Проводя опыт (эксперимент), физик как бы вопрошает природу. А для того, чтобы ее ответ был ясным и четким, требуется особое искусство: вопрос природе нужно задавать так, чтобы исключить различные толкования ответа, т. е. он должен быть однозначным и доказательным. Этот ответ природа дает в виде показаний приборов. В прошлом приборы были простыми. Считалось, что тот, кто не способен собрать нужный ему прибор из подручных материалов, имеющихся в любой лаборатории, – стеклянных трубок, обрезков резиновых шлангов, палочек, сургуча и т. п. – недостоин звания физика.

Со временем вопросы, которые физики задавали природе, стали более изощренными, касались все более тонких и сложных явлений, и приборы соответственно стали сложнее.

Если есть возможность, эксперимент повторяют: воспроизводимость результатов – веский аргумент в пользу правильности полученных данных, позволяющий исключить случайную ошибку. В итоге у физиков скапливается целый ворох чисел, кривых, видеоматериалов и т. п., характеризующих исследуемое явление.

Экспериментаторы с поистине пчелиным трудолюбием начинают разбирать сырой материал своим объемом массиве полученных данных. В таком «сыром виде» информация труднообозрима, и работать с ней неудобно. Ее необходимо сжать, придав вид той или иной зависимости или записав в виде уравнения.

Вывод уравнения всегда большая удача исследователя, но это не финал, а лишь новый шаг на долгом пути от первичных экспериментальных данных к ответу на вопрос, поставленный природе. Первый вариант уравнения напоминает только что вылупившегося птенца: оно не радует взгляд ценителя математической красоты. Тем не менее, оно уже содержит в сжатом виде драгоценную информацию, прежде затерянную, как иголка в стоге сена, во множестве экспериментальных данных. Вряд ли найдется хотя бы один физик, который стал бы отрицать изящество уравнений Максвелла. Но в первоначальном виде они были далеко не так красивы. Лишь Генрих Герц и его последователи довели уравнения Максвелла до совершенства.

Далее уравнения нужно решать. Исследователи обращаются за помощью к математике, накопившей в своем арсенале немало мощных методов решения различных типов уравнений. Существует целый раздел математики – математическая физика, – который занимается только разработкой и усовершенствованием методов решения задач (в частности, уравнений), возникающих в физике.

Наконец наступает счастливый финал: выведенное уравнение удалось решить. Раньше под решением уравнения понимали получение аналитического решения, т. е. формулы. Теперь в связи с широким распространением компьютеров под решением уравнения понимают численный результат, представляемый в виде таблицы или графика на дисплее компьютера. На этом этапе физика не может

заменить даже самый искусный математик: полученное решение необходимо истолковать, интерпретировать, выяснить его физический смысл. Иными словами, происходит важнейший процесс перехода от формальной (функциональной) зависимости к содержательному описанию изучаемого явления.

Однако уравнение и его решение – еще не окончательный итог поисков. В уравнении речь идет о функциональной зависимости, отвечающей на вопрос «как?», а не о причинной зависимости, отвечающей на вопрос «почему?» («с помощью какого механизма?»). Пример функциональной зависимости – выведенный Ньютоном закон всемирного тяготения. Отвечая на вопрос о том, как тела притягивают друг друга, этот закон умалчивает о природе гравитации. Когда Ричард Бентли спросил Ньютона в письме, что же такое тяготение, тот ответил, что у него есть кое-какие догадки на этот счет, но достоверно ответ ему неизвестен. Природа тяготения неясна и поныне.

Достигнув определенного уровня понимания исследуемого явления, физик делает следующий шаг – пытается построить его модель. Модели бывают разные. Если необходимо воспроизвести какие-нибудь физические, химические, биологические или геометрические свойства исследуемого предмета, явления, то модель называется предметной. К их числу относятся, например, аналоговые модели, при построении которых используют одинаковость математических зависимостей, или уравнений, описывающих исследуемое явление его аналог. На раннем этапе развития вычислительных машин аналоговые модели широко применялись при расчете различных физических процессов.

Наибольшее значение в физике приобрели так называемые математические модели. Как правило, это дифференциальные уравнения, описывающие исследуемое явление. Математическая (как и всякая другая) модель – не точный портрет, воспроизводящий исследуемое явление в мельчайших подробностях, а скорее его карикатура, на которой одни свойства преувеличены для лучшей узнаваемости, а другие – стерты. Тем не менее, хорошая модель, по выражению одного из основателей кибернетики – Эшби, может быть «умнее своего создателя», т. е. описывать не только те свойства, которые имел в виду ее автор, но и другие, иногда совершенно неожиданно для него. Производя над математической моделью численный или компьютерный эксперимент, физики познают исследуемое явление. В конце XX в. компьютерное моделирование получило широкое распространение, но когда-то оно было сенсацией.

Следующий шаг – создание теории явления, которая не только подводит итог всему уже сделанному, но и рисует перспективы для дальнейшего исследования. Основой, или фундаментом теории служат опытные данные. Ярусом выше располагаются гипотезы, допущения и аксиомы, общие законы – «строительный материал» моделей, образующих следующий уровень. Правила логического вывода служат своего рода лестницами, соединяющими различные ярусы.

В верхнем ярусе располагаются утверждения, выводимые из всего, что лежит ниже.

Результаты физической теории передаются в какой-то момент инженерам, которые воплощают их в новые технические приборы, инструменты, позволяющие задавать новые вопросы природе. Цикл повторяется сначала, но не по замкнутому кругу, а по разворачивающейся – с каждым разом все шире – спирали. Процесс познания бесконечен.

### III. Закрепление изученного

1. С чего начинается работа физика?
2. Что такое эксперимент?



3. Почему эксперимент является критерием правильности физической теории?
4. Что такое модель в физике?
5. Приведите пример физической модели.
6. В чем заключается взаимосвязь теории и физической модели?

### Домашнее задание

Стр. 3-4, вопросы в конце параграфов. Сделать основные записи в тетради.

### Дополнительная информация

#### *Искусство эксперимента*

Эксперимент наряду с теорией – один из двух столпов физической науки. Это не просто созерцание происходящих вокруг явлений, а наблюдение за процессом, протекающим в определенных, заданных экспериментатором условиях; по определению Френсиса Бэкона, это «вопрос природе». Эксперимент, как говорил российский физик теоретик академик Аркадий Бейнусович Мигдан, «испытывает предсказания теории на прочность. Когда теория, наконец, не выдержит, строится новая, с учетом старых фактов и тех, что появились при проверке».

Существуют как великие теории, так и великие эксперименты. Они не только остаются в лабораторных отчетах и научных журналах, но и изменяют, прямо или косвенно, нашу повседневную жизнь. За них получают премии. О них рассказывают истории и складывают легенды.

Пожалуй, первый великий эксперимент был проведен Архимедом из Сиракуз. История с короной царя Герона не только сделала его «отцом криминалистики», но и показала, как исследователь в ходе поисков ответа на один вопрос может найти решение совсем иной проблемы. Однако важнее другое: Архимед был, наверное, первым ученым, опиравшимся на теорию, и на эксперимент. Его закон плавания тел – результат наблюдений и эксперимента, закон рычага – итог размышлений и догадок. Из механики Архимеда в большей мере, чем из умозрительных рассуждений Аристотеля, выросла физическая наука.

Каждое открытие появляется на свет по-своему: в результате поиска или по прихоти случая. Предсказанные открытия можно буквально пересчитать по пальцам, зато в этом ряду есть такое яркое событие, как создание лазера: в 1953 г. научились использовать эффект, предсказанный Альбертом Эйнштейном еще в 1916 г. Также в результате целенаправленного поиска немец Йоханнес Георг Бедхорц и швейцарец Карл Александер Мюллер обнаружили высокотемпературную сверхпроводимость.

Гораздо больше в физике открытий случайных, возникающих как будто «на пустом месте». Но великий французский биолог Луи Пастер однажды сказал, что случай помогает только подготовленному уму. Яркий тому пример – открытие другого француза, Антуана Анри Беккереля. Исследуя люминесценцию различных веществ, ученый предполагал, что она не только вызывается рентгеновскими лучами, но и может порождать их. Проведенные на основе ошибочной идеи эксперименты, тем не менее, закончились в 1896 г. открытием радиоактивности.

Иногда новое не замечают, проходят мимо него. Ведь ученый может просто не увидеть того, что не укладывается в привычную ему картину мира. Немецкий физик Кунце в 1933 г. наблюдал в камере Вильсона частицу в 200 раз тяжелее электрона. Это был мю-мезон. Однако, поскольку такие частицы не были известны, он счел свое наблюдение ошибкой опыта. Повторно мезон открыли в 1938 г. американцы Карл Дэвид Андерсон и С. Неддермейер.

Обстоятельство может не только помочь в открытии нового, но и помешать. Английский физик Даниэль Колладон в 1825 г., за шесть лет до открытия явления электромагнитной индукции Майклом Фарадеем, проводил очень похожие эксперимен-

ты. Так же, как и Фарадей, он подключал к чувствительному гальванометру катушку, в которую вдвигал магнит, – в этот момент по катушке протекал электрический ток. Но предосторожностей иногда бывает слишком много: чтобы уменьшить влияние магнита на гальванометр, Колладон располагал приборы в разных комнатах. Пока он не спеша доходил от магнита к измерительному прибору, стрелка успокаивалась. Не ожидая столько кратковременного эффекта, ученый не смог сделать открытия, которое удалось Фарадею, – тому помогал ассистент.

Некоторые исследователи находились на пороге открытия, но им не хватало маленького шага. Первый высокотемпературный сверхпроводник был получен за несколько лет до открытия Беднорца и Мюллера. В 1979 г. российский ученый И. С. Шалыгин с соавторами из Института общей и неорганической химии АН СССР исследовал проводимость соединений лантана, меди, кальция, стронция и бария, в том числе и таких, которые соответствовали сверхпроводящему веществу. Однако проводимость в области низких температур просто не догадались измерить.

Экспериментатор ищет ответы там, где другие не видят вопроса.

Открытие Исааком Ньютоном составного характера белого света произошло потому, что исследователь поставил вопросы, до которых ранее никто не додумался. Эксперимент действительно искусство задать вопрос природе, сделав это остроумно и изящно.

Однако мало получить ответ, его необходимо еще и понять. Ведь результат может оказаться парадоксальным, не укладывающимся в сложившуюся систему научных представлений, и тогда исследователю нужны смелость, чтобы признать его, и твердая уверенность в правильности результата. Такие эксперименты изменяют наши понятия о мире и облике цивилизации.

### Урок 3. Траектория. Закон движения. Перемещение. Путь

*Цель урока:* объяснить необходимость изучения механики; ввести понятия «траектория», «перемещения», «путь».

#### Ход урока

#### I. Изучение нового материала

Давайте вспомним основные разделы физики:

1. Механика.
2. Термодинамика.
3. Электродинамика.

Мы начнем изучение с механики, ибо относящиеся сюда явления более просты, а также потому, что знание законов механики окажет нам существенную помощь при изучении других разделов.

Механическим движением тела называется изменение с течением времени его положения по отношению к другим телам.

Приведите примеры механического движения. Например, движение людей, воды в реках и морях, движение воздуха, Земли и т. д.

– Двигайтесь ли Вы, находясь в классе? (*Вы находитесь в классе в покое относительно Земли, но движетесь вместе с ним вокруг Солнца. Например, автомобиль движется относительно деревьев, зданий, но пассажиры, находящиеся в нем, находятся в покое относительно автомобиля.*)

Нет абсолютно неподвижных тел. Изучая движение планет вокруг Солнца, достаточно знать движение ее центров.

Говорят, тело принимаем за материальную точку. Материальной точкой называют тело, размерами которого в рассматриваемом случае можно пренебречь.

Если траектория прямая, движение называют прямолинейным, если кривая – криволинейным.

Траектория движения указывает все положения, которые занимала точка, но, зная траекторию, ничего нельзя сказать о том, быстро или медленно проходила точка отдельные участки траектории. Чтобы получить полное описание движения, нужно знать, в какой момент точка занимала то или иное положение на траектории. Описать движение можно:

- с помощью таблиц;
- графически;
- аналитически.

Пройденное точкой расстояние, отсчитанное вдоль траектории, называется путем. Положение материальной точки в пространстве в произвольный момент времени можно определить, если ввести систему отсчета.

Система отсчета – совокупность тела отсчета, связанной с ним системы координат и часов.

– Какие системы координат вы знаете, приведите примеры. (*Одномерные, двухмерные, трехмерные.*)

Механику можно разделить на:

1. Кинематику.
2. Динамику.
3. Законы сохранения.
4. Колебания и волны.

Раздел механики, в котором движения изучаются без исследования причин называют кинематикой.

Для описания движения тела нужно указать, как меняется положение точек с течением времени. При движении тела каждая его точка описывает некоторую линию – траекторию движения.

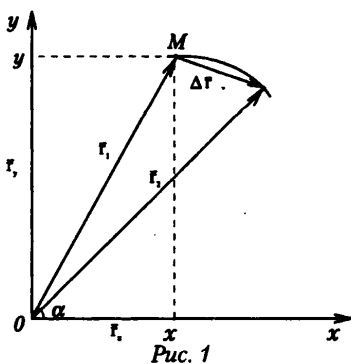
Рукопись – это траектория кончика пера. В ожидании солнечного затмения астрономы заранее вычисляют траекторию движения лунной тени по поверхности Земли.

Движение относительно траектории зависит от высоты системы отсчета. Например, в безветренную погоду струи дождя представляются вертикальными, если за ними следить из окна стоящего вагона: капли оставляют на оконных стеклах вертикальные следы, если поезд тронулся, то по отношению к идущему вагону струи дождя представляются косыми: капли будут оставлять на стеклах наклонные следы, наклон будет тем больше, чем больше скорость поезда.

Для описания движения тела нужно знать, как движутся различные точки тела. Иногда можно ограничиться описанием движения одной точки.

Системы координат: одномерные (движение автомобиля по прямой); двухмерные (шахматная фигура); трехмерные (полет мухи).

Существует материальная точка  $M$  с координатами  $(x, y)$  в момент времени  $t$  (рис. 1).



Совокупность координат  $x(t)$  и  $y(t)$  в момент времени  $t$  определяет закон движения материальной точки в координатной форме, тогда положение математической точки можно задать вектором  $\mathbf{r}$ .

Радиус-вектор – вектор, соединяющий начало отсчета с положением точки в произвольный момент времени.

Закон (или уравнение) движения в векторной форме – зависимость радиуса-вектора от времени  $\mathbf{r}(t)$ .

Тогда координаты связаны:  $x = r \cos \alpha$ ;  $r = r_x + r_y$ ;  $y = r \sin \alpha$ ;  $r_x = x$   $r_y = y$ .

Изменение положения движущегося тела в пространстве можно характеризовать либо изменением его координат, либо изменением радиуса-вектора, так как координатные и векторные описания движения эквивалентны.

Перемещение – вектор, проведенный из начального положения материальной точки в конечное.  $\Delta \mathbf{r} = \mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1$

## II. Закрепление изученного

*Упражнение 1.* Какую систему координат следует выбрать (одномерную, двухмерную или трехмерную) для определения положения следующих тел:

1. Трактор в поле.
2. Вертолет.
3. Поезд.
4. Люстра в комнате.
5. Лифт.
6. Подводная лодка.
7. Шахматная фигура.
8. Самолет на взлетной полосе.

### *Упражнение 2*

*Задание 1.* На рисунке показана дорога (повторите рисунок в тетради).

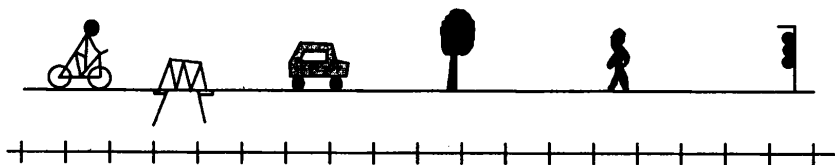


Рис. 2

Проведите в тетради координатную ось параллельно дороге. Примите дерево за тело отсчета.

Выберите масштаб (1 деление – 100 м).

Определите координаты моста, дерева и светофора.

Определите начальные координаты пешехода, велосипедиста и автомобиля.

Покажите вектор перемещения для каждого из этих тел, его проекцию на ось  $X$  и найдите модуль вектора перемещения, а также пройденный путь в следующих случаях:

- 1) автомобиль доехал до светофора;
- 2) пешеход дошел до дерева;
- 3) велосипедист доехал до светофора и вернулся к дереву.

*Задание 2.* Выполните те же упражнения, что и в задании 1, но за тело отсчета выберите мост.

Сравните пути и перемещения каждого из тел (полученные при выполнении заданий 1 и 2).

**III. Закрепление изученного**

1. В чем состоит основная задача механики?
2. Зачем введено понятие материальной точки? Когда тело можно считать материальной точкой?
3. Что такое система отсчета (СО)? Для чего вводится?
4. Какие виды систем координат (СК) вы знаете?
5. Что такое траектория?
6. В чем отличие пути от перемещения?

**Домашнее задание**

П. 3 и п. 4. П. 7

**Дополнительный материал****Кроссворд «Физические величины»**

(см. раздел «Самостоятельные и контрольные работы»)

*Ответы: 1. Физика. 2. Миллиметр. 3. Мензурка. 4. Природа. 5. ... физические. 6. Материя. 7. Аристотель. 8. Жуковский. 9. Обнинск. 10. Температура. 11. Вавилова. 12. Рулетка. 13. Руслан. 14. Дециметр. 15. Курчатов. 16. Длина. 17. Ломоносов. 18. Опыт.*

**Домашнее задание**

П. 1 п. 2 п. 7 п. 8.

**Урок 4. Вектора и линейные операции над векторами***Цель:* познакомить с векторами и операциями над ними.**Ход урока****I. Повторение. Беседа**

1. Что называется перемещением точки?
2. Каков смысл модуля перемещения?
3. Что называется телом отсчета?
4. Какими способами можно задать положение точки?
5. Что называют радиус-вектором?

**II. Изучение нового материала**

Известно, что некоторые физические величины полностью характеризуются числом, которое выражает отношение этой величины к единице измерения. Такие величины называют скалярными.

– Приведите пример таких величин. (*Примерами могут служить масса, температура, плотность, энергия.*)

Для характеристики других физических величин, например скорости, силы, недостаточно знать число, измеряющее их величину, необходимо знать и их направление. Такие величины называют векторными. В физике они играют большую роль.

**Вектор** – направленный отрезок прямой.

У вектора есть начало и конец. Начало вектора называют так же точкой его приложения.

Если точка  $A$  является началом вектора  $a$ , то мы будем говорить, что вектор  $a$  приложен к точке  $A$  (рис. 4).

Число, выражающее длину направленного отрезка, называют модулем вектора, и обозначают той же буквой, что и сам вектор, но без стрелки сверху.

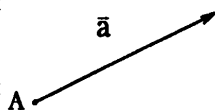


Рис. 4

Если начало вектора совпадает с его концом, такой вектор называют нулевым.

Вектора называют коллинеарными, если они лежат либо на одной прямой, либо на параллельных прямых (рис. 5).

Два вектора называют равными, если они коллинеарные, имеют одинаковую длину и одинаковое направление.

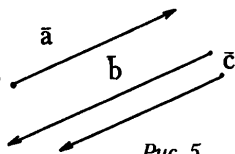


Рис. 5

Из определения равенства векторов вытекает утверждение: каковы бы ни были вектор  $a$  и т.  $P$ , существует единственный вектор с началом в т.  $P$ , равный вектору  $a$ .

В физике принципиальное значение имеют линия, вдоль которой направлен вектор, и точка приложения вектора.

### 1. Сумма векторов.

Пусть даны два вектора  $a$  и  $v$ . Для нахождения их суммы нужно вектор  $v$  перенести параллельно самому себе так, чтобы его начало совпадало с концом вектора  $a$ . Тогда вектор, проведенный из начала вектора  $a$  в конец перенесенного вектора  $v$ , и будет являться суммой  $a$  и  $v$ .  $c = a + v = v + a$  – правило треугольника.

Если два вектора коллинеарны и сонаправлены, то их сумма представляет собой вектор, направленный в ту же сторону и равный по модулю сумме модулей векторов слагаемых.

Если два вектора коллинеарны и направлены в противоположные стороны, то их сумма будет представлять собой вектор, модуль которого равен разности модулей векторов слагаемых, направленный в сторону того вектора-слагаемого, модуль которого больше.

Сумма векторов может быть найдена и по правилу параллелограмма (рис. 6).

В этом случае параллельным переносом нужно совместить начала векторов  $a$  и  $v$  и построить на них параллелограмм. Тогда сумма  $a$  и  $v$  будет представлять собой диагональ этого параллелограмма.

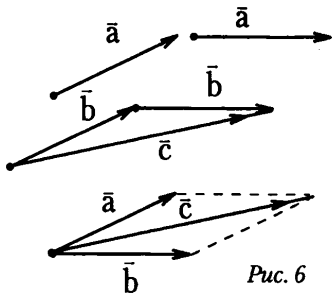


Рис. 6

### 2. Умножение вектора на скаляр.

Произведением вектора  $a$  на число  $k$  называют вектор  $b$ , коллинеарный вектору  $a$ , направленный в сторону, что и вектор  $a$ , если  $k > 0$  и  $b$  направлен в противоположную сторону, если  $k < 0$   $b = ka$ , причем модуль  $b = |k|a$ .

Если два вектора коллинеарны, то они отличаются только скалярным множителем.

Если  $k = -1$ , то  $v = -a$ . Вектор  $-a$  имеет модуль равный модулю вектора  $a$ , но направлен в противоположную сторону.

Два вектора, противоположно направленные и имеющие равные длины, называются противоположными.

$A$  и  $-a$  представляют собой противоположные векторы.

### 3. Разность векторов.

Вычитание векторов есть действие, обратное сложению.

Пусть необходимо из вектора  $v$  вычесть вектор  $a$  и тем самым найти их разность, т.е.  $h = v - a$ . Чтобы найти вектор разности, нужно по правилу параллело-

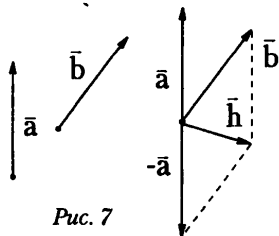


Рис. 7

рамма (или треугольника) сложить вектор  $v$  с вектором, противоположным вектору  $a$ , т.е. с вектором  $-a$  (рис. 7).

Разностью векторов  $v$  и  $a$  называют такой вектор  $h$ , который в сумме с вектором  $a$  дает вектор  $v$ .  $h = v - a$  и  $h + a = v$  по определению одно и то же.

### III. Закрепление изученного

1. Какие величины называют скалярными, а какие – векторными?
2. Чем отличается векторная величина от скалярной?
3. Какие правила сложения векторов вы знаете?
4. Как производится сложение нескольких векторов?
5. Как определить разность двух векторов?
6. Какие вектора называются коллинеарными?
7. Как производится сложение и вычитание коллинеарных векторов?

### IV. Решение задач

1. Начало вектора  $a$  задано координатами точки  $A(2;2)$ , конец  $B(6;5)$ . Построить вектор.

2. Эквивалентно замените силу  $F=0,6$  Н, приложенную в т.  $A$ , двумя силами, действующими на ту же точку вдоль той же прямой, но противоположные стороны. Меньшая из этих сил равна  $1,1$  Н. Каким должен быть модуль второй силы? (Ответ:  $1,7$  Н)

3. В одной точке приложены силы  $F_1=15$  Н,  $F_2=24$  Н,  $F_3=19$  Н,  $F_4=20$  Н.

Определите их равнодействующую для случаев, когда

- а) все данные силы действуют вдоль одной прямой в одну сторону.
- б) все данные силы действуют вдоль одной прямой, первые две в одну сторону, а вторые две – в сторону, противоположную первым.

### Домашнее задание

П. 5.

## Урок 5. Проекция векторов

Цель: научить находить проекцию векторов.

### Ход урока

#### I. Повторение. Беседа

1. Какие величины называются скалярными? Приведите примеры скалярных величин.
2. Какие величины называются векторными? Приведите примеры векторных величин.
3. Каким образом складываются вектора?
4. Как производится вычитание векторов?

#### II. Изучение нового материала

При решении многих задач по механике и разделов по физике приходится путем вычислений находить модули и направление различных векторов. Возникает вопрос, каким образом это можно сделать?

Модуль и направление любого вектора находят по проекции на оси координат. Но чтобы понять, как это делается, необходимо ответить на вопрос: что понимают под проекцией вектора на ось?

Опустим из начала вектора и его конца перпендикуляры на ось  $x$  (рис. 8).

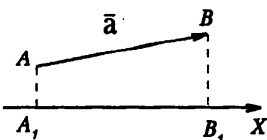


Рис. 8

Проекцией вектора  $a$  на какую-нибудь ось называется длина отрезка  $A_1B_1$ , между проекциями начала и конца вектора на эту ось, взятая со знаком «плюс» или «минус».

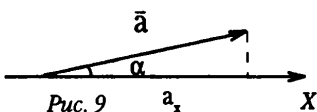


Рис. 9

Пусть дан вектор  $a$ .  $a_x = a \cos \alpha$  называется проекцией вектора  $a$  на направление  $x$ . Угол может меняться от  $0^\circ$  до  $360^\circ$ , проекция может быть положительна или отрицательна. Это зависит от угла  $\alpha$ . Если вектор составляет острый угол с направлением проекции, то проекция вектора на ось положительна. И отрицательна, когда вектор составляет с направлением оси проекции тупой угол. Проекция равна нулю, если угол  $\alpha = 90^\circ$  или  $\alpha = 270^\circ$ .

### III. Закрепление изученного

1. Что называется проекцией вектора на ось?
2. Чему равна проекция точки на ось?
3. Чему равна проекция вектора на ось, если вектор перпендикулярен оси?
4. В каком случае проекции вектора на ось положительна, а в каком – отрицательна?

### IV. Решение задач

1. Показаны силы. Модуль силы равен 10 Н. Найти проекции сил на оси  $Ox$  и  $Oy$ .  $\alpha = 45^\circ$ ,  $\beta = 150^\circ$ .

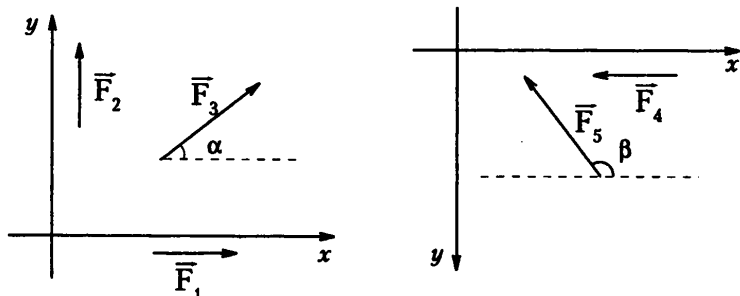


Рис. 10

2. Ящик скользит по наклонной плоскости под углом  $\alpha = 45^\circ$  к горизонту с постоянной скоростью 2 м/с. Определить вертикальную и горизонтальную составляющие скорости ящика.

### Домашняя работа

П. 6.

## Урок 6. Равномерное прямолинейное движение

Цель: сформулировать признаки равномерного движения. Проверка домашнего задания, вопросы для повторения

### Ход урока

#### I. Проверка домашнего задания

1. Сформулируйте определение средней скорости.
2. Как определяется мгновенная скорость при прямолинейном движении?
3. Чему равен модуль?
4. Что такое вектор мгновенной скорости?



5. Куда он направлен? Почему?

6. Какая скорость называется относительной?

## II. Изучение нового материала

При прямолинейном движении тела вектор скорости не изменяется по направлению, модуль может оставаться постоянным или изменяться с течением времени.

Движение называется равномерным прямолинейным, если траектория есть прямая линия и точка за любые равные промежутки времени проходит равные расстояния.

При равномерном прямолинейном движении координаты движущейся точки изменяются одинаково за любые равные промежутки.

### Эксперимент

Длинный желоб с наклоном. Секундомер и линейка. Запускаем шарик. Проверяем, что движение шарика равномерное. Для проверки равномерности движения шарика по желобу под стук метронома ставим метки, для обозначения путей, пройденных шариком за равные промежутки времени. Затем сравниваем расстояния между метками.

Перемещение при равномерном прямолинейном движении тела по оси  $X$  за время  $t$  можно рассчитать:  $\Delta X = V_x t$ , т.е.  $\Delta X = X - X_0$

$X = X_0 + V_x t$  – закон равномерного прямолинейного движения.

Зависимость координаты от времени

График функции  $x(t)$  есть прямая. По графику можно определить скорость:

$$V_x = (x - x_0) / t.$$

Чем больше скорость, тем больше угол наклона  $b$  прямой к оси  $X$ . Большой угол наклона прямой  $X(t)$  означает большую скорость движения (рис. 11).

Точка пересечения с осью  $t$  означает, что движущееся тело достигло отметки  $0$  на оси  $X$ .

График скорости (см. рис. 12):  $V = \text{const}$ .

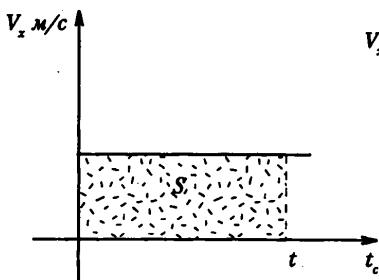


Рис. 11

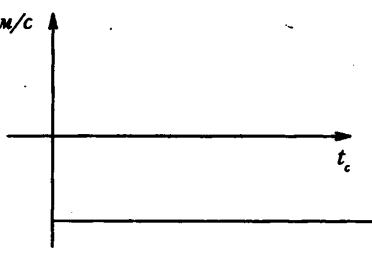


Рис. 12

Если движущееся тело за 1 с проходит расстояние 100 м, то за 3 с пройдет 300 м. Это расстояние численно равно площади прямоугольника под графиком скорости.

По графику скорости можно найти путь и перемещения.

## III. Повторение. Беседа

1. Какое движение называют равномерным прямолинейным?

2. Что называют скоростью равномерного прямолинейного движения?

3. В чем различие между перемещением и пройденным путем при прямолинейном равномерном движении?

4. Как записывается кинематический закон равномерного прямолинейного движения?
  5. Объясните график скорости прямолинейного равномерного движения.
  6. Объясните график зависимости координат от времени.
  7. Объясните график пути равномерного прямолинейного движения.
- Упражнение.* На рис. 13 показаны ось координат тела и скорость.

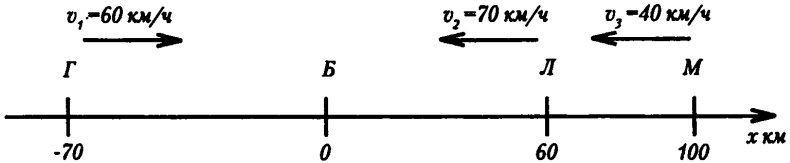


Рис. 13

1. Определите начальные координаты тел.
2. Запишите для каждого тела уравнение координат.
3. Найти, когда и где встретятся.
  - 1) тело «Г» и тело «Л»;
  - 2) тело «Г» и тело «М».

#### IV. Решение задач

1. Движение грузового автомобиля описывается уравнением  $x_1 = -270 + 12t$ , а движение пешехода по обочине того же шоссе – уравнением  $x_2 = -1,5t$ . Сделать пояснительный рисунок (ось  $X$  направить вправо), на котором указать положение автомобиля и пешехода в момент начала наблюдения. С какими скоростями и в каком направлении они двигались? Когда и где они встречались? (*Ответ:* 12 м/с, вправо; 1,5 м/с, влево; 20 с, – 30 м.)

2. По заданным графикам найти начальные координаты тел и проекции скорости их движения. Написать уравнения движения тел  $x = x(t)$ . Из графиков и уравнений найти время и место встречи тел, движения которых описываются графиками II и III (рис. 14). (*Ответ:*  $x_{0I} = 5$  м,  $x_{0II} = 5$  м,  $x_{0III} = -10$  м,  $V_{0I} = 0$ ,  $V_{IIx} = -1$  м/с,  $V_{IIIx} = 0,5$  м/с,  $x_I = 5$  м,  $x_{II} = 5 - t$ ,  $x_{III} = -10 + 0,5t$ , 10 с; – 5 м.)

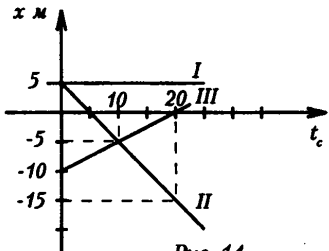


Рис. 14

3. Движения двух велосипедистов заданы уравнениями:  $x_1 = 5t$ ,  $x_2 = 150 - 10t$ . Построить графики зависимости  $x(t)$ . Найти время и место встречи. (*Ответ:* 10 с; 50 м)

4. По прямому шоссе в одном направлении движутся два мотоциклиста. Скорость первого мотоциклиста 10 м/с. Второй догоняет его со скоростью 20 м/с. Расстояние между мотоциклистами в начальный момент времени равно 200 м. Написать уравнения движения мотоциклистов в системе отсчета, связанной с землей, приняв за начало координат место нахождения второго мотоциклиста в начальный момент времени и выбрав за положительное направление оси  $X$  направление движения мотоциклистов. Построить на одном чертеже графики движения обоих мотоциклистов (рекомендуемые масштабы: в 1 см 100 м; в 1 см 5 с). Найти время и место встречи мотоциклистов. (*Ответ:*  $x_1 = 200 + 10t$ ;  $x_2 = 20t$ ; 20 с, 400 м.)

#### Домашнее задание

- П. 9, 10 на с.24, задачи 1.2.

**Урок 7. Лабораторная работа «Изучение равномерного движения»***Цель:* изучить равномерное движение**Ход урока**

В качестве равномерно движущегося тела используем пузырек воздуха в трубке с водой. Сначала следует проверить, как движется пузырек воздуха в трубке (равномерно или неравномерно), а затем определить скорость его движения при разных наклонах трубки.

*Приборы и материалы:* стеклянная трубка длиной 20–25 см и диаметром 7–8 мм, заклеенная с обеих сторон пластилиновыми пробками; миллиметровая линейка длиной 25 см; брусок небольшого размера или обычный ластик; бумажные ленты соответствующей длины; два резиновых колечка; метроном (один на весь класс).

*Задание 1.* Доказать, что воздушный пузырек движется равномерно.

На линейку положить бумажную ленту, а сверху – трубку с водой. (Трубка должна заполняться водой так, чтобы в ней обязательно оставался небольшой пузырек воздуха.) Закрепите эту систему (линейка, бумажная лента, трубка с водой) резиновыми колечками. Слегка постучав по линейке, добейтесь отделения пузырька от пластилина. Затем, расположив линейку горизонтально, начинайте слегка приподнимать один конец. Пузырек при этом должен расположиться в противоположном конце трубки. (Прилипание пузырька к пластилину исключено.) Приподнятый конец линейки положите на небольшой брусочек или ластик, который должен лежать плашмя. Когда система окажется в спокойном состоянии под наклоном, пузырек начнет медленно перемещаться (плыть) вверх.

Включите метроном и с каждым его ударом отмечайте положение воздушно-го пузырька на бумажной ленте.

Снимите бумажную ленту и проведите вдоль нее ось координат (например, ось  $Ox$ ), предварительно выбрав начало отсчета. Определите координату каждой отметки. Данные занесите в таблицу.

$t, c$	0	1	2	3	4	5...
$X_p, cm$	0					
$X_{\text{г}}, cm$	0					

На осях координат  $x/(t)$  постройте график движения пузырька воздуха. Проследите за тем, чтобы экспериментальные точки были возможно ближе к графику. Проверьте, выполняются ли в данном случае определения равномерного движения. Вычислите скорость движения пузырька воздуха.

*Задание 2.* Сравните скорости движения пузырька воздуха при разных наклонах системы.

Проделайте эксперимент, положив брусочек не плашмя, а на боковую грань. Увидите, что пузырек воздуха в этом случае передвигается быстрее. По ударам метронома отмечайте на бумажной ленте положение пузырька воздуха. Данные занесите в таблицу (см. задание 1).

На тех же осях координат постройте график движения. Сравните наклоны графиков в первом и втором опытах. Вычислите скорость движения пузырька воздуха. Оцените погрешности координат и скоростей.

**Домашнее задание**

Повторить п.9, п.10. задачи 3,4.

**Урок 8. Урок решения задач по теме «Равномерное движение»**

*Цель:* научить решать задачи по теме «Равномерное движение».

**Ход урока****I. Повторение. Беседа**

1. Что такое вектор перемещения? Что он характеризует?
2. Как записывается в векторной форме уравнение равномерного прямолинейного движения?
3. Как записывается в координатной форме уравнение равномерного прямолинейного движения точки если она движется по оси  $oy$ , по оси  $ox$ ?
4. Какое движение называется равномерным прямолинейным?
5. Почему при равномерном прямолинейном движении за любые равные промежутки времени тело перемещается на одно и то же расстояние?

**II. Решение задач**

1. Какова траектория движения точек винта вертолета по отношению к летчику? по отношению к Земле?

*Решение:* По отношению к летчику траектория точек винта вертолета – окружность; по отношению к Земле – винтовая линия, так как вертолет совершает поступательное движение.

2. Скоростной лифт в высотном здании поднимается равномерно со скоростью 3 м/с. Начертить график перемещения. Определить по графику время, в течение которого лифт достигнет высоты 90 м (26-й этаж).

**Дано:**

$V = 3 \text{ м/с}$

$y = 90 \text{ м}$

$y_0 = 0.$

**Найти:**

$t = ?$

**Решение:**

Пусть ось  $y$  совпадает с направлением движения лифта, а начало оси – с точкой, в которой лифт находится в начальный момент времени.  $S = y - y_0$ ;  $y = 0t$ . Следовательно,  $S = 0t$  ( $t$  к.  $y_0 = 0$ ). Для построения графика перемещения отложим по оси абсцисс время  $T$ , а по оси ординат – перемещение  $S$ .

Зависимость перемещения от времени изобразится прямой  $OA$ . Для построения прямой линии достаточно двух точек. Выбираем произвольно момент времени и определяем для него перемещение. Результат записываем в таблицу:

$T$	0	20
$S$	0	60

$S = 3t$  – уравнение перемещения.

Отмечаем точки на координатной плоскости и строим прямую  $OA$ . Тангенс угла наклона прямой  $OA$  к оси  $t$  численно равен скорости  $V$ .

По графику определяем время, в течение которого лифт достигнет высоты 90 м. Для этого восстановим перпендикуляр из точки  $S = 90 \text{ м}$  до пересечения с прямой  $OA$ ; из точки  $B$  пересечения перпендикуляра и прямой опустим другой перпендикуляр к оси  $t$ .

По графику видно, что лифт достигнет высоты 90 м через 30 с. (*Ответ:*  $t = 30 \text{ с}$ .)

3. Из двух точек  $A$  и  $B$ , расположенных на расстоянии 90 м друг от друга, одновременно в одном направлении начали движение два тела. Тело, движущее-

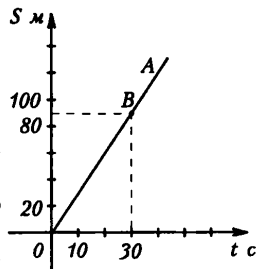


Рис. 15

ся из точки  $A$ , имело скорость  $5 \text{ м/с}$ , а тело движущееся из точки  $B$ , – скорость  $2 \text{ м/с}$ . Через какое время первое тело нагонит второе? Какое перемещение совершит каждое тело?

Задачу можно решить двумя способами: аналитическим и графическим.

**Решение:**

**1 способ (аналитический)**

**Дано:**

$$X_{02} = 90 \text{ м}$$

$$V_1 = 5 \text{ м/с}$$

$$V_2 = 2 \text{ м/с}$$

$$S_1 = ?$$

$$S_2 = ?$$

$$t = ?$$

**Решение:**

Выберем начало оси  $X$  в точке  $A$  и направим ее по движению тел. Тогда уравнения движения тел таковы:

$$X_1 = V_1 t, X_{01} = 0, \text{ - начальная координата первого тела.}$$

$$X_2 = X_{02} + V_2 t. X_1 \text{ и } X_2 \text{ - координаты первого и второго тела.}$$

Для точки  $C$ , в которой первое тело нагонит второе,  $X_1 = X_2$ ,

$$t = t_1. \text{ Тогда с учетом } X_1 \text{ и } X_2 \text{ получим: } V_1 t_1 = X_{02} + V_2 t_1,$$

где  $t_1$  – время движения тел до точки встречи  $C$ . Из этого уравнения находим время движения тел:  $t_1 = X_{02} / (V_1 - V_2) = 90 / (5 - 2) = 30 \text{ с}$

Найдем перемещение тел:

$$S_1 = X_1 = X_{01} = V_1 t_1; S_1 = 5 \cdot 30 = 150 \text{ м}; S_2 = X_2 - X_{02} = V_2 t_1; S_2 = 2 \cdot 30 = 60 \text{ м.}$$

**2 способ (графический)**

Отложим в масштабе по оси абсцисс время  $t$  движения, а по оси ординат – значение координаты  $X$ . Запишем уравнения движения тел с учетом условия задачи:

$$X_1 = V_1 t; X_2 = X_{02} + V_2 t$$

$$X_1 = 5t; X_2 = 90 + 2t$$

Изобразим графически зависимость координат от времени прямыми 1 и 2.

Для каждой прямой можно составить таблицу:

$X_1 = 5t$		
$X_1$	0	50
$T$	0	100

$X_2 = 90 + 2t$		
$X_2$	90	110
$T$	0	10

Найдем координаты их точки пересечения  $C$ :  $t_1 = 30 \text{ с}$ ,  $X_1 = X_2 = 150 \text{ м}$ . Следовательно, первое тело нагонит второе через  $30 \text{ с}$ . Перемещения тел соответственно равны.

$$S_{1x} = X_1 = 150 \text{ м}$$

$$S_{2x} = X_2 - X_{02} = 150 - 90 = 60 \text{ м.}$$

(Ответ:  $S_1 = 150 \text{ м}$ ;  $S_2 = 60 \text{ м}$ ;  $t_1 = 30 \text{ с}$ .)

4. Уравнение движения тела дано в виде  $X = 4 - 3t$ . Определить начальную координату тела, скорость движения и перемещение тела за  $2$  секунды. (Уравнение записать в СИ). (Ответ:  $X_0 = 4 \text{ м}$ ;  $V_x = -3 \text{ м/с}$ ;  $S = -6 \text{ м}$ .)

5. По заданным графикам напишите уравнения движений  $X = X(t)$ . Из уравнений и графиков найдите координаты тел через  $5 \text{ с}$ , время и место встречи тел II и III.

**Решение:**

Графики говорят о равномерном прямолинейном движении тел II и III, общая формула которого:

$$X = X_0 + V_x t.$$

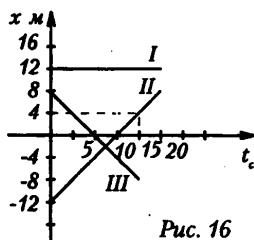


Рис. 16

Тело I покоится, т. к. с течением времени координата не меняется. Уравнение движения:  $X_I = 2; V_I = 0$ .

Тело II. Координата этого тела увеличивается с течением времени; следовательно, направление скорости движения и оси  $O_x$  совпадают. Скорость тела можно определить из уравнения движения:  $X = X_0 + Vt \rightarrow V = (X - X_0)/t$ . По графику движения нужно определить начальную координату тела и координату через некоторый промежуток времени (произвольный). Очевидно:  $X_0 = -12$  м; зададим значение времени  $t = 15$  с. Из этой точки на оси времени восстанавливаем перпендикуляр до пересечения с графиком движения; затем из точки пересечения опускаем перпендикуляр на ось  $O_x$  и определяем координату, соответствующую этому времени. Записываем:

$$V_{II} = \frac{4\text{ м} - (-12)\text{ м}}{15\text{ с}} = \frac{16\text{ м}}{15\text{ с}} \approx 1,1 \text{ м/с}$$

Уравнение движения:

$$X_{II} = -12 + \frac{16}{15} \cdot t \text{ или } x = -12 + 1,1t; \text{ при } t_1 = 5 \text{ с} \rightarrow X_{II} = -7 \text{ м.}$$

Тело III. Координата тела с течением времени уменьшается; следовательно, его скорость направлена противоположно избранному направлению оси  $O_x$ . Тело вначале (5 с) приближается к началу координат, а затем удаляется от него в противоположную сторону. Тело III движется навстречу телу II.

В момент  $t = 0$   $x_0 = 8$  м. Аналогично найдем скорость движения.

$$V_{III} = \frac{-8\text{ м} - 8\text{ м}}{10\text{ с}} = \frac{16\text{ м}}{10\text{ с}} = -1,6 \text{ м/с}$$

Уравнение движения:  $X_{III} = 8 - 1,6t$ ; при  $t_1 = 5 \text{ с} \rightarrow x_{III} = 0$ .

Точка А – момент встречи тел II и III. Тела встречаются через  $t = 7,5$  с в точке с координатой  $x = -4$  м. Место и время встречи тел можно определить и аналитически, если учесть, что для момента встречи тел  $X_{II} = X_{III}$ , то есть  $-12 + 1,1t = 8 - 1,6t \Rightarrow t \approx 7,5$  с

Подставив значение  $t$  в одно из уравнений, найдем  $X = -4$  м.

6. По графику перемещения ( $a$ ) построить график скорости и определить характер движения тела относительно оси  $x$  ( $V$ ).

Решение:

Из графика следует, что тело движется равномерно и прямолинейно в отрицательном направлении оси  $x$ , поскольку проекция  $S_x$  вектора перемещения на ось  $x$  отрицательна и возрастает по абсолютному значению прямо пропорционально времени. Тело движется в направлении, противоположном оси  $O_x$  и проекция вектора скорости тоже будет отрицательна. Графиком скорости будет являться прямая, параллельная оси времени.

7. Теплоход на подводных крыльях шел вниз по реке со скоростью  $V = 80$  км/ч, а вверх – со скоростью  $V$  в стоячей воде и скорость  $V_2$  течения реки. (Ответ:  $V_1 = 78$  км/ч (собственная скорость теплохода);  $V_2 = 2$  км/ч (скорость течения реки).)

8. Эскалатор метро поднимает неподвижно стоящего на нем пассажира в течение 55 секунд. По неподвижному эскалатору пассажир мог бы подняться за 3,5

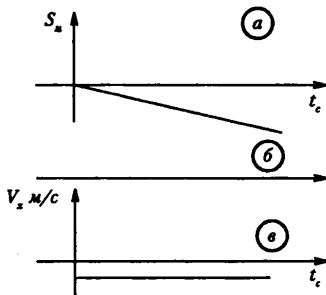


Рис. 17

минуты. За какое время поднимается пассажир по движущемуся эскалатору? (Ответ: 44 секунды.)

9. Сколько времени пассажир, сидящий у окна поезда, идущего со скоростью 54 км/ч, будет видеть проходящий мимо него встречный поезд, скорость которого  $V_2 = 36$  км/ч, длина поезда 150 м? (Ответ: 6 секунд.)

10. Лодка движется поперек реки перпендикулярно ее берегам со скоростью 2 м/с. Под каким углом к выбранному направлению оси  $y$  и с какой скоростью относительно поверхности воды гребец держит курс, если скорость течения реки 5 км/ч? (Ответ:  $V_2 \approx 2,4$  м/с;  $\alpha \approx 0,84$  рад.)

11. Скорость вертикального подъема груза краном  $V_1 = 0,2$  м/с, скорость тележки крана  $V_2 = 0,1$  м/с. Определите скорость движения груза относительно Земли. (Ответ: 0,22 м/с.)

12. Лодочник перевозит пассажиров с одного берега на другой за время  $t = 10$  мин по траектории АВ. Скорость течения реки  $V_p = 0,3$  м/с, ширина реки 240 м. С какой скоростью  $V$  относительно воды и под каким углом  $\alpha$  к берегу должна двигаться лодка, чтобы достичь другого берега за указанное время? (Ответ:  $V = 0,5$  м/с,  $\alpha = 53^\circ$ .)

### III. Самостоятельная работа

Смотри раздел «Самостоятельные и контрольные работы»

Ответ:

Вариант 1: 1. 2. В. 3. Г. 4. В. 5. А. 6. А. 7. Г. 8. А. 9. В. 10. В

Вариант 2: 1. В. 2. Г. 3. Б. 4. В. 5. Г. 6. В. 7. Г. 8. В. 9. В. 10. А

Данную самостоятельную работу можно провести в начале следующего урока.

### Домашнее задание

Задачи на с. 24 (3,4).

## Урок 9. Средняя скорость. Мгновенная скорость. Относительная скорость движения

Цель: ввести понятие мгновенной скорости; научить определять относительную скорость движения.

### Ход урока

#### I. Повторение. Беседа

1. Какое движение называется механическим?
2. Какое движение можно считать материальной точкой?
3. Что такое система отсчета?
4. Произойдет ли столкновение кораблей, если траектории их движения пересекаются?
5. Что определяет закон движения?
6. Дайте определение перемещения.
7. Что он характеризует?
8. В каком случае путь и перемещение совпадают?
9. Найдите путь и перемещение минутной стрелки длиной 20 мс, совершившей полный оборот?

#### II. Изучение нового материала

Изменение положения в пространстве движущегося тела характеризуют путь и перемещение. Однако эти величины не говорят, как быстро произошло изменение. Скорость является пространственно-временной характеристикой движения тела.

Скорость можно сравнить и по расстоянию, которое тело проходит за единицу времени. Чем больше это расстояние, тем больше скорость спортсмена.

Если тело прошло путь  $l = 500$  м за  $t = 20$  с. Можно предположить, что тело за каждую секунду проезжало 25 м. Реально тело могло первые 5 с двигаться медленно, следующие 10 с – стоять, и последние – двигаться очень быстро. Поэтому

путь, пройденный телом, характеризуется средней скоростью:  $V_{\text{cp}} = \frac{l}{t}$ .

Средняя скорость, как любая средняя величина, является достаточно приближительной характеристикой движения. Проезжая по городу 20 км за 30 минут (со средней скоростью 40 км/ч) водитель каждый раз на спидометре видит скорость движения в данный момент времени мгновенную скорость.

Мгновенная скорость – средняя скорость за бесконечно малый интервал времени.

$$V = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{Q_{\text{cp}}}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta l}{\Delta t}$$

Из формулы можно найти модуль мгновенной скорости, но не ее направление. Для определения направления воспользуемся перемещением, как векторной величиной:  $\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$ .

Мгновенная скорость тела направлена по касательной к траектории в сторону его движения.

Относительная скорость первого тела относительно второго равна:  $\vec{V}_{12} = \vec{V}_1 - \vec{V}_2$

### III. Закрепление изученного

1. Сформулируйте определение средней скорости.
2. Как определяется мгновенная скорость при прямолинейном движении. Чему равен ее модуль?
3. Может ли мгновенная скорость быть больше или меньше средней скорости?

### IV. Решение задач

С. 39 (1; 2)

### Домашняя работа

П. 11, п. 12, задачи, с. 28 (1-2).

## Урок 10. Средняя скорость. Мгновенная скорость.

### Сложение скоростей

*Цель:* научить применять физические законы при решении задач.

### Ход урока

#### I. Решение задач

1. Поезд прошел первую половину пути со скоростью  $v_1 = 72$  км/ч, вторую половину – со скоростью 30 км/ч. Определить среднюю скорость.

2. Поезд прошел первую половину времени со скоростью 72 км/ч, а вторую половину времени – 36 км/ч. Определить среднюю скорость.

3. Первую половину пути велосипедист ехал со скоростью в 8 раз больше, чем вторую. Средняя скорость велосипедиста оказалась равной 16 км/ч. Определить скорость на второй половине пути.

4. Мотоциклист за первые два часа проехал 90 км и следующие три часа двигался со скоростью 50 км/ч. Какова средняя скорость мотоциклиста на всем пути.



5. Автомобиль проехал первую половину пути со скоростью 80 км/ч, оставшуюся часть пути он половину пути шел со скоростью 15 км/ч, а последний участок со скоростью 45 км/ч. Найти  $v_{cp}$  на всем пути.

6. По двум взаимно перпендикулярным шоссе дорогам движутся равномерно грузовая и легковая автомашины со скоростями  $v_1=54$  км/ч и  $v_2=72$  км/ч. На каком расстоянии  $S$  окажутся друг от друга автомобили через  $t=10$  мин после встречи у перекрестка ( $S=15$  км.)

7. Мотоциклист движущийся по прямолинейному участку дороги, увидел, как человек, стоящий у дороги, ударил стержнем по висящему рельсу, а через  $t_1=2$  с услышал звук. С какой скоростью  $v_2$  двигался мотоциклист, если он проехал мимо человека через  $t_2=36$  с после начала наблюдения? Скорость звука в воздухе  $v_3=340$  м/с. (20 м/с)

8. Легковой автомобиль движется со скоростью 20 м/с за грузовым, скорость которого 16,5 м/с. В момент начала обгона водитель легкового автомобиля увидел встречный междугородний автобус, движущийся со скоростью 25 м/с. При каком наименьшем расстоянии до автобуса можно начать обгон, если в начале обгона легковая машина была в 15 м от грузовой, а к концу обгона она должна быть впереди грузовой на 20 м. (450 м)

9. Рыболов двигаясь на лодке против течения реки, уронил удочку. Через 1 мин он заметил потерю и сразу же повернул обратно. Через сколько времени после потери он догонит удочку. Скорость течения реки и скорость лодки относительно воды постоянны. На каком расстоянии от места потери он догонит удочку, если скорость течения реки равна 2 м/с (2 мин, 240 м)

10. Вертолет летел на север со скоростью 20 м/с. с какой скоростью и под каким углом к меридиану будет лететь вертолет, если подует западный ветер со скоростью 10 м/с (22 м/с, 27° к востоку от меридиана)

11. Катер, переправляется через реку, движется перпендикулярно течению реки со скоростью 4 м/с в системе отсчета, связанного с водой. На сколько метров будет снесен катер течением, если ширина реки 800 м, а скорость течения 1 м/с. (200 м)

### Домашняя работа

П. 11, 12, задачи, с. 28 (3).

## Урок 11. Ускорение. Прямолинейное движение с постоянным ускорением

Цель: сформулировать признаки движения тела с постоянным ускорением.

### Ход урока

#### I. Проверка домашнего задания

1. Какое движение называется равномерным прямолинейным?
2. При равномерном прямолинейном движении мгновенная скорость совпадает со средней скоростью. Почему?
3. Почему при равномерном прямолинейном движении за любые равные промежутки времени тело перемещается на одно и то же расстояние.
4. Как по графику зависимости скорости от времени определяют перемещение тела при равномерном прямолинейном движении?
5. Как угол наклона графика равномерного прямолинейного движения зависит от скорости?

## II. Изучение нового материала

При движении тел их скорости обычно меняются либо по модулю, либо по направлению, либо одновременно и по модулю, и по направлению.

### Эксперимент 1

Взять в руки мяч и разжать пальцы. Как изменяется скорость? (*При падении мяча скорость его быстро нарастает.*)

### Эксперимент 2

Приведем в движение легкую тележку, непродолжительным толчком. Как изменится скорость? (*Скорость тележки, движущейся по столу, уменьшается с течением времени до полной остановки.*)

Величину, характеризующую быстроту изменения скорости, называют ускорением.

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{V}}{\Delta t}$$

Простой случай неравномерного движения – это движение с постоянным ускорением, при котором модуль и направление не меняются со временем, оно может быть прямолинейным и криволинейным.

$$\vec{a} = \frac{\vec{V} - \vec{V}_0}{t}; \quad a \left[ \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \right]; \quad \vec{V} = \vec{V}_0 + \vec{a}t.$$

Равноускоренное движение (тело разгоняется), если  $\vec{a} \uparrow \vec{V}$   $a = \text{const}$ .

При замедленном движении (тело тормозит), если  $\vec{a} \downarrow \vec{V}$ . Графики скорости будут отображать  $V(t)$ -зависимость скорости от времени (см. рис. 25).

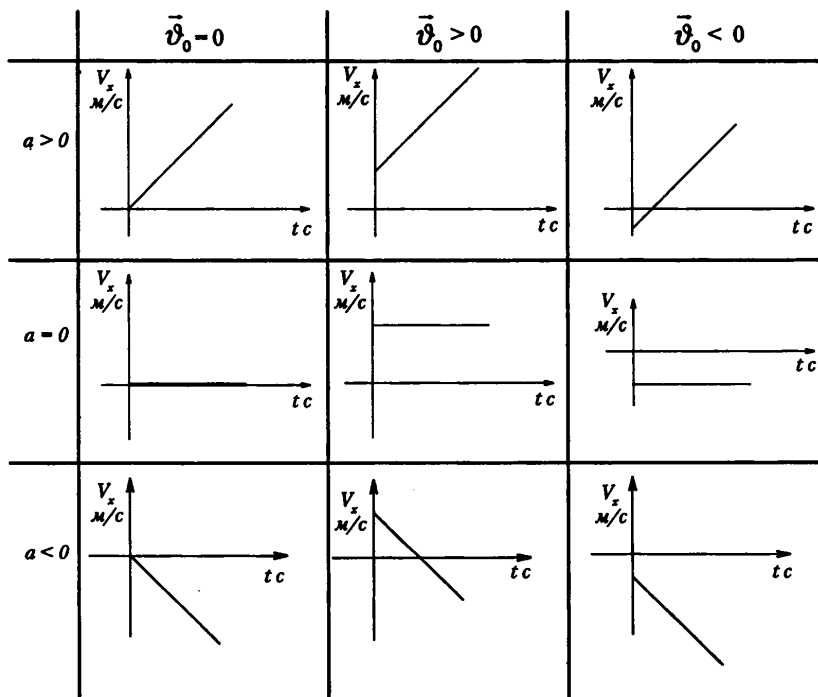


Рис. 24

По графику  $V(t)$  можно определить ускорение:

График ускорения:  $a(t) a = const.$

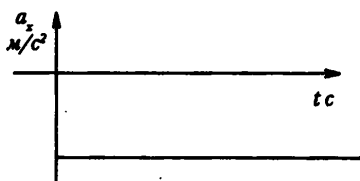
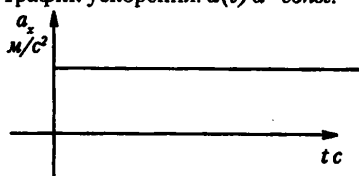


Рис. 25

Из утверждения, что величина перемещения тела численно равна площади под графиком зависимости скорости движения тела от времени, можно вывести:

$X = X_0 + V_{0x}t + \frac{axt^2}{2}$  – закон равноускоренного прямолинейного движения.

Зависимость координаты от времени при прямолинейном равноускоренном движении.

Графики зависимости координат от времени при движении с постоянным ускорением (рис. 26).

$OA \quad V_x > 0 \quad a_x < 0 \quad V_0 = 0$

$OB \quad V_x < 0 \quad a_x > 0$

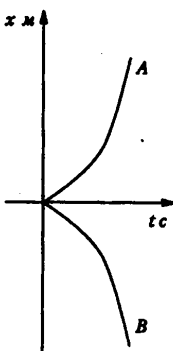


Рис. 26

Уравнение  $x = \frac{axt^2}{2}$ .

Уравнение  $X = X_0 + \frac{axt^2}{2}$ .

$V_0 = 0.$

Оба движения равноускоренные.

Построение графиков зависимости координаты от времени при  $a = const$  сводится к построению отрезков параболы (рис. 27). Для лучшего усвоения графиков полезно повторить соответствующий раздел математики.

### III. Повторение. Беседа

1. Какое движение называют равноускоренным или равнопеременным?
2. Что называют ускорением?
3. Какая формула выражает смысл ускорения?
4. Чем отличается «ускоренное» прямолинейное движение от «замедленного»?
5. Постройте и объясните график скорости прямолинейного равноускоренного движения с начальной скоростью и без начальной скорости.

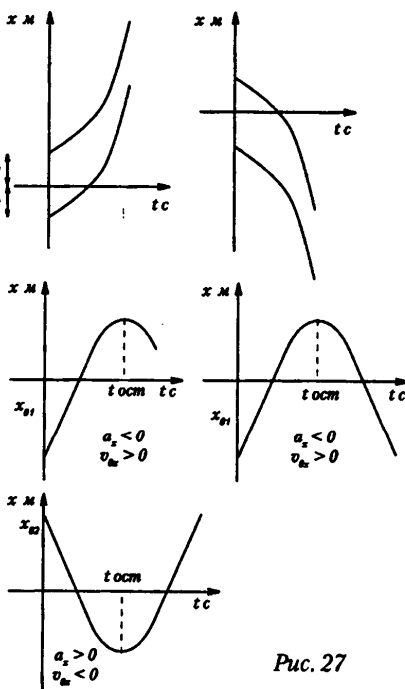


Рис. 27

6. Как по графику скорости равноускоренного движения можно определить ускорение и путь, пройденный телом в этом движении?

**IV. Решение задач**

1. Велосипедист, едущий со скоростью 18 км/ч, начинает спускаться с горы. Определить скорость велосипедиста через 6 с, если ускорение равно 0,8 м/с<sup>2</sup>.

**Дано:**

$V_0 = 18 \text{ км/ч} = 5 \text{ м/с}$

$t = 6 \text{ с}$

$a = 0,8 \text{ м/с}^2$

$V - ?$

**Решение:**

Движение велосипедиста равноускоренное, т. е.  $a > 0$ . Ось  $Ox$  направим по направлению движения велосипедиста.

Скорость можно определить по формуле:  $\vec{V} = \vec{V}_0 + \vec{a}t$ . С учетом знаков проекций на ось  $Ox$  формула скорости примет вид:  $V_x = V_{0x} + a_x t$

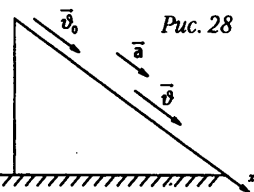
Проверим размерность (рис. 28):

$$\vartheta = \left[ \frac{\text{м}}{\text{с}} + \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \text{с} \right] = \left[ \frac{\text{м}}{\text{с}} \right]$$

Вычислим значение скорости:  $V = 5 + 0,8 \cdot 6 = 9,8 \text{ м/с}$ .

(*Ответ:*  $V = 9,8 \text{ м/с}$  – конечная скорость велосипедиста.)

2. Поезд через 20 с после начала движения приобретает скорость 90,6 м/с. Через сколько времени от начала движения скорость поезда станет равна 3 м/с?



**Дано:**

$t_1 = 20 \text{ с}$

$V_0 = 0$

$V_1 = 0,6 \text{ м/с}$

$V_2 = 3 \text{ м/с}$

$t_2 - ?$

**Решение:**

Движение поезда носит равноускоренный характер, скорость увеличивается, ускорение постоянно и положительно ( $a = \text{const}$ ).

Найдем ускорение движения:  $a = \frac{V_1 - V_0}{t_1}$  (проекция конечной скорости поло-

жительна), т. к.  $V_0 = 0$ ,  $\Rightarrow a = \frac{V_1}{t_1}$

Пользуясь формулой ускорения, найдем промежуток времени:

$$t_2 = \frac{V_2 - V_0}{a} = \frac{V_2}{a} = \frac{\vartheta_2 \cdot t_1 \left[ \frac{\text{м} \cdot \text{с} \cdot \text{с}}{\text{м} \cdot \text{с}} \right]}{\vartheta_1} = [c]; \quad t_2 = (3 \cdot 20) / 0,6 = 100 \text{ с} \approx 1,7 \text{ мин.}$$

(*Ответ:*  $t_2 = 100 \text{ с}$ .)

3. Скорость автомобиля за 10 с уменьшилась с 10 до 6 м/с. Написать формулу зависимости  $x(t)$  скорости от времени, построить график этой зависимости и по графику определить скорость через 20 с.

**Дано:**

$t_1 = 10 \text{ с}$

$V_0 = 10 \text{ м/с}$

$t_2 = 20 \text{ с}$

**Найти:**

$V_x(t) - ?$

$V_2 - ?$

**Решение:** Скорость автомобиля уменьшается, следовательно, движение равнозамедленное, т. е.  $a_x < 0$ . Направление скорости движения противоположно направлению ускорения. Уравнение проекции скорости примет вид:

$$V_x = V_{0x} - a_x t \quad (1)$$

Чтобы найти зависимость  $V_x(t)$  для данной задачи, необходимо определить ускорение автомобиля.

Знак  $\leftarrow \rightarrow$  перед  $a_x$  уже учли в уравнении (1). В данном случае находится модуль ускорения. Уравнение скорости движения:  $V = 10 - 0,4t$ .

Построим график зависимости (рис. 29).

Достаточно определить две точки, так как графиком скорости является прямая линия. Можно составить таблицу.

T	0	5
V	10	8

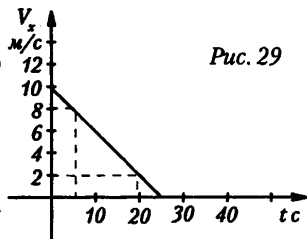


Рис. 29

Через  $t_2 = 20$  с скорость автомобиля будет равна  $V_2 = 2$  м/с.

Значение скорости можно проверить аналитически, если подставить в уравнение скорости вместо времени значение  $t_2 = 20$  с. Получим:

$$V_2 = 10 - 0,4 \cdot 20 = 10 - 8 = 2 \text{ м/с.}$$

(Ответ:  $V_2 = 2$  м/с;  $V_x(t) = 10 - 0,4t$ .)

4. Самолет летел со скоростью 216 км/ч и стал двигаться с ускорением  $9 \text{ м/с}^2$  в течение 20 секунд. Какое расстояние пролетел самолет за это время и какой скорости он достиг? (Ответ:  $S = 3000 \text{ м} = 3 \text{ км}$ ;  $V = 240 \text{ м/с}$ .)

5. Автомобиль при движении со скоростью 43,2 км/ч останавливается в течение 3 с. Какое расстояние проезжает он до остановки? (Ответ: 18 м.)

6. Поезд движется со скоростью 20 м/с. При торможении до полной остановки он прошел расстояние в 200 м. Определите время, в течение которого происходило торможение. (Ответ: 20 секунд)

7. Уравнение скорости движущегося тела  $V = 5 + 4t$ . Написать уравнение перемещения  $S(t)$  и описать характер движения, определить начальные условия. (Ответ:  $V_0 = 5 \text{ м/с}$ ;  $a = 4 \text{ м/с}^2$ ;  $S(t) = 5t + 2t^2$ .)

8. Два пункта A и B расположены на расстоянии  $l = 240 \text{ м}$  друг от друга на склоне горы. От пункта A начинает равноускоренно спускаться к пункту B велосипедист с начальной скоростью  $V_{01} = 8 \text{ м/с}$ . Одновременно из пункта B к пункту A начинает равнозамедленно подниматься мотоциклист с начальной скоростью  $V_{02} = 16 \text{ м/с}$ . Они встречаются через  $t_1 = 10 \text{ с}$ , к этому времени велосипедист проехал  $S_1 = 130 \text{ м}$ . С каким ускорением ехал каждый из них? (Ответ:  $a_1 = 1 \text{ м/с}^2$ ;  $a_2 = 1 \text{ м/с}^2$ .)

9. Два велосипедиста едут навстречу друг другу. Один, имея скорость 18 км/ч, движется равнозамедленно с ускорением  $20 \text{ см/с}^2$ , другой, имея скорость 5,4 км/ч, движется равноускоренно с ускорением  $0,2 \text{ м/с}^2$ . Через какое время велосипедисты встретятся и какое перемещение совершит каждый из них до встречи, если расстояние между ними в начальный момент времени 130 м? (Ответ:  $S_1 = 60 \text{ м}$ ;  $S_2 = 70 \text{ м}$ ;  $t_1 = 20 \text{ с}$ .)

10. Условие движения тела дано в виде  $x = 15t + 0,4t^2$ . Определить начальную скорость и ускорение движения тела, а также координату и скорость тела через 5 с. (Ответ:  $a = 0,8 \text{ м/с}^2$ ;  $V_0 = 15 \text{ м/с}$ ;  $x = 85 \text{ м}$ ;  $V = 19 \text{ м/с}$ .)

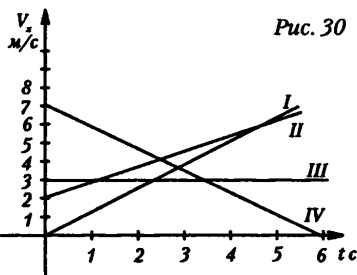


Рис. 30

10. Уравнение движения материальной точки имеет вид  $x = -3t^2$ . Определить перемещение и скорость точки через 2 секунды. (Ответ:  $V = -12$  м/с;  $S = -12$  м.)

11. Пользуясь графиком (рис. 30), определите перемещение каждого тела через 4 с. Запишите формулу скорости для каждого движения.

### Домашнее задание

П. 13–16, с. 36 задачи (1-2).

## Урок 12. Лабораторная работа «Определение ускорения тела при равноускоренном движении»

*Цель работы:* изучить особенности равноускоренного движения.

*Оборудование:* 1) желоб лабораторный; 2) метроном, настроенный на 120 колебаний в минуту, или метроном электронный – один на класс; 3) шарик металлический диаметром 1,5 – 2 см; 4) цилиндр металлический; 5) лента сантиметровая; 6) штатив с муфтой и лапкой.

### Ход работы

1. Определите перемещение шарика, скатывающегося по желобу без начальной скорости. Опыт повторите 3 раза при одном и том же времени скатывания.

Результаты измерений и вычислений запишите в таблицу.

№ опыта	Перемещение, см	Время, в условных единицах	Ускорение шарика, м/с <sup>2</sup>
1			
2			
3			
Среднее			

### Инструкция:

1) отметить начальную точку на желобе для отсчета перемещения шарика;  
2) приучитесь к ритмичному счету; для этого несколько раз подряд говорите: нуль, один, два, три и т. д., прислушиваясь к ударам метронома;

3) по удару метронома со счетом «нуль» пускайте шарик. Регулируйте положение цилиндра по отношению к концу желоба так, чтобы шарик ударился о него в момент соответствующего удара метронома;

4) запишите число промежутков времени, отбиваемых метрономом, необходимое шарика для наибольшего перемещения по желобу.

2. Вычислите среднее значение наибольшего перемещения, совершенного шариком:  $S_{ср}$ .

3. Вычислите ускорение шарика в СИ.

4. Разбейте среднее перемещение на части, проходимые шариком в последовательно равные промежутки времени, отбиваемые метрономом:

$$S_1 : S_2 : S_3 : S_4 : \dots : S_n = 1 : ? : ? : ? : \dots$$

$$S_1 = \dots \text{ см}$$

$$S_2 = \dots \text{ см}$$

$$S_3 = \dots \text{ см}$$

.....

$$S_n = \dots \text{ см}$$

*Проверка.* Уложите на желобе спички – указатели тех мест, которые соответствуют отрезкам перемещений, проходимых шариком за равные промежутки времени. Пустите шарик и проверьте его удары об указатели по метроному.

5. Сделайте вывод.

**Домашнее задание**

С. 36 задачи 3–4.

### Урок 13. Свободное падение тела

*Цель:* сформировать понятие свободное падение, добиться усвоения представления о свободном падении как о равноускоренном движении; продолжить формирование умений выделять главное, существенное в изучаемом материале, логически излагать свои мысли, составлять план параграфа, использовать навыки самостоятельной работы.

#### Ход урока

#### I. Фронтальный опрос

- Дайте определение равноускоренного движения, ускорения.
- Тело прошло за первую секунду 2 м, за вторую – 4 м, за третью – 6 м. Можно ли утверждать, что движение является равноускоренным?
- Какие вы знаете формулы, описывающие равноускоренное движение?

#### II. Изучение нового материала

Примером ускоренного движения является падение тел. Понаблюдаем за падением бумажного и металлического дисков: если опустить их одновременно врозь, то бумажный диск достигнет пола позже, а если наложить их друг на друга, то они упадут одновременно. Прошу учащихся объяснить данное явление. Это явление наблюдал, изучил и описал Галилео Галилей.

#### Сообщения учащихся

*Галилео Галилей (1564–1642)*

Знаменитый итальянский ученый, один из основателей точного естествознания, боролся против схоластики, считал основой познания опыт. Заложил основы современной механики: выдвинул идею об относительности движения, установил законы инерции, свободного падения и движения тел по наклонной плоскости, сложения движений; открыл изохронность колебаний маятника; первым исследовал прочность балок. Построил телескоп с 32-кратным увеличением и открыл горы на Луне, четыре спутника Юпитера, фазы Венеры, пятна на Солнце. Активно защищал гелиоцентрическую систему мира, за что был подвергнут суду инквизиции (1633), вынудившей его отречься от учения Н. Коперника. Согласно легенде, Галилей после своего вынужденного отречения воскликнул: «А все-таки она вертится!»

До конца жизни Галилей считался «узником инквизиции» и принужден был жить на своей вилле Арчетри близ Флоренции. В 1992 г. папа Иоанн-Павел II объявил решение суда инквизиции ошибочным и реабилитировал Галилея.

*О свободном падении тел* (по содержанию § 15).

#### III. Самостоятельная работа с учебником

Прочитать параграф, составить план конспекта:

1. Свободное падение.
2. Ускорение свободного падения.

3. Кинематические характеристики свободного движения.

4. Это интересно.

*Составление конспекта*

Учащиеся сами или с помощью учителя формулируют определения и записывают их в тетрадях:

– Свободным падением называется движение тела только под действием силы тяжести.

– Ускорение, с которым падают тела в вакууме около поверхности Земли, называется ускорением свободного падения ( $g \approx 9,8 \text{ м/с}^2$ ).

– Скорость тела в свободном падении в любой момент времени  $t$ :

$$V = V_0 + gt; \quad V = gt \text{ при } V_0 = 0.$$

– Путь  $h$ , пройденный телом в свободном падении к моменту времени  $t$ :

$$h = v_0 t + \frac{gt^2}{2}; \quad h = \frac{gt^2}{2}; \quad v_0 = 0, \text{ при } V = 0.$$

– На полюсе  $g \approx 9,832 \text{ м/с}^2$ ; на экваторе  $g \approx 9,780 \text{ м/с}^2$ ; на широте  $45^\circ$   $g \approx 9,80665 \text{ м/с}^2$ ; с высотой  $g$  уменьшается; на других планетах отлично от  $9,8 \text{ м/с}^2$  (на Луне  $g \approx 1,623 \text{ м/с}^2$ ).

### III. Закрепление изученного

*Решение кроссворда (см. раздел «Самостоятельные и контрольные работы»)*

*Ответы:* 1. Город. 2. Падение. 3. Положительный. 4. Пиза. 5. Отрицательный. 6. Перо. 7. Дробинка.

Ключевое слово: имя первого физика-экспериментатора.

### IV. Решение задач:

1. Г. Галилей, изучая законы свободного падения (1589 г.), бросал без начальной скорости разные предметы с наклонной башни в городе Пиза, высота которой 57,5 м. Сколько времени падали предметы с этой башни и какова их скорость при ударе о землю? (*Ответ:* 3,4 с; 33,6 м/с)

2. Тело свободно падает с высоты 80 м. Каково его перемещение в последнюю секунду падения? (*Ответ:* 35 м).

**Домашнее задание**

§ 17.

### Дополнительная информация

Гений фантазии – Леонардо да Винчи, стараниями которого на головы удивленных современников были обрушены чертежи – проекты многих вещей, коими насыщена и перенасыщена современная жизнь. Вертолет и планер, экскаватор и механизм для забивания свай, подводный мотор, швейная машина, выдвигающаяся пожарная лестница – все хорошие наши знакомцы, но все они входили в жизнь долгими путями с немалым сопротивлением, потому что принимались сначала как причуды ума. Скажем, парашютная история.

Кто из окружения да Винчи мог всерьез воспринять следующее его заявление? «Вполне возможно, – писал он, – что человек, бросившись вниз с любой высоты, не разобьется, если будет иметь над головой палатку размером 12 на 12 локтей». Конечно, смельчаки прыгали потехи ради с небольших строений. Но чтобы с любой высоты? О том лишь в легендах. Суровому испытанию затею да Винчи подверг столетие спустя, в 1628 году французский авантюрист Лавен. За подделку денег его поселили в крепостную тюрьму. Однако бурной натуре совсем не подходила столь монотонная жизнь, и он надумал бежать, соорудив ту самую палатку. Прыгнув с достаточной вы-



соты, Лавен гладко приземлился внизу. Правда, его тут же обступила стража, но это уже иной сюжет, уводящий нас от высокой темы.

Состоялись и другие прыжки. Среди них – предпринятый, например, в XVIII веке одним из знаменитых братьев Монгольфье, Жозефом, с высокой башни при поддержке зонтообразного купола собственной конструкции. Словом, идея жила, совершенствовалась, ждала практической удачи. Решительный поворот этому придал русский офицер Г. Котельников.

Как-то он оказался очевидцем гибели летчика Льва Мациевича. Был потрясен. С этого дня и начал неотступно искать решение. Действующие конструкции имели то неудобство, что хотя парашют и находился в самолете, однако лежал рядом с пилотом, и при несчастье его надлежало надевать на себя и прыгать. Но времени на это уже не оставалось. В 1911 году Г. Котельников предложил ранцевый вариант, при котором купол и стропы укладываются в специальный мешок. Надоумил случай: однажды изобретатель увидел, как большой кусок шелка легко уместился в дамской сумочке. Теперь, имея парашют на себе (а не возле), летчик мог в любой момент покинуть самолет, а затем раскрыть купол.

Отличная мысль. Увы, военное ведомство не проявило усердия, отклонив изобретение, хотя испытания шли успешно. Воспользовавшись заминкой, ловкий делец В. Ломач приобрел чертежи и вывез новинку во Францию, где ею быстро распорядились. Россия вскоре тоже спохватилась. Во время первой мировой войны в 1914 году парашютом Котельникова были обеспечены, в частности, летчики тяжелых бомбардировщиков «Илья Муромец».

Ныне парашютные разработки продвинулись настолько, что фантастическая идея да Винчи прыгать с любой высоты под покровом палатки в 12 на 12 локтей вошла в реальные берега. Недавно советский спортсмен Е. Андреев, например, покорил высь в 26 километров! А неуемная фантазия ищет себе новых приключений. Возникли парашюты-гиганты, умеющие деликатно принести на Землю груз практически любого, сколько угодно большого веса, лишь бы достало сноровки поднять его в небо. Недавно родился «парашют-крыло», сподобленный надувному матрацу. Лавируя им, мастера экстра-класса (в их числе советские) попадают в круг радиусом 10 сантиметров. Налицо поистине парашютная «калейдоскопия». Вот насколько предусмотрительной оказалась безоглядная по своим временам фантазия да Винчи.

**Домашнее задание**

П. 17, задача стр. 43 (1).

## Урок 14. Ускорение свободного падения. Решение задач

*Цель:* научить решать задачи по теме «Ускорение свободного падения».

### Ход урока

1. Модель ракеты взлетает вертикально вверх с ускорением  $a=4 \text{ м/с}^2$ . Двигатель модели работает в течении  $t=10 \text{ с}$ . Вычислите среднюю скорость за время от старта до достижения наивысшей точки траектории. (20 м/с)

2. С высокой башни с интервалом  $t=1 \text{ с}$  бросают с нулевой начальной скоростью два камня. На каком расстоянии  $S$  друг от друга будут находиться камни в тот момент, когда скорость второго станет равной  $v=30 \text{ м/с}$ ? (38 м)

3. Жонглер бросает с одного и того же уровня два шарика вертикально вверх с начальными скоростями  $v_0=5 \text{ м/с}$  один за другим через промежуток времени  $t=0,2 \text{ с}$ . Через какое время  $T$  после бросания первого шарика оба шарика окажутся на одной высоте. (0,6 с)

4. Из орудия выстрелили вертикально вверх. Время равноускоренного движения снаряда в стволе  $T=0,02$  с, длина ствола  $L=2$  м. Какой максимальной высоты  $H$  достигает снаряд? (2 км.)

5. Нырлящик, прыгнув с нулевой начальной скоростью с высоты  $H=20$  м, погрузился в воду на глубину  $h=10$  м. Сколько времени  $T$  он двигался в воде до остановки. (1 с)

6. Камень падает в шахту с нулевой начальной скоростью. Через  $t=6$  с слышен звук удара камня о дно. Определите глубину шахты  $h$ . Скорость звука в воздухе  $v=330$  м/с. (153 м)

7. Свободно падающее тело за последнюю секунду падения прошло  $2/3$  всего пути. Найдите путь, пройденный телом за все время падения. (28 м)

8. Тело свободно падает с башни с нулевой начальной скоростью. Известно, что вторую половину пути оно прошло за  $t=1$  с. Найдите высоту башни. (58 м)

9. Свободно падающее тело с нулевой начальной скоростью прошло  $S=30$  м за  $t=0,5$  с. Найдите путь  $H$ , пройденный телом за время падения. (188 м)

**Домашнее задание**

Стр. 43 задачи 4, 3.

## Урок 15. Лабораторная работа «Определение ускорения при свободном падении»

**Цель:** научить определять ускорение при свободном падении.

**Задача**

При проведении опыта по определению ускорения свободного падения  $g$  с помощью линейки-маятника были получены следующие данные: расстояние между двумя засечками на линейке  $S = 75,0 \pm 0,5$  см, число колебаний линейки  $n = 39$ , время, затраченное на эти колебания,  $t = 30 \pm 1$  с. Определите ускорение свобод-

ного падения по формуле:  $g = \frac{2S}{(t/2n)^2}$ .

Вычислите относительную погрешность методом оценки результата по фор-

муле:  $\frac{\Delta t}{t} = \frac{2\Delta t}{t} + \frac{2S}{S}$ .

**Примечания:**

1. Переход линейки из одного крайнего положения в другое считайте за одно колебание.

2. Время, затраченное на перемещение шарика, равно времени перехода линейки от крайнего ее положения до момента соприкосновения с шариком.

**Методические рекомендации:**

1. Край линейки, о который ударяется падающий шарик, должен быть очищен от следов предыдущих опытов.

2. Длина нити свешивающегося шарика должна быть такой, чтобы шарик слегка касался края линейки на уровне оси вращения. Регулирование длины нити производите наматыванием (или сматыванием) на гвоздь.

3. Экваториальную часть шарика нужно густо смазать зубной пастой или окунуть ее в кашу из зубного порошка.

4. При проведении работы необходимо руководствоваться следующим:

1) сообщать ученикам о периоде колебаний маятника не надо;

2) для определения  $g$  пользуйтесь формулой: 
$$S = \frac{g \left( \frac{t}{2\pi} \right)^2}{2},$$

где  $n$  – число колебаний маятника – линейки,  $t$  – время, затраченное на колебания,  $S$  – перемещение шарика за время движения линейки от крайнего положения до среднего;

3) вычислять время, необходимое для движения линейки от крайнего положения до положения равновесия, не нужно, так как при вычислении  $1/2\pi$  вследствие округления вносится новая погрешность, что может сказаться на результатах опыта;

4) если у учащихся возникнет вопрос об изменении времени, затрачиваемого маятником-линейкой на одно колебание при затухании колебаний, необходимо указать им, что время не меняется.

5. Определение относительной погрешности производите по формуле.

$\Delta t_{\text{отн}} = \frac{\Delta S}{S} + \frac{2\Delta t}{t}$ , которая дает возможность проверить, входит ли значение  $g$  данной местности в диапазон границ приближенного значения  $g$ , найденного из опыта.

Такой метод приучает учеников к проверке полученных результатов опыта, а не является простым и ненужным подсчетом погрешностей без практического их применения.

### ***Инструкция для проведения лабораторной работы***

**Цель работы:** определить ускорение свободного падения, используя изохронность колебания маятника

**Оборудование:** 1) прибор; 2) тюбик зубной пасты; 3) рулетка; 4) часы с секундной стрелкой; 5) штатив с муфтой и лапкой.

### ***Описание и установка прибора***

Прибор состоит из основной линейки (100x2x0,5 см) с отверстием на расстоянии 10 см от одного из концов для надевания ее на ось с небольшим гвоздиком на торце; жестяной пластины, длина которой должна быть такой, чтобы свешивающийся с нее шарик слегка касался линейки на уровне оси; металлического стержня, вставленного в деревянный брусок в качестве оси; медного или стального шарика диаметром 3 см с петлей.

При установке прибора необходимо:

1) брусок с осью укрепить в лапке штатива и на ось надеть линейку. Вывести линейку из положения равновесия и отрегулировать горизонтальность оси, чтобы линейка вдоль нее не перемещалась;

2) к гвоздику, вбитому в линейку, на нитке подвесить шарик, причем длина нити должна быть такой, чтобы при перекидывании ее через ребро пластины линейка отклонялась на небольшой угол, и шарик слегка соприкасался с ней.

3) смочите экваториальную часть шарика зубной пастой. Линейку придвиньте к шарiku и сделайте на ней засечку – начальное местонахождение шарика.

### ***Примечания:***

1) отклоненная линейка при пережигании нити возвращается в вертикальное положение и ударяется о падающий шарик. При этом на ней получается конечная метка нахождения шарика. Расстояние между метками определяет путь падающего шарика;

2) время движения шарика определяется по времени перемещения линейки из отклоненного положения в положение равновесия. Промежуток времени каждого колебания ритмически колеблющейся линейки желательно определять по значительному числу ее колебаний в течение 30-45 с. Почему?

### Ход работы

1. Сформулируйте ответы:

а) Для определения времени перемещения отклоненной линейки в положение равновесия посредством часов, имеющих секундную стрелку, необходимо...

б) Зная перемещение свободно падающего шарика и время его прохождения, найдите  $g$  по формуле ...

2. Соберите установку по указаниям установки прибора.

3. Проведите опыт и заполните таблицу.

Линейка		Шарик	
Число колебаний	Время колебаний	Перемещение	Ускорение

4. Вычислите относительную погрешность методом оценки результата.

Проверьте, находится ли значение  $g$ , взятое из таблиц, внутри диапазона границ (НГ и ВГ) значения  $g$ , полученного из опыта.

5. Сделайте вывод. Ускорение силы тяжести зависит от ...

#### Дополнительные вопросы

1. Каков вес падающего шарика?

2. Какова сила тяжести падающего шарика?

3. Какое время потребовалось бы на прохождение шариком того же расстояния, если опыт проводился на Луне?

4. Какой вид имела бы траектория падающего шарика в связанной с ним системе отсчета?

5. Какой вид имела бы траектория падающего шарика, если бы опыт проводился в равномерно и прямолинейно движущемся вагоне поезда наблюдателем, находившимся на Земле? Дать чертеж, обосновав формулами.

6. Какой вид имела бы траектория падающего шарика, если бы опыт проводился в поезде, движущемся прямолинейно, но равноускоренно, для наблюдателя, находящегося на Земле? Дать чертеж, обосновав формулами.

7. Какой вид имела бы траектория падающего шарика, если опыт проводился в поезде, движущемся равноускоренно и прямолинейно, в системе отсчета, связанной с вагоном? Дать чертеж, обосновав формулами.

#### Домашнее задание

Повторить п.17.

### Урок 16. Графическое описание свободного падения. Одномерное движение в поле тяжести при наличии начальной скорости

Цель: научить описывать графически свободное падение.

#### Ход урока

#### I. Проверка домашнего задания

1. Почему струя воды разделяется на отдельные капли при падении на Землю.

- Опишите эксперименты Р. Бойля и Г. Галилея, подтвердившие постоянство ускорения тел, свободно падающих на Землю.
- Чем отличается падение тел в воздухе от их падения в вакууме.
- Почему раскрытие парашюта существенно уменьшает скорость приземления парашютиста?

## II. Самостоятельная работа

См. раздел «Самостоятельные и контрольные работы».

Ответы:

Вариант 1: 1. 24,1 м/с. 2. 245 м, 0 м. 3. 20 м

Вариант 2: 1.  $t = \frac{2d + g\tau}{2g}$ . 2. 8 с; 87,4 м; 73,5 м; 83,3 м. 3.  $\approx 9000$  м;  $\approx 500$  м/с

## III. Изучение нового материала

Свободное падение тела в безвоздушном пространстве является равноускоренным движением и описывается следующим законом:

$$y = y_0 + v_{0y}t + \frac{gt^2}{2}, \text{ так как } ay = g.$$

Если начальная скорость тела отсутствует, а начальная точка движения совпадает с нулем системы координат, то

$$y = \frac{gt^2}{2}; y = H; H = \frac{gt^2}{2} - \text{квадратичная зависимость от времени. По графику}$$

(рис. 32) можно определить время падения тела на Землю.  $t = \sqrt{\frac{2H}{g}}$

$t_n$  – время падения на Землю.

Зависимость скорости от времени:

$$V_y = V_{0y} + gt, \text{ где } a_n = g$$

$$\text{при } V_{0y} = 0$$

$$V_y = gt. \text{ Графиком будет являться прямая.}$$

С математической точки зрения прямая не ограничена.

С физической – имеются лишь  $t_0 = 0$  (начало движения) и  $t_n$  (время падения).

В поле тяжести тело движется с постоянным ускорением, т. е. равнопеременно, независимо от начальной скорости тела и его направления. Брошенный вверх мяч вплоть до высшей точки подъема движется равнозамедленно (тормозит), а вниз движется равноускоренно.

График зависимости пути  $l$  и перемещения  $y$ , для тела, брошенного с некоторой высоты  $H$ , будет выглядеть так (рис. 33).

$$\text{Так как в наивысшей точке } V = 0; 0 = V_0 - gt;$$

$$t = \frac{v_0}{g} - \text{время подъема. Мах подъема } H = \frac{v_0^2}{2g}$$

Промежуток времени, после которого тело упадет, складывается из времени подъема на максимальную высоту и времени свободного падения с максимальной высоты  $H + \frac{v_0^2}{2g}$  на Землю.

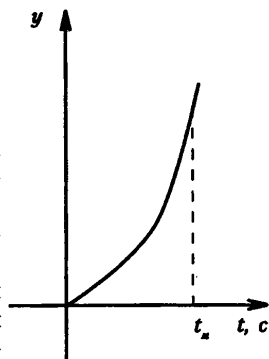


Рис. 32

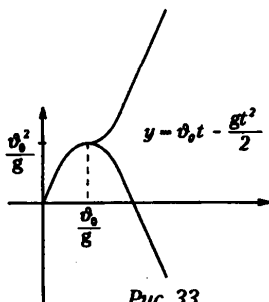


Рис. 33

**IV. Закрепление изученного**

1. С каким ускорением движется тело, брошенное вверх?
2. Чему равно и как направлено это ускорение?
3. Когда ускорение свободного падения берется со знаком «+», а когда со знаком «-»?
4. Учитывается ли сопротивление воздуха в формулах, описывающих свободное падение тел, и тел, брошенных вертикально вверх.

**V. Решение задач**

1. Тело брошено вертикально вверх со скоростью  $V$ . Какой из представленных ниже графиков зависимости модуля скорости от времени соответствует этому движению? Построить  $a(t)$ ,  $x(t)$ ,  $s(t)$ .

А) Г. Б) Б. В) В. Г) А.

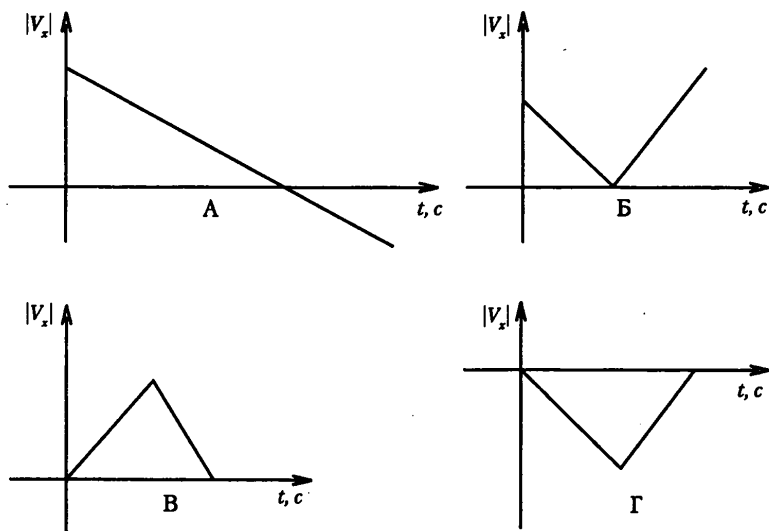


Рис. 34

2. На рисунке 35 представлен график зависимости проекции скорости  $v_x$  от времени. Найдите проекцию ускорения тела  $ax$  и проекцию его перемещения  $S_x$  за 5 с.

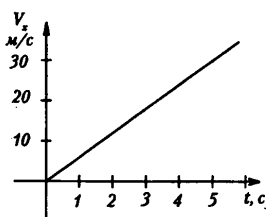


Рис. 35

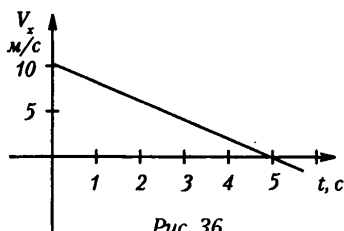


Рис. 36

(Ответ:  $ax = 4 \text{ м/с}^2$ ;  $S_x = 50 \text{ м}$ )

3. Найдите проекцию ускорения  $ax$  тела на ось  $Ox$  и проекцию его перемещения  $S_x$  (рис. 36).

(Ответ:  $a_x = -2 \text{ м/с}^2$ ;  $S_x = -25 \text{ м}$ )

**Домашняя работа**

П. 18; с. 43, задачи (5–6).

## Урок 17. Урок решения графических задач по теме «Различные виды механического движения»

**Цель:** Научить решать графические задачи.

### Ход урока

Сначала оформляем на доске график зависимости скорости от времени  $V(t)$  и обсуждаем, какие задачи можно составить на его основе (рис. 37).

1. Какие данные из приведенного графика можно взять для составления задачи?

**Дано:**

$$V_0 = 0;$$

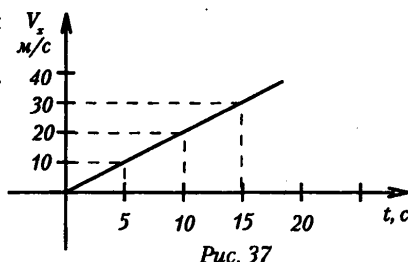
$$V = 30 \text{ м/с};$$

$$t = 15 \text{ с}$$

$a = ?$

**Решение**

$$a = \frac{v - v_0}{t}$$



(Ответ:  $a = 2 \text{ м/с}^2$ .)

2. Вычислите путь при заданном на графике виде движения.

**Дано:**

$$V_0 = 0$$

$$V = 30 \text{ м/с}$$

$$t = 15 \text{ с}$$

$$a = 2 \text{ м/с}^2$$

**Решение:**

Можно использовать формулы:

$$S = v_0 t + \frac{at^2}{2}; \quad S = \frac{v + v_0}{2} \cdot t; \quad S = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}.$$

$$\text{Соответственно: } S = \frac{2 \text{ м/с}^2 \cdot 15^2 \text{ с}^2}{2} = 225 \text{ м};$$

$$S = \frac{30 \text{ м/с}}{2} \cdot 15 \text{ с} = 225 \text{ м}; \quad S = \frac{30^2 \text{ м}^2/\text{с}^2}{2 \cdot 2 \text{ м/с}} = 225 \text{ м}.$$

3. По данным графика составьте уравнения зависимостей кинематических характеристик от времени:  $x = x(t)$ ,  $S = S(t)$ ,  $V = V(t)$ ,  $a = a(t)$ , если начальная координата  $X_0 = 0$ . Изобразите эти зависимости графически.

**Решение:**

Используя основные кинематические уравнения, получаем (в основных единицах):  $x = t^2$ ;  $S = t^2$ ;  $V = 2t$ ;  $a = 2$ .

Строим график для координаты  $x$  (совпадающий в данном случае с графиком для перемещения  $S$ ) и для ускорения  $a$ .

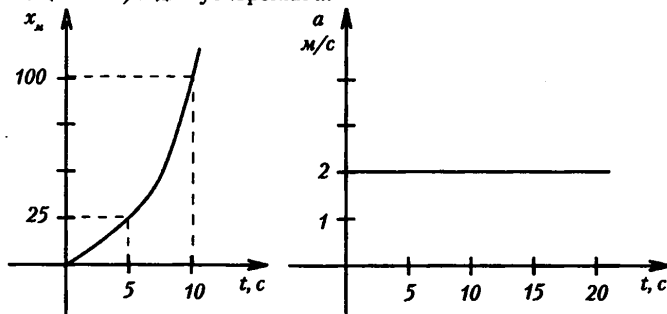


Рис. 38

Далее класс разбивается на группы из примерно одинаково успевающих учеников. Каждая группа получает задание самостоятельно составить задачи определенного вида (качественные, расчетно-логические или графические – в зависимости от уровня успеваемости) и решить их.

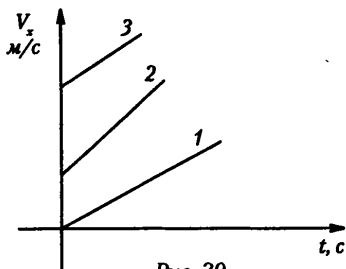


Рис. 39

### Примеры задач

#### 1. Качественные задачи

Оценка «3»

Описать данные виды движения и определить, какие физические величины изменяются при переходе от графика 1 к графику 3 (рис. 39).

Оценка «4»

По графикам движения трех тел определить, как они движутся, и сравнить на каждом графике пути, пройденные телами за одинаковые промежутки времени.

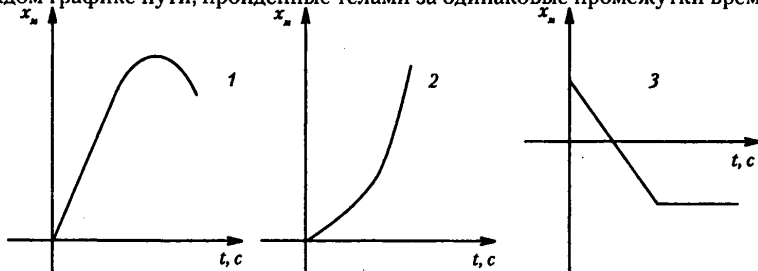


Рис. 40

Оценка «5»

Описать движения тел и сравнить их перемещения.

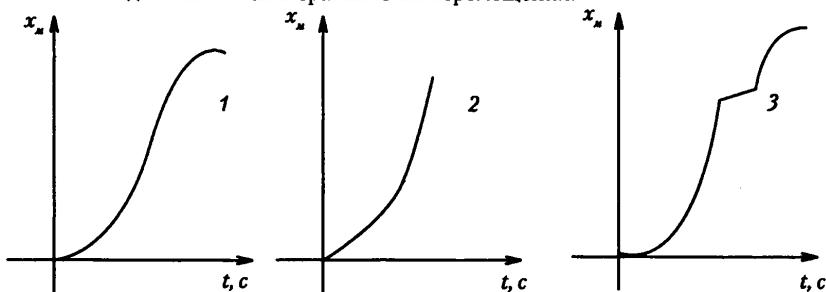


Рис. 41

#### 2. Расчетно-логические задачи

Оценка «3»

Вычислить ускорения на разных участках по графику скорости (рис. 42).

Оценка «4»

По приведенному выше графику скорости определить перемещения на отдельных участках и вычислить среднюю скорость на всем пути.

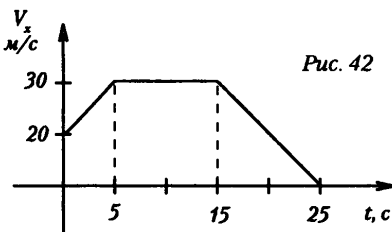


Рис. 42



**Дано:**

$$V_0 = 20 \text{ м/с}$$

$$V = 20 \text{ м/с}$$

$$t_1 = 5 \text{ с}$$

$$t_2 = 10 \text{ с}$$

$$t_3 = 10 \text{ с}$$

$$V_x = 0$$

**Решение:**

$$S_1 = \frac{v_0 + v}{2} \cdot t; S_2 = V \cdot t_2; S_3 = \frac{v \cdot t_3}{2};$$

$$S = S_1 + S_2 + S_3; t = t_1 + t_2 + t_3;$$

$$S_1 = \frac{30 \text{ м/с} + 20 \text{ м/с}}{2} \cdot 5 \text{ с} = 125 \text{ м};$$

$$S_2 = 30 \text{ м/с} \cdot 10 \text{ с} = 300 \text{ м}; S = 125 \text{ м} + 300 \text{ м} + 150 \text{ м} = 575 \text{ м};$$

$$t = 10 \text{ с} + 10 \text{ с} + 5 \text{ с} = 25 \text{ с}; v_{cp} = \frac{575 \text{ м}}{25 \text{ с}} = 23 \text{ м/с}.$$

**Оценка «5»**

По графику изменения координаты от времени  $x, \text{ м}$  и  $x = x(t)$  вычислить перемещение тела за 20 с, составить уравнения  $V = V(t); S = S(t)$  для каждого участка пути (в основных единицах СИ) и вычислить ускорение на них, если начальная скорость равна 0 (рис. 43).

**Решение:**

Общее перемещение равно 0, т. к.  $x(20 \text{ с}) = x(0 \text{ с})$ .

На участке 1:  $x = v_0 t + \frac{at^2}{2}; v_0 = 0 \Rightarrow a = \frac{2x}{t^2};$

$a = 2 \text{ м/с}^2 \Rightarrow x = t^2; V = V_0 = at \Rightarrow V = 2t.$

На участке 2:  $x = -t^2.$

### 3. Графические задачи

**Оценка «3»**

По графику скорости (рис. 44) построить графики зависимости перемещения  $S = S(t)$  и ускорения  $a = a(t)$ .

**Оценка «4»**

Сравнить по графикам  $V = V(t)$  величины путей, пройденных телом за интервалы времени  $t_1 - t_0$  и  $t_2 - t_1$  (рис 45).

**Оценка «5»**

По графику скорости  $V = V(t)$  построить графики зависимостей от времени пути  $S = S(t)$  и ускорения  $a = a(t)$  (рис. 46).

**Домашнее задание**

Повторить п. 18.

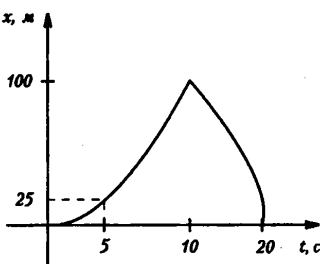


Рис. 43

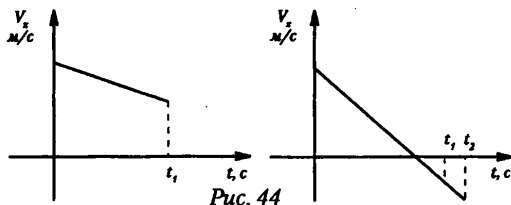


Рис. 44

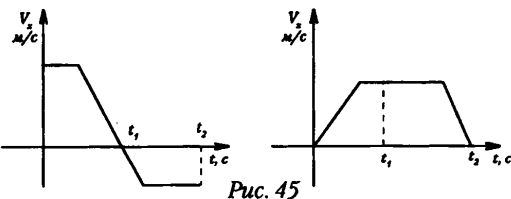


Рис. 45

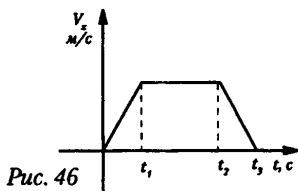


Рис. 46

## Урок 18. Баллистическое движение, траектория и скорость при баллистическом движении

*Цель:* сформировать понятие баллистического движения.

### Ход урока

#### I. Повторение. Беседа

1. Запишите закон свободного падения тела, падающего без начальной скорости с высоты  $H$ . Постройте график закона.
2. Как выглядит график зависимости скорости от времени?
3. Как выглядит график зависимости ускорения от времени?
4. Чем объяснить отличие друг от друга графиков перемещения и пути тела, брошенного вверх в поле тяжести?

#### II. Изучение нового материала

На протяжении всей истории человечества враждующие стороны, доказывая свое превосходство, использовали камни, копья, ядра, пули, снаряду и т. д.

Точность попадания в цель определяла успех. Желание победить стимулировало появление баллистики.

*Баллистика* – раздел механики, изучающий движение тел в поле тяжести Земли.

Пули, снаряды, мячи все двигаются по баллистическим траекториям.

Для описания баллистического движения удобно ввести идеальную модель, движущуюся с постоянным ускорением, пренебречь сопротивлением воздуха, вращением Земли.

Пусть тело брошено под углом к горизонту под углом  $\alpha$  с начальной скоростью  $V_0$

Закон равномерного движения:  $X = X_0 + V_0 t$

Закон равнопеременного движения:  $y = y_0 + v_{0y} \cdot t + \frac{gt^2}{2}$ ;  $g = -a_y$ .

Пусть  $x_0 = 0$   $y_0 = 0$ ;  $v_{0x} = v_0 \cos \alpha$ ;  $v_{0y} = v_0 \sin \alpha$ ;  $y$

$$\begin{cases} x = v_0 \cos \alpha \cdot t \\ y = v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2}; \quad t = \frac{x}{v_0 \cos \alpha} \end{cases}$$

$$y = x \cdot \operatorname{tg} \alpha - \frac{gx^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha}$$

Уравнение траектории тела (парабола).

Пусть тело упало, тогда

$$0 = v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2} \Rightarrow \frac{gt^2}{2} = v_0 \sin \alpha \cdot t; \quad t = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} \text{ – время всего полета.}$$

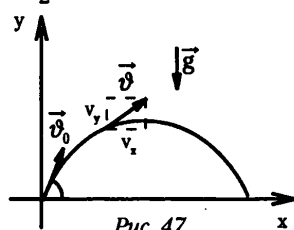
Если теперь время подъема  $t = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{g}$  в уравнении (2) получим значение для максимальной высоты

$$Y_{\max} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$

Если в (1) подставить время всего полета, то максимальная дальность

$$X_{\max} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{g}; \quad \sin 2\alpha = 1 \quad 2\alpha = 90^\circ \quad \alpha = 45^\circ.$$

При отсутствии воздуха максимальная дальность полета при выстреле под углом  $45^\circ$ .



Скорость в любой момент будет равна  $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$ ;  $\operatorname{tg} \beta = \frac{v_y}{v_x}$ .

Реальное движение тел в земной атмосфере происходит по существенно отличающейся от параболической траектории из-за сопротивления воздуха.

При увеличении скорости возрастает сопротивление воздуха. И максимальная дальность достигается при углах вылета в пределах  $30-40^\circ$ .

### Лабораторная работа

**Цель работы:** определить дальность и высоту подъема снаряда при различных углах его вылета.

**Оборудование:** 1) пистолет баллистический лабораторный; 2) рулетка; 3) штатив с муфтой и кольцом; 4) лист белой бумаги (200 x 60 см); 5) бумага копировальная.

### Ход работы

1. При каком угле стрельбы ( $30^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $45^\circ$ ) дальность полета снаряда наибольшая?
2. Чему равна дальность полета снаряда, направленного под углом  $45^\circ$  к горизонту, если опыт проводится на Луне?
3. Какой вид имеет траектория снаряда, направленного из пушки вертикально вверх, если за тело отсчета принять пушку?
4. При каком угле стрельбы дальность полета снаряда равна дальности полета того же снаряда при  $20^\circ$  (настильная стрельба от  $0-45^\circ$ )? Проверьте на опыте.
5. При каком угле стрельбы дальность полета снаряда равна дальности полета того же снаряда при стрельбе под углом  $75^\circ$  (навесная стрельба  $45-90^\circ$ )? Проверьте на опыте.

### III. Решение задач

1. Снаряд вылетает из пушки под углом  $30^\circ$  к горизонту со скоростью 240 м/с. Через какой промежуток времени снаряд достигнет цели? (*Ответ:* 24 с)

2. Камень, брошенный под углом  $30^\circ$  к горизонту, дважды побывал на одной высоте  $h$ : спустя 3 с и 5 с после начала движения. Найдите начальную скорость и высоту  $h$ . (*Ответ:*  $V_0 = 78,5$  м/с,  $h = 73,5$  м)

3. Камень брошен под углом  $30^\circ$  к горизонту со скоростью, равной 10 м/с. Через какое время камень будет на высоте 1 м? (*Ответ:*  $\tau_1 = 0,28$  с;  $\tau_2 = 0,72$  с)

### Домашняя работа

П. 18, с. 43, задачи (3-5).

## Урок 19. «Невероятные путешествия» (обобщающий урок-игра по кинематике)

**Цель:** в интересной игровой форме обобщить, закрепить знания, полученные по теме, научить видеть проявления изученных закономерностей в окружающей жизни, расширить кругозор учащихся, развить коммуникативные способности.

**Оформление:** выставка литературы для дополнительного чтения.

**Подготовка к уроку:** ребята делятся на две команды, равные по силам, выбирают капитаны команд.

### Ход урока

#### I. Вступительное слово учителя

*Кинематика* дает в руки исследователя мощный «инструмент», позволяющий работать в области изучения движения. Она объясняет, какими способами и какими математическими средствами можно описать перемещение тела из одного места в другое.

Этой теме посвящен урок-игра «Невероятные путешествия».

## II. Разминка «Движение и наблюдатель»

Для разминки соревнующиеся команды подбирают по три вопроса. Они могут быть примерно такими:

*Вопросы первой команды*

1. Что быстрее движется в системе отсчета, неподвижно связанной с Землей: Луна или Солнце?
2. Небольшой кашель застрял в канавке протектора движущегося грузовика. Нарисовать траектории его движения относительно корпуса машины и Земли.
3. Если идти по земному шару на северо-восток, то куда придешь? Почему?

*Вопросы второй команды*

1. Почему мы видим с Земли всегда только одну сторону Луны?
2. Жук ползет с постоянной скоростью по вращающемуся диску проигрывателя от центра к краю. Нарисовать его траектории относительно диска и Земли.
3. Вы совершаете прогулку: 3 км к востоку, 2 км к северу, 3 км к западу. На каком расстоянии от исходной точки вы окажетесь?

## III. Конкурс «Старт и финиш» (соревнование спринтеров)

Для участия в конкурсе приглашаются по два члена от каждой команды, которые сообщают, какую скорость они могут развить на дистанции 60 м (100 м), и уходят вместе с членом жюри на спортивную площадку или в спортивный зал школы, где проводятся соревнования по бегу на данной дистанции.

Жюри присуждает один балл победителю в беге и по одному баллу тем участникам бега, которые прошли дистанцию с названной до соревнования скоростью.

## IV. Конкурс «Донесение»

Помощники вносят на сцену два стенда, на которых закреплены большие листы бумаги с заготовками для построения графиков изменения координаты движущегося тела в зависимости от времени. Стенды располагают рядом друг к другу под углом близким к 180°. Такое положение стендов на сцене не позволяет каждому исполнителю видеть работу своего соперника, а зрители смогут наблюдать за работой обоих участников, сравнивая каждый построенный элемент графика.

Зрители, высказавшие желание принять участие в выполнении этого задания, получают небольшие листочки миллиметровой бумаги с точно такими же заготовками.

Когда все приготовления закончены, учитель начинает медленно читать рассказ «Донесение», текст которого приведен ниже. Участники состязания в соответствии с текстом строят названные графики.

Высшая оценка этого конкурса – три балла. За каждый верный график зрители получают по одному баллу. Эти баллы могут быть добавлены к общему счету той команды, болельщиками которой они являются.

### *Рассказ «Донесение»*

В ноль часов по Гринвичу я вышел из дома на встречу со связным и со средней скоростью 3 км/ч осторожно стал приближаться к условленному месту. Через полчаса я был там, но связного не оказалось.

Прождав безуспешно еще полчаса, я решил сам доставить сообщение.

Но как? Машины на большой скорости проезжали мимо. Голосовать с просьбой остановиться я не имел права. Единственное место, где я мог незаметно сесть в машину, была бензоколонка в 8,5 км от меня. И через полтора часа я был у бензоко-

лонки. В этот момент подъехал грузовик. За 15 мин, которые ушли на заправку машины, я сумел незаметно пробраться в кузов. Машина тронулась – и вот я в пути. Машина явно набирала скорость, и через 5 мин от начала движения грузовик имел скоростью 35 км/ч; далее он равномерно двигался по шоссе два часа.

Лежа в кузове, я задремал. Из полусонного состояния меня вывели голоса: спорили в кабине шофер и его напарник. Я понял: они забыли что-то у бензоколонки во время заправки. И пока 15 мин продолжался спор, машина уменьшала скорость, затем сделала поворот и через час вновь была у бензоколонки. Как видно, водители не собирались в дорогу. Я вышел из кузова и побрел в темную холодную осеннюю ночь со скоростью 3 км/ч, на что-то смутно надеясь. Примерно на третьем километре пути я увидел мотоцикл. О, счастье! Мотоцикл оказался с ключом для зажигания. Не раздумывая, я сел на мотоцикл, дал газ и почти мгновенно достиг скорости 100 км/ч. Так я мчался по шоссе целый час. Ветер забирался под одежду, морозил тело. Было чуть больше восьми часов утра, когда я, продрогший и усталый, зашел в знакомое придорожное кафе. Посетителей было мало. Я присел за столик и через 1 час услышал пароль: «Гречневую кашу желаете?» Я ответил: «Я люблю ее с детства». Передав срочное сообщение, я со скоростью 80 км/ч вернулся домой на местной машине.

#### V. Конкурс «Любители животных»

Для конкурса «Любители животных» на отдельных листах бумаги размером 14 x 20 см надо нарисовать в двух экземплярах рисунки животных и птиц: сокола, ласточки, колибри, охотничьей собаки, орла, зайца, медоносной пчелы, мухи, лошади, рыбы, черепахи, улитки. Отдельно на карточках такого же размера написать значения средних скоростей их передвижения: 360 км/ч, 120 км/ч, 100 км/ч, 90 км/ч, 86 км/ч, 65 км/ч, 50 км/ч, 18 км/ч, 13 км/ч, 4 км/ч, 70 м/ч, 5,4 м/ч. Кроме того, необходимо заготовить карточки (в одном экземпляре), где нарисованы пешеход, и указана средняя скорость его движения – 15 м/с; лыжник – 5 м/с; бегущий человек, рекордная скорость которого на дистанции 100 м – 10 м/с; теплоход на подводных крыльях – 18 м/с; поезд – 100 м/с.

Ведущий приглашает любителей животных (по два от каждой команды) и предлагает им познакомиться присутствующих со значениями средних скоростей, встречающихся в животном мире. Исполнители получают карточки двух типов. На одних нарисованы различные животные или птицы (сокол, охотничья собака, медоносная пчела, заяц, муха, лошадь, рыба, черепаха, улитка, ласточка, колибри и др.), на других написаны средние скорости их передвижения. Во время состязания нужно на вертикальном стенде расположить по одной горизонтали рисунок животного и карточку с соответствующей ему скоростью. Побеждает та команда, которая это сделает быстро и верно. Оценка такого соревнования – два балла.

Исполнители молча создают свои таблицы, и не все зрители способны за это время оценить, как велика или мала скорость того или иного животного или птицы; поэтому учитель предлагает зрителям продолжить конкурс и сравнить названные скорости со скоростями, встречающимися в жизни человека, а также в технике. Учитель раздает желающим карточки с рисунками пешехода, лыжника, бегуна, теплохода на подводных крыльях, поезда. На этих же карточках указаны скорости перечисленных тел.

Получив такую карточку, участник конкурса делает перевод единиц, а затем прикрепляет ее на соответствующее место одного из стендов. При переводе единиц он может обратиться за помощью к своим товарищам.

Учебная значимость этого конкурса состоит в том, что школьники еще раз тренируются в освоении навыков перевода единиц скоростей из м/с в км/ч, что, как показывает опыт, для них затруднительно.

Каждый правильный ответ оценивается одним баллом.

#### **VI. Конкурс «Кладоискатели»**

Для конкурса «Кладоискатели» надо найти подходящий для физического вечера клад (оригинальность предложения жюри оценит одним очком), придумать место, где этот клад можно спрятать, чтобы затем составить описание его местонахождения.

Этот конкурс проводится с целью углубления знаний учащихся по определению положения тела в пространстве.

Ведущий. Вы, конечно, знаете литературные предания о зарытых в земле кладах. Одно из них – из рассказа Эдгара По «Золотой жук».

«Хорошее стекло в трактире епископа на чертовом стуле двадцать один градус и тринадцать минут северо-северо-восток главный сук седьмая ветвь восточная сторона стреляя из левого глаза мертвой головы прямая от дерева через выстрел на пятьдесят футов».

Автор Эдгар По намеренно сочинил эту криптограмму, записал ее в сплошную строку, чтобы затруднить читателю разгадку и, естественно, увлечь его в мир своей фантастики. Герой рассказа Легран разгадывает тайну на первый взгляд фантастического, похожего на откровенную тарабарщину, текста.

Далее, например, ученик первой команды читает описание местонахождения клада и текст передает второй команде, т. е. своим соперникам, которые сразу начинают его искать. (Надо подчеркнуть, что описание было подготовлено в качестве домашнего задания.)

Поиск продолжается не более пяти минут. Если за это время клад не найден, то целесообразно не только показать зрителям это место, но и дать пояснение к тексту, что и выполняет ученик, познакомивший зрителей со своим описанием. Затем клад ищет первая команда по описанию второй.

Команды в этом конкурсе могут выиграть максимум по три балла, приуроченные им за оригинальность, за наиболее точное описание местонахождения клада, за быстроту поисков.

#### **VII. Конкурс капитанов «Прогулка с мячом»**

Капитаны получают мячи и отвечают на вопросы:

1. В каких случаях вертикально подброшенный мяч не падает в руки играющего?
2. Как получить известный в спортивных играх «резаный» мяч? В чем его физические загадки? Покажите на опыте.

Ответы капитанов на эти вопросы оцениваются по одному баллу.

Затем капитаны расходятся и медленно, равномерно идут навстречу друг другу, перебрасываясь мячом так, чтобы он летел горизонтально и по возможности равномерно.

Победит тот, т. е. выигрывает два балла, кто поймает все брошенные ему мячи и ответит на третий вопрос.

3. Как рассчитать путь, который пролетел мяч от начала «дуэли» до встречи «дуэлянтов», если пренебречь временем пребывания мяча в руках.

#### **VIII. Подведение итогов**

Награждение победителей.

**Урок 20. Урок решения задач по теме «Кинематика»**

*Цель:* научить учащихся применять теоретические знания при решении задач.

**Ход урока****I. Вопросы для повторения**

1. Чем отличается путь от перемещения?
2. Какая формула выражает смысл ускорения?
3. Чем отличается «ускоренное» прямолинейное движение от «замедленного»?
4. Напишите формулу проекции скорости тела на выбранную ось в любой момент.
5. Напишите формулу для модуля перемещения тела в прямолинейном равноускоренном движении без начальной скорости.
6. Напишите формулу координаты тела при равноускоренном прямолинейном движении.
7. Как запишется формула, выражающая связь модуля перемещения тела с его скоростью.

**II. Решение задач***Оценка «3»*

1. Вагонетка движется из состояния покоя с ускорением  $0,25 \text{ м/с}^2$ . Какую скорость будет иметь вагонетка через 10 с от начала движения? (*Ответ:*  $2,5 \text{ м/с}$ )
2. Поезд, движущийся с ускорением  $-0,5 \text{ м/с}^2$ , через 30 с после начала торможения остановился. Чему равен тормозной путь, если начальная скорость поезда  $15 \text{ м/с}$ ? (*Ответ:*  $225 \text{ м}$ )
3. Какую скорость разовьет мотороллер, пройдя из состояния покоя 200 м с ускорением  $1 \text{ м/с}^2$ ? (*Ответ:*  $20 \text{ м/с}$ )
4. Автомобиль при торможении двигается с ускорением  $0,5 \text{ м/с}^2$  и останавливается через 20 с после начала торможения. Какую скорость имеет автомобиль в момент начала торможения? (*Ответ:*  $10 \text{ м/с}$ )
5. Тело, двигаясь из состояния покоя, на пути 500 м приобретает скорость  $54 \text{ км/ч}$ . С каким ускорением двигалось тело? (*Ответ:*  $0,225 \text{ м/с}^2$ )

*Оценка «4»*

1. Мотоциклист, имея начальную скорость  $10 \text{ м/с}$ , стал двигаться с ускорением  $1 \text{ м/с}^2$ . За какое время он пройдет путь в 192 м и какую скорость приобретет в конце этого пути? (*Ответ:*  $12 \text{ с}$ ;  $22 \text{ м/с}$ )
2. При аварийном торможении автомобиль, двигающийся со скоростью  $20 \text{ м/с}$ , остановился через 5 с. Найти тормозной путь автомобиля. (*Ответ:*  $50 \text{ м}$ .)
3. Автомобиль движется прямолинейно с постоянным ускорением  $2 \text{ м/с}^2$ , имея в данный момент скорость  $10 \text{ м/с}$ . Где он был (какой пройден путь) за 4 с до этого? На сколько изменилась скорость автомобиля? (*Ответ:*  $24 \text{ м}$ ; на  $8 \text{ м/с}$ )
4. При аварийном торможении автомобиль, движущийся со скоростью  $36 \text{ км/ч}$  остановился через 2 с. Найти тормозной путь автомобиля. (*Ответ:*  $10 \text{ м}$ )
5. Поезд, идущий со скоростью  $72 \text{ км/ч}$ , проходит до остановки 200 м. Через сколько времени поезд остановился? (*Ответ:*  $20 \text{ с}$ )
6. С какой скоростью двигался поезд до начала торможения, если при торможении он прошел до остановки 450 м с ускорением, равным  $0,25 \text{ м/с}^2$ ? (*Ответ:*  $15 \text{ м/с}$ )

*Оценка «5»*

1. Определить начальную и конечную скорости электрички, если за 8 с она прошла 160 м, двигаясь с ускорением  $2 \text{ м/с}^2$ . (*Ответ:*  $12 \text{ м/с}$ ;  $28 \text{ м/с}$ )

2. Тело, двигаясь из состояния покоя с ускорением  $5 \text{ м/с}^2$ , проходит путь в 1000 м. Какой путь пройдет тело за две последние секунды своего движения? За какое время тело пройдет последние 100 м своего пути? Какова конечная скорость тела? (Ответ: 190 м; 1 с; 100 м/с)

3. Лифт в течение первых 3 с поднимается равноускоренно и достигает скорости 3 м/с, с которой продолжает подъем в течение 6 с, а последние 3 с движется равнозамедленно с прежним по модулю ускорением. Определите высоту подъема лифта. (Ответ: 27 м)

4. За последнюю секунду равноускоренного движения автомобиль прошел половину пути. Определить полное время движения автомобиля. (Ответ: 3,41 с)

### Задачи повышенной трудности

1. Два автомобиля движутся навстречу друг другу, один со скоростью 36 км/ч и ускорением  $0,3 \text{ м/с}^2$ , второй равнозамедленно со скоростью 54 км/ч и ускорением  $0,5 \text{ м/с}^2$ . Через какое время они встретятся и какое расстояние пройдет каждый из них, если начальное расстояние между ними 250 м? (Ответ: 10,44 с; 120,7 м; 129,3 м)

2. Два велосипедиста едут друг другу навстречу: один из них, имея скорость 18 км/ч, поднимается в гору равнозамедленно с ускорением  $20 \text{ см/с}^2$ , а другой, имея скорость 5,4 км/ч, спускается с горы с ускорением  $0,2 \text{ м/с}^2$ . Через сколько времени они встретятся и какое расстояние до встречи проедет каждый, если расстояние между ними в начальный момент равно 130 м? (Ответ: 20 с; 60 м; 70 м)

### Домашнее задание

Повторить раздел «Кинематика», подготовиться к контрольной работе. П. 9–17.

## Урок 21. Контрольная работа по теме «Кинематика материальной точки»

(см. раздел «Самостоятельные и контрольные работы»)

Ответы к контрольной работе

	Номер вопроса и ответ				
	1	2	3	4	5
Вариант 1	Г	В	Г	А	В
Вариант 2	Б	В	Б	А	Д

## Вариант урока 21. Контрольная работа по теме «Кинематика материальной точки»

(см. раздел «Самостоятельные и контрольные работы»)

Ученик выполняет один из трех контрольных тестов I, II или III (повышенного) уровня сложности. Для аттестации ученика необходимо выполнить тест I уровня сложности.

Ответы:

### Вариант 1

1. 108 м. 2.  $\approx 93,75 \text{ м}$ . 3.  $-1 \text{ м}$ ;  $3 \text{ м/с} = 2 \text{ м/с}^2$ ; движение равнозамедленное.  
4.  $1,25 \text{ м/с}^2$ ; 10 м. 5. 28 с. 6.  $0,5 \text{ м/с}^2$ ; 24 м. 7. 40 с. 8.  $2 \text{ м/с}^2$ . 9. Через 10 с; 40 м; 45 м.

### Вариант 2

1.  $\approx 89,5 \text{ м/с}$ . 2. 20 с. 3. 10 м;  $-1 \text{ м/с}$ ;  $-4 \text{ м/с}^2$ ; движение равноускоренное.  
4.  $2 \text{ м/с}^2$ ; 75 м. 5.  $400000 \text{ м/с}^2$ ; 15 см. 6.  $0,2 \text{ м/с}^2$ ; 30 м. 7. Через 25 с. 8. 4,5 м.  
9. 140 м; 10 с; 40 м.



## Урок 22. Кинематика вращательного движения

*Цель:* сравнить кинематику вращательного и колебательного движения.

### Ход урока

#### I. Проверка домашнего задания

1. Какая используется идеальная модель для описания баллистического движения тела?
2. Почему при баллистическом движении тело движется по вертикали равномерно, по горизонтали равномерно.
3. При каком угле при отсутствии воздуха дальность максимальная?
4. Как сила сопротивления влияет на баллистическое движение?

#### II. Решение задач

1. Снаряд, вылетевший из орудия под углом к горизонту, находится в полете  $T = 12$  с. Какой наибольшей высоты  $H$  достиг снаряд? Сопротивление воздуха не учитывать. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. (*Ответ:*  $H = (gT^2)/8 = 180$  м).

2. Мяч, брошенный одним игроком другому под некоторым углом к горизонту со скоростью  $V_0 = 20$  м/с, достиг высшей точки траектории через  $\tau = 1$  с. На каком расстоянии  $L$  друг от друга находились игроки? Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Силу сопротивления воздуха считайте пренебрежимо малой.

$$(\text{Ответ: } L = 2V_0\tau \sqrt{1 - \left(\frac{g\tau}{V_0}\right)^2} \approx 34,6 \text{ м})$$

3. Гимнаст в цирке прыгает с подкидного трамплина и через время  $T = 1,2$  с приземляется на расстоянии  $l = 6$  м от трамплина. Точка приземления и трамплин расположены на одном горизонте. Определите величину  $V_0$  скорости в момент прыжка и угол наклона  $\beta$  вектора  $V_0$  к горизонтальной плоскости. Сопротивлением воздуха пренебречь. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

$$(\text{Ответ: } v_0 = \sqrt{\left(\frac{l}{T}\right)^2 + \left(\frac{gT}{2}\right)^2} \approx 7,8 \frac{\text{м}}{\text{с}}; \text{tg } \alpha = \frac{gT^2}{2 \cdot l}; \alpha \approx 50^\circ)$$

4. Тело брошено под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонту с начальной скоростью  $V_0 = 10$  м/с. Найдите величину  $V$  скорости тела через  $t = 1$  с после начала движения и угол  $\beta$  между вектором  $V$  и горизонтом. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

$$(\text{Ответ: } \beta = \arctg\left(\text{tg } \alpha - \frac{gt}{v_0 \cos \alpha}\right) = -\frac{\pi}{6})$$

#### III. Изучение нового материала

##### Эксперимент

Демонстрируются пружинный маятник, математический, канонический, по демонстрационному столу раскручивают горизонтальную подставку.

— Что общего в этих явлениях? Все они повторяют свои движения с течением времени. Приведите свои примеры: (*смена дня и ночи, солнечные и лунные затмения, приливы и отливы*).

Движения, которые повторяются через постоянный промежуток времени, называются *периодическими*.

**Период** – минимальный интервал времени, через который движение повторяется. Через период частица вновь попадает в начальную точку движения и вновь повторяет свой путь по прежней траектории.

Различают два вида периодического движения: вращательное (движение в одном направлении по плоскостной (или пространственной) замкнутой траектории, второе колебательное движение вдоль одного и того же отрезка с изменением направления движения).

Равномерное движение по окружности – пример вращательного движения. При равномерном движении по окружности модуль скорости тела остается постоянным, при этом тело можно рассматривать как материальную точку.

Положение частицы в пространстве в произвольный момент определяется тремя способами:

1. С помощью пути  $l$ .
2. С помощью угла поворота  $\alpha$ .
3. С помощью закона движения в координатной форме.

Так как длина окружности  $l = 2\pi R$ , а скорость  $V$ :  $T = \frac{2\pi R}{V}$ .

Период вращения – время одного оборота по окружности.

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad \omega = \frac{\alpha}{t}, \text{ так как } V = \frac{l}{T} \quad \omega = 2\pi V \quad V = \omega R.$$

**Скорость** – векторная величина. Любое изменение вектора скорости означает появление ускорения:  $\vec{a} = \frac{\Delta \vec{V}}{\Delta t}$ .

$\Delta V$  характеризуется не только изменением модуля скорости, но и ее направления.

Если изменяется направление, то возникает равномерное криволинейное движение.

$$a_n = \frac{V^2}{R}, \quad a_n \text{ – нормальное ускорение или центростремительное.}$$

Если скорость направлена по касательной к окружности, то она изменяет свое направление в каждой точке.

При равномерном движении по окружности скорость тела и ее ускорения составляют угол  $90^\circ$  (перпендикулярны), ускорение направлено по радиусу к центру окружности и называется нормальным или центростремительным.

#### **Колебательное движение**

$$x = r \cos \alpha$$

$$y = r \sin \alpha$$

$$l = r \cos \omega t$$

$$y = r \sin \omega t$$

**Гармонические колебания** – колебания, при которых колеблющаяся величина изменяется со временем синусоидально (или косинусоидально).

$$V = (1/T) a_n = \omega^2 r; \quad V_x = -V \sin \omega t = -\omega r \sin \omega t;$$

$$a_x = -a_n \cos \omega t = -\omega^2 r \cos \omega t$$

### **III. Закрепление изученного**

1. Какое движение называют периодическим?
2. Какие параметры характеризуют положение точки на окружности?

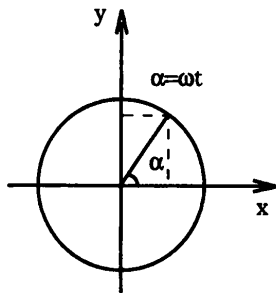


Рис. 54

3. Почему равномерное движение по окружности является ускоренным?
4. Куда направлено нормальное ускорение?
5. Какие колебания называют гармоническими?
6. Как зависят координаты колеблющейся точки, ее скорости и ускорения от вращения?

### Домашнее задание

П. 19.

## Урок 23. Поступательное и вращательное движения твердого тела

*Цель:* сравнить два вида движения; линейная и угловая скорость.

### Ход урока

#### I. Вопросы для повторения

1. Точка движется равномерно по окружности. Имеет ли она ускорение?
2. Куда направлено ускорение конца стрелки часов?
3. Может ли криволинейное движение происходить без ускорения?

#### II. Решение экспериментальных задач

*Оборудование:* часы, магнитофон, линейка.

1. Определите частоту вращения секундной стрелки часов, линейную скорость и центростремительное ускорение ее конца и средней точки.
2. Определите скорость движения магнитофонной ленты при ее обратной перемотке.

3. Используя линейку и часы с секундной стрелкой, определите скорость движения магнитофонной ленты при записи или воспроизведении звука на магнитофоне. Найдите время записи. Результат проверьте прямыми измерениями (задания могут быть даны на дом).

#### III. Изучение нового материала

Чтобы изучить движение тела, т.е. изменение положения в пространстве, нужно, прежде всего, уметь определять само это положение. Каждое тело имеет определенные размеры, и, следовательно, разные точки тела находятся в разных местах пространства. Это не нужно тогда, когда все точки тела движутся одинаково. Например, движение чемодана, который мы поднимаем с пола.

Движение тела, при котором все его точки движутся одинаково, называется поступательным.

Тело движется поступательно, если оно одновременно не вращается и даже не поворачивается.

Вращением твердого тела вокруг неподвижной оси, называется такое движение, при котором все точки тела описывают окружности, центры которых находятся на одной прямой, перпендикулярной плоскостям этих окружностей. Сама эта прямая есть ось вращения. В технике такой вид встречается часто: вращение валов двигателей, генераторов, колес.

#### *Линейная и угловая скорость*

Рассмотрим движение материальной точки  $M$  по окружности радиусом  $R$ . Положение точки на окружности в произвольный момент времени  $t$  однозначно определяется, если задан угол  $\Delta$  радиуса  $OM$ , проведенного к точке относительно некоторого неподвижного радиуса  $OA$ , положение которого условно примем за нулевое (рис. 55).

Положение точки может быть определено, если задана длина  $AM$ . Оба эти способа задания положения точки эквивалентны.

Пусть за малый промежуток времени  $\Delta t$  т. М проходит дугу длиной  $\Delta l$ , а радиус поворачивается на угол  $\Delta\varphi$ .

Линейная скорость:  $v = \Delta l / \Delta t$ ,  $v = 2\pi R / T$ .

Угловая скорость:  $\omega = \Delta\varphi / \Delta t$ ,  $\omega = 2\pi / T$ ;  
 $v = \omega R$ ;  $a_{\text{ц}} = \omega^2 R$ .

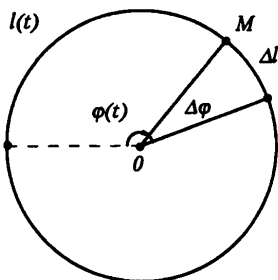


Рис. 55

#### IV. Закрепление изученного

1. Что называют механическим движением?
2. Какое движение называют поступательным?
3. Какое движение называют вращательным?
4. Что называют линейной скоростью тела при движении его по окружности?
5. Что называют угловой скоростью?
6. Выведите формулу, выражающую зависимость между линейной и угловой скоростью.

#### Решение задач

1. Какова линейная скорость тела, движущегося равномерно по окружности радиусом 3 м, если центростремительное ускорение равно  $12 \text{ см/с}^2$ .
2. Шкив вращается с угловой скоростью  $50 \text{ рад/с}$ . Определить центростремительное ускорение точек, находящихся на расстоянии 20 мм и 80 мм от оси вращения.
3. Проследите за проигрыванием граммофонной пластинки. Какова траектория кончика иглы: а) относительно корпуса проигрывателя; б) относительно пластинки; в) относительно головки звукоснимателя.
4. Измерьте частоту вращения и угловую скорость граммофонного диска. Что обозначают числа на шкале регулятора скорости? Одинакова ли линейная скорость граммофонной иглы относительно пластинки в начале и в конце проигрывания?

#### Домашнее задание

П. 20, 21.

### Урок 24. Решение задач. Движение тела по окружности

*Цель:* научить решать задачи на движение тела по окружности.

#### Ход урока

#### I. Повторение. Беседа

1. Точка движется равномерно по окружности. Постоянна ли ее скорость?
2. Есть ли ускорения у точки, которая движется по окружности?
3. Куда направлено ускорение?
4. Что такое период? Частота?
5. Как связаны между собой ускорение, скорость и радиус при равномерном движении тела по окружности.
6. Что называется осью вращения твердого тела?
7. Что такое угловая скорость?
8. Как связаны между собой угловая и линейная скорости? Угловая скорость и центростремительное ускорение?

**II. Решение задач****I группа**

1. Скорость точек рабочей поверхности наждачного круга диаметром 300 мм не должна превышать 35 м/с. Допустима ли посадка круга на вал электродвигателя, совершающего 1400 об/мин, 2800 об/мин? (Да, нет.)

2. Частота вращения воздушного винта самолета 1500 об/мин. Сколько оборотов делает винт на пути 90 км при скорости полета 180 км/ч? (45 000)

3. Период вращения платформы карусельного станка 4 с. Найти скорость крайних точек платформы, удаленных от оси вращения на 2 м. (3,14 м/с)

4. Скорость точек экватора Солнца при его вращении вокруг своей оси 2 км/с. Найти период вращения Солнца вокруг своей оси и центростремительное ускорение точек экватора. (25,3 сут., 5,7 мм/с<sup>2</sup>)

**II группа**

1. Минутная стрелка в 1,5 раза длиннее часовой. Определите, во сколько раз скорость конца часовой стрелки меньше скорости конца минутной стрелки. (В 18 раз)

2. Определите центростремительное ускорение точек колеса автомобиля, соприкасающихся с дорогой, если автомобиль движется со скоростью 36 км/ч и при этом частота вращения колеса равна  $4e^{-1}$ . (251,2 м/с<sup>2</sup>)

3. Две материальные точки движутся по окружности радиусами  $R_1$  и  $R_2$ , причем  $R_1 = 2R_2$ . Сравните их центростремительные ускорения, если равны их периоды обращения. (2:1)

4. Минутная стрелка часов в 2 раза длиннее секундной. Найдите отношение скоростей концов стрелок. (1:30)

**III группа**

1. Чему равен радиус вращающегося колеса, если известно, что скорость точки, лежащей на ободе, в 2,5 раза больше скорости точки, лежащей на расстоянии 5 см ближе к оси колеса? (8,5 см)

2. Найдите линейную скорость и центростремительное ускорение точек на широте 60°. Радиус Земли равен 6400 км. (233 м/с,  $1,74 \cdot 10^{-2}$  м/с<sup>2</sup>)

3. Небольшое тело движется по окружности радиуса  $R$  со скоростью, которая линейно увеличивается со временем по закону  $v = kt$ . Найдите зависимость полного ускорения тела от времени.

4. Какое расстояние пройдет велосипедист при 60 оборотах педалей, если диаметр колеса 70 см, ведущая зубчатка имеет 48 зубцов, а ведомая – 18 зубцов? (352 м)

**Домашнее задание**

II, 20, 21, задачи на стр. 51.

**Урок 25. Принцип относительности Галилея**

Цель: сформулировать принцип относительности Галилея.

**Ход урока****I. Анализ контрольной работы****II. Изучение нового материала**

Механическое движение описывает кинематика, не объясняя физических причин его возникновения и изменения, отвечая лишь на вопрос, как движется тело.

Динамика объясняет причины, определяющие характер механического движения, отвечает на вопрос, почему тело движется.

Для того чтобы тело, находящееся в покое, изменило положение в пространстве, необходимо взаимодействие с другим телом.

### **Эксперимент 1**

Движение тележки в результате взаимодействия с рукой прекращается.

Две тележки скреплены пружинно и находятся в покое. Чтобы тележки не разъехались, привяжите их ниткой, если нить пережечь, тележки придут в движение.

Эти эксперименты доказывают, что для изменения положения тела необходимо взаимодействие тел.

### **Эксперимент 2**

С наклонного желоба без начальной скорости пускают шарик на разные поверхности: на песок; на ткань; на стол.

Что видим? Каждый раз шарик проходит до остановки большее расстояние.

Если бы была абсолютно гладкая дорога, исключены внешние воздействия, тележка двигалась бы без остановки по инерции.

В зимних условиях такое движение практически не встречается.

### **Принцип инерции**

Если на тело не действуют внешние силы, то оно сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного движения.

Равномерное прямолинейное движение и состояние покоя физически эквивалентны, они существуют без внешнего взаимодействия. Однако эквивалентность и равномерность прямолинейного движения возможны лишь в инерциальных системах отсчета, покоящихся или движущихся равномерно и прямолинейно относительно друг друга.

*Инерциальная система отсчета* – система отсчета, в которой тело, не взаимодействующее с другими телами, сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного движения.

Будем производить разные механические опыты в вагоне поезда, идущего равномерно по прямолинейному участку пути, а затем повторим эти же опыты на зеленой поверхности.

Поезд идет без толчков и окна завешены. Если толкнуть мяч, находившийся на земной поверхности, а затем такой же мяч толкнуть точно так же в движущемся вагоне, то скорость мячей будут одинаковы, каждый относительно своей системы отсчета.

Подобные опыты и наблюдения показывают, что относительно всех инерциальных систем отсчета тела получают одинаковое ускорение при одинаковых действиях на них других тел:

Все инерциальные системы совершенно равноправны относительно причин ускорения. Это утверждение называется принципом относительности Галилея.

Как же связаны между собой координаты и скорость тела в различных инерциальных системах отсчета.

Пусть автомобиль движется по платформе, которая имеет скорость  $V$ , равномерно движется вдоль нее со скоростью  $V_x$  относительно платформы.

Через время  $t$  платформа сместится на расстояние  $Vt$ , а автомобиль проедет по платформе  $x' = V_x t$  и будет находиться на расстоянии  $X = X' + Vt$ .

Координаты тела (автомобиля) в различных инерциальных системах  $X$  и  $X'$ :  
 $X' = X - Vt$ ;

$V_x = x/t$ , разделив на  $t$ , получим закон сложения скоростей:  $\vec{V}_x = \vec{V}'_x + \vec{V}$

Если платформа имеет скорость  $V = 60$  км/ч, автомобиль  $V'_x = 10$  км/ч, то автомобиль относительно земли имеет скорость 70 км/ч.

Во всех инерциальных системах отсчёта законы классической динамики имеют один и тот же вид.

### III. Закрепление изученного

1. Какие системы отсчета являются инерциальными, а какие – неинерциальными? Приведите примеры таких систем.
2. Можно ли считать инерциальными системами отсчета, неподвижно связанные с Землей?
3. В чем заключается относительность движения тел. Приведите примеры.
4. Какая формула выражает классический закон сложения скоростей? Как формулируется данный закон.
5. При каких условиях справедлив классический закон сложения скоростей?

#### Дополнительный материал

Чему же учил Аристотель?

«Всякое движение, – писал Аристотель, – бывает или насильственным, или происходящим по природе». К последним он относил круговые движения небесных светил, а также считал их присущими самим телам и не нуждающимися в каких-либо внешних причинах.

Если какое-либо движение отличается от естественного, то оно может быть осуществлено лишь насильственным путем. В отношении таких движений Аристотель писал: «Все движущееся необходимо приводится в движение чем-нибудь». Иными словами, причина «неестественного» движения – сила, действующая со стороны других тел. Нет силы – нет движения. В современных обозначениях основной закон динамики Аристотеля может быть представлен в виде:

$$F = k(S/t) \text{ или } F = kV,$$

где  $F$  – сила, приложенная к телу,  $V = S/t$ , – скорость тела,  $k$  – постоянный для каждого тела коэффициент, пропорциональный весу данного тела.

Конечно, сам Аристотель подобных формул никогда не записывал. И не только потому, что тогда не существовало используемой ныне символики, но и из-за отсутствия четко определенных физических понятий. Даже такое «простое» понятие, как скорость, еще не имело строгого определения. Под скоростью Аристотель понимал «быстроту» движения. «Быстрое, – писал он, – есть далеко продвигающееся в течение малого времени, медленное же – малопродвигающееся в течение большого времени».

Взгляды Аристотеля на движение тел соответствовали логике геоцентрической картины мира, а также существовавшему в то время уровню техники и средств передвижения, когда движущая сила создавалась животными или рабами.

Практика использования говорила, например, о том, что для перемещения телеги нужна лошадь. Если лошадь будет тянуть с постоянной силой, телега будет двигаться с постоянной скоростью. Для перевозки вдвое более тяжелого груза или для вдвое более быстрого движения требовалось и двойное количество животных.

#### Домашнее задание

П. 22, 23.

## Урок 26. Три закона Ньютона

*Цель:* сформулировать три закона Ньютона.

### Ход урока

#### I. Проверка домашнего задания. Повторение

1. Что изучает динамика?
2. Какое движение называется движением по инерции?
3. Какую систему отсчета называют инерциальной?
4. Почему равномерное прямолинейное движение и состояние покоя физически эквивалентны и взаимозаменяемы лишь в инерциальных системах отсчета?
5. Получите преобразования Галилея и закон сложения скоростей.
6. Сформулируйте принцип относительности Галилея. Разъясните его смысл.

#### II. Изучение нового материала

Действия тел друг на друга, создающие ускорение, называются силами. Все силы можно разделить на два основных типа: силы, действующие при непосредственном соприкосновении, и силы, которые действуют независимо от того, соприкасаются тела или нет, т. е. на расстоянии.

##### *Эксперимент 1*

Возьмем в руки кусок мела, разождем пальцы, и мел упадет. (Земля притягивает, действует на расстоянии.)

##### *Эксперимент 2*

Наэлектризованную палочку поднесем к висячей гильзе. Гильза притянется. (Взаимодействие на расстоянии.)

##### *Эксперимент 3*

Катнем мяч. (Непосредственное взаимодействие.)

##### *Эксперимент 4*

Демонстрация сегнетова колеса. (Взаимодействие.)

Наблюдая ускорение, полученное каким-либо телом под действием различных сил, видели, что ускорения могут оказаться различными как по модулю, так и по направлению. Сила векторная величина. Силу измеряют динамометром. Силы, действующие при непосредственном соприкосновении, действуют по всей соприкасающейся поверхности тел. Молоток, ударяющий по шляпке гвоздя, действует на всю шляпку. Но если площадь мала, то считают, тело действует на одну точку. Эта точка называется точкой приложения.

Если же на тело действует несколько сил, то их действие на тело можно заметить одной заменяющей силой называют суммой или равнодействующей.

##### *I закон Ньютона*

*Материальная точка (тело) сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного движения до тех пор, пока воздействие со стороны упругих тел не заставит ее (его) изменить это состояние.*

Тело движется прямолинейно и равномерно, так как все действующие на него силы скомпенсированы. (Равнодействующая равна нулю.)

Во Вселенной практически невозможно найти тело, не испытывающее внешнего воздействия.

I закон – закон инерции. Непосредственно подтвердить экспериментально его невозможно, он аксиоматичен. Однако можно объяснить ряд опытов, что является косвенным подтверждением справедливости этого закона.



**Эксперимент 5**

Монета, лежащая на плексигласе, закрывающем бутылку, при резком щелчке по плексигласу в горизонтальной плоскости монета упадет в бутылку. (Монета сохраняет состояние покоя по инерции.)

Следствие I закона Ньютона состоит в том, что тело может двигаться как при наличии, так и при отсутствии внешнего воздействия.

**Эксперимент 6**

Подвижная тележка прикреплена при помощи пружинного динамометра к перекинутой через нити с грузом на конце. Груз растягивает пружину, сообщая своей силой упругости ускорение тележке. Чем больше подвешиваем груз, тем сильнее растянута пружина и тем больше ускорение тележки.

Опыт показывает, что направление ускорения совпадает с направлением силы, вызвавшей ускорение:  $\vec{F} = m\vec{a}$ .

**II закон Ньютона**

*Сила, действующая на тело, равна произведению массы тела на создаваемое этой силой ускорение, причем направления силы и ускорения совпадают:  $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$ ,*

Закон можно выразить в другой форме. Ускорение, сообщаемое телу, прямо пропорционально действующей на тело силе, обратно пропорционально массе тела и направлено так же, как и сила.

**Особенности II закона Ньютона:**

1. Верен для любых сил.
2. Сила – причина, определяет ускорение.
3. Вектор  $a$  сонаправлен с вектором  $F$ .
4. Если действуют на тело несколько сил, то берется равнодействующая.
5. Если равнодействующая равна нулю, то ускорение равно нулю. (Первый закон Ньютона)
6. Можно применять только по отношению к телам, скорость которых мала по сравнению со скоростью света.

**III закон Ньютона****Эксперимент 7**

Возьмем два динамометра, и зацепим друг за друга их крючки, и, взявшись за кольца, будем растягивать их, следя за показаниями обоих динамометров.

Что увидим? Показания будут совпадать. Сила, с которой первый действует на второй, равна силе, с которой второй действует на первый.

**Эксперимент 8**

Укрепим на одной тележке магнит, на другой – кусок железа и прикрепим к тележкам динамометры. Тележки могут оставаться на разном расстоянии друг от друга, сила взаимодействия между магнитом и куском железа будет больше или меньше в зависимости от расстояния. Но во всех случаях окажется, что динамометры дадут одинаковые показания.

*Силы, с которыми два тела действуют друг на друга, равны по модулю, противоположны по направлению и действуют вдоль прямой, соединяющей эти тела.*

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21} \quad (\text{III закон Ньютона.})$$

**Особенности III закона Ньютона:**

1. Силы возникают только парами.
2. Всегда при взаимодействии.

3. Только силы одной природы.
4. Не уравнивают.
5. Верен для всех сил в природе.

### III. Закрепление изученного

1. Сформулируйте I закон Ньютона.
2. В чем состоит явление инерции?
3. Как движется тело, к которому приложена сила, постоянная по модулю и по направлению?
4. Как направлено ускорение тела, вызванное действующей на него силой.
5. Верно ли утверждение – силы есть, а ускорения нет.
6. Если на тело действует несколько сил, как определяется равнодействующая сил?
7. Запишите III закон Ньютона.
8. Как направлены ускорения взаимодействия между собой тел?
9. Выполняется ли III закон Ньютона при взаимодействии на расстоянии или только путем непосредственного контакта.
10. Запишите II закон Ньютона.

### Домашняя работа

П. 24–28.

### Дополнительный материал

#### *Исаак Ньютон* (1643–1727)

Исаак Ньютон родился в местечке Вульсторп около города Грантема, расположенного в центре Британии, в семье небогатого фермера. Уже в детстве Исаак любил строить сложные механические игрушки, модели различных машин, солнечные и водяные часы, воздушные змеи, разноцветные бумажные фонарики. Эти занятия способствовали тому, что в нем развивалась фантазия экспериментатора.

Дом в Вулсторпе, где родился и вырос И. Ньютон, сохранился до наших дней. Маленького Исаака воспитывала бабушка. Здесь он научился читать, писать и считать. В 12 лет его отправили учиться в город Грантем в королевскую школу.

Во время учебы Исаак мастерил сложные механические модели различных машин. До наших дней на одном из зданий Грантема сохранились сделанные им солнечные часы. Также он любил запускать воздушных змеев. Ночью он привязывал к ним фонари, а случайным зрителям утверждал, что это летают кометы.

Своим первым физически опытом Ньютон считал измерение силы ветра во время бури в 1658 г. Опыт проводился так: сначала Исаак прыгал по направлению ветра, а потом – против. Измерив длины прыжков, он вычислил силу ветра. Ньютон вошел в историю как гениальный математик и физик.

Основную часть своих открытий Ньютон совершил в течение двух лет по окончании Кембриджского университета.

Во время в Англии свирепствовала эпидемия страшной болезни – чумы, от которой умирало тысячи людей. Чтобы избежать заражения, Ньютон уехал в родной Вулсторг, где погрузился в научную работу. Например, он открыл закон взаимного притяжения тел (гравитации). В соответствии с этим законом небесные тела вращаются вокруг Солнца, и опираясь на этот закон, можно рассчитать их путь.

Рассказывают, что идея закона всемирного тяготения пришла к Ньютону в тот момент, когда, сидя в саду, он наблюдал падение яблока на землю. Первая идея, что Земля притягивает яблоко, сама по себе замечательна, но Ньютон догадался, что и яблоко также притягивает Землю, но с силой во столько раз меньшей, во сколько раз масса

яблока меньше массы Земли. Здесь же, в Вулсторпе, Ньютон понял, почему белый свет, преломившись в стеклянной призме, распадается на много цветных лучей, а, преломившись в дождевых каплях, образует радугу.

Всю свою дальнейшую жизнь Ньютон приводил в порядок и публиковал открытия, сделанные им с 1665 по 1667 г. в Вулсторпе. Много лет он преподавал в Кембриджском университете, став там профессором. Много лет Ньютон являлся членом парламента, хотя ни разу там не выступил.

Последние 25 лет жизни Ньютон был президентом Лондонского Королевского общества – английской академии наук, где сделал очень много для развития науки.

В честь Ньютона названа единица силы, сообщающей телу массой 1 кг ускорение  $1 \text{ м/с}^2$  в направлении действия силы.

## Урок 27. Инертность и масса

*Цель:* познакомить учащихся со свойствами масс.

### Ход урока

#### I. Лабораторная работа

*Цель:* сравнение сил взаимодействующих тел.

*Оборудование:* два динамометра, набор грузов, брусок, дощечка, баночка пластмассовая, нитки, штатив, сосуд с водой.

Проделайте следующие эксперименты.

1. Взаимодействие двух динамометров (рис. 56).

2. Взаимодействие твердых тел при скольжении одного из них по поверхности другого (рис. 57).

3. Взаимодействие жидкости и погруженного в нее твердого тела (рис. 58).

Убедитесь в том, что жидкость действует на тело с некоторой силой, направленной вертикально вверх. Подвесьте груз к крючку динамометра, измерьте силу тяжести  $F_{\text{тяж}}$ , поместите груз в воду и измерьте силу упругости пружины  $F_{\text{п}}$ . Определите силу, с которой вода действует на тело:

$$F = F_{\text{тяж}} - F_{\text{п}}$$

В соответствии с третьим законом Ньютона точно такая же сила действует со стороны твердого тела на жидкость. Для проверки этого утверждения достаточно подвесить сосуд с жидкостью к пружине динамометра.

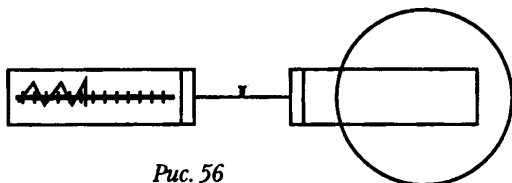


Рис. 56

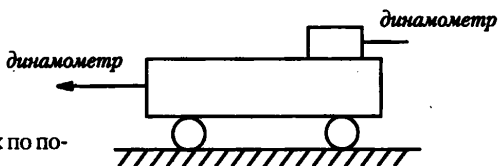


Рис. 57

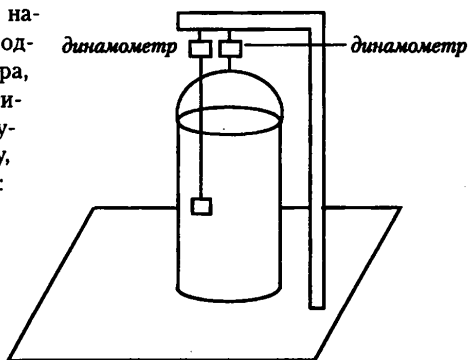


Рис. 58

Заполните таблицу.

Сила тяжести, действующая на груз, Н	
Сила упругости пружины динамометра при погружении в воду груза $F_{\text{в}}$ , Н	
Сила действующая на груз со стороны жидкости $F$ , Н	
Сила тяжести, действующая на сосуд с водой $F_{\text{тяг}}$ , Н	
Показания динамометра, на котором висит сосуд с водой, Н	
Сила давления груза на воду $F_{\text{д}}$ , Н	

Какие ответы в результате сделанных вами опытов можно дать на вопросы:

- о модуле сил взаимодействия,
- о направлении векторов сил взаимодействия,
- о приложении этих сил.

## II. Изучение нового материала

### *Эксперимент*

Две одинаковые по размеру тележки – одну алюминиевую, другую стальную – столкнуть. За время столкновения они изменяют свою скорость, получают ускорение. Ускорение алюминиевой тележки в три раза больше модуля ускорения стальной тележки, независимо от того, какие скорости были у тележки до столкновения. Отношение модулей ускорений взаимодействующих тел зависит только от того, какие тела взаимодействуют. Каждое тело обладает некоторым присущим ему свойством.

О теле, которое при взаимодействии изменило свою скорость на меньшее значение, говорят, что оно более инертно.

Свойство инертности, присущее всем телам, состоит в том, что для измерения скорости тела требуется некоторое время.

Инертность характеризуется особой величиной – массой.

То из двух взаимодействующих тел, которое получает меньшее по модулю ускорение, т.е. более инертно, имеет большую массу.

$$a_1 / a_2 = m_2 / m_1$$

Как измерить массу?

1. По ускорению при взаимодействии с эталоном ( $m_m = a_{sm} \cdot m_{sm} / a_m$ ).

2. Взвешиванием.

### *Свойство массы*

1. Не зависит от рода взаимодействия (пружина, пороховой заряд, столкновение).

2. Складывается.

3. Изменяется при движении тел со скоростью, близкой к скорости света:

$$v \rightarrow c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с.}$$

## III. Закрепление изученного

В каком из приведенных примеров речь идет о явлении инертности тела, о движении по инерции?

1. Малыш держит воздушный шарик, надутый водородом, на нитке.

2. Молоток насаживают на рукоятку.

3. На бруске стоит гиря.

4. Сапожник при ремонте ботинок насаживает их на металлическую «лапу».

5. Поезд движется равномерно прямолинейно.

## Домашнее задание

П. 29, п. 26.

## Урок 28. Сила упругости

*Цель:* объяснить возникновение силы упругости.

### Ход урока

#### I. Повторение. Беседа

1. Сформулируйте закон инерции.
2. При каких условиях скорость тела остается неизменной?
3. Дайте определение силы и назовите единицы силы.
4. Сформулируйте II закон Ньютона.
5. Сформулируйте III закон Ньютона.
6. Для каких фундаментальных взаимодействий применим III закон Ньютона?

#### II. Самостоятельная работа

(См. раздел «Самостоятельные и контрольные работы»).

Ответы к самостоятельной работе.

Вариант 1	А	Г	Г	А	Б	В	Г	А
Вариант 2	Б	Д	Д	В	В	Б	Г	В

#### III. Изучение нового материала

Законы динамики справедливы для любого фундаментального взаимодействия:

1. Гравитационного
2. Слабого
3. Электромагнитного
4. Сильного

Электромагнитные и гравитационные взаимодействия являются дальнедействующими, поэтому именно они определяют характер макроскопического движения от молекулярного уровня до масштабов Вселенной.

Все механические явления в макромире определяются электромагнитными и гравитационными взаимодействиями.

Среди сил электромагнитной природы влияние на механическое движение тела оказывают две силы упругости и трения.

Давайте определим условия возникновения силы упругости.

##### *Эксперимент 1*

Возьмите пружину и растяните ее руками, затем отпустите: пружина стремится вернуться в положение равновесия.

##### *Эксперимент 2*

Теперь сожмите пружину. После того как ее отпустите, она вернется в первоначальное положение.

– Благодаря какой силе пружина возвращается в первоначальное положение? (*Это происходит под действием силы упругости.*)

– Скажите, какое условие необходимо, чтобы была сила упругости? (*Тело должно быть деформировано.*)

При исчезновении деформации исчезают силы упругости. Твердые тела сохраняют свой объем и форму, при любой попытке их деформировать, возникают силы упругости.

Попробуйте сжать жидкость в бутылке. Сила упругости не замедлит сказать-ся. Возникает сила упругости при сжатии в насосе воздуха.

**Вывод:** сила упругости возникает всегда при попытке изменить объем или форму твердого тела, объема жидкости, при сжатии газа.

Деформация тела возникает лишь в том случае, когда различные части тела совершают различные перемещения.

Рассмотрим возникновение сил упругости в твердом кристаллическом теле. В таких телах атомы располагаются упорядоченно, силы притягивания и отталкивания компенсируют друг друга.

При увеличении межатомного расстояния (растягивание пружины) атомы притягиваются друг к другу (пружина стремится сжаться). При уменьшении расстояния атомы отталкиваются.

Воздействие тела на опору (чайник стоит на столе, давит на стол) приводит к ее сжатию. При этом возникает встречная сила – сила упругости (сила реакции опоры).

При малых деформациях тел связь силы упругости с величиной деформации проста. Она была открыта экспериментально английским физиком Робертом Гуком, современником Ньютона.

Учащиеся самостоятельно читают закон Гука (с. 101) и отвечают на следующие вопросы:

1. Сформулируйте закон Гука.
2. Каков физический смысл жесткости пружины?
3. Что обозначает  $\leftarrow \rightarrow$ ?
4. Определите границы применимости.

**Домашнее задание**

П. 36, 37.

## Урок 29. Лабораторная работа «Измерение жесткости пружины»

*Цель работы:* найти жесткость пружины.

*Материаль:* 1) штатив с муфтами и лапкой; 2) спиральная пружина.

*Порядок выполнения работы:*

1. Закрепите на штативе конец спиральной пружины (другой конец пружины снабжен стрелкой – указателем и крючком).
2. Рядом с пружиной или за ней установите и закрепите линейку с миллиметровыми делениями.
3. Отметьте и запишите то деление линейки, против которого приходится стрелка-указатель пружины.
4. Подвесьте к пружине груз известной массы и измерьте вызванное им удлинение пружины.
5. К первому грузу добавьте второй, третий и т. д. грузы, записывая каждый раз удлинение  $/x/$  пружины. По результатам измерений заполните таблицу (рис. 59):

Номер опыта	$m$ , кг	$mg'$ , Н	$/x/$ , м

Рис. 59

6. По результатам измерений постройте график зависимости силы упругости от удлинения и, пользуясь им, определите среднее значение жесткости пружины  $k_{\text{ср}}$ .

**Домашнее задание**

П. 37.

## Урок 30. Сила трения

*Цель:* выяснить роль силы трения. Проверка домашнего задания.

### Ход урока

#### I. Повторение. Беседа

1. При каком условии появляются силы упругости?
2. Каким образом возникают деформации тел?
3. Почему безопасен прыжок акробата на сетку батута с большой высоты?
4. Сформулируйте определения силы реакции опоры и силы натяжения?
5. Сформулируйте закон Гука.
6. Выясните физический смысл жесткости пружины.
7. Определите границы применимости закона Гука.

#### II. Самостоятельная работа

См. раздел «Самостоятельные и контрольные работы»

*Ответы к самостоятельной работе*

	Номер вопроса и ответ				
	1	2	3	4	5
Вариант 1	В	А	А	Г	В
Вариант 2	Г	Г	В	В	В

#### III. Изучение нового материала

Еще один вид сил электромагнитного происхождения, с которыми имеют дело в механике, – это силы трения. Эти силы действуют вдоль поверхности тел при их непосредственном соприкосновении.

Главная особенность сил трения, отличающая их от сил упругости, состоит в том, что они зависят от скорости движения тел относительно друг друга.

##### *Эксперимент 1*

Поставим книгу наклонно, положим на нее карандаш. Положим вдоль наклона. Карандаш останется на месте. Почему?

Причина состоит в шероховатости книги и карандаша. Она незаметна на ощупь.

Бесчисленные выступы цепляются друг за друга, деформируются, и не дают книге или грузу скользить. Сила трения покоя вызвана теми же силами взаимодействия молекул, что и обычная сила упругости. При скольжении происходит разрыв молекулярных связей. Шлифовка сжижает силу трения, но не беспредельно. При увеличении гладкости сила трения начнет расти, по мере сглаживания поверхности сближаются все теснее и теснее и на расстояниях, соизмеримых с размерами молекул начинают действовать силы межмолекулярного притяжения.

##### *Эксперимент 2*

Возьмем брусок и начнем его тянуть с помощью динамометра. Брусок остается на месте. Почему? Приложенная сила к бруску компенсируется другой силой, равной по модулю и направленной противоположно приложенной силе. Это сила трения покоя.

Если на тело не действуют силы, то сила трения покоя равна нулю.

Если сила прилагается к бруску, превысит максимальную силу трения покоя, брусок начнет двигаться.

**Эксперимент 3**

На брусок положим грузы и продолжим тянуть.

Что мы видим? Модуль силы трения покоя увеличился?

Увеличился вес бруска, увеличилась сила реакции опоры.

$F_{тр} = mN$ , где  $m$  – коэффициент пропорциональности, или коэффициент трения покоя. Он зависит от материала, из которого изготовлены соприкасающиеся тела, качества обработки, от площади их соприкосновения.

Когда тело скользит по поверхности другого тела, на него тоже действует сила трения – сила трения скольжения.

Продолжим тянуть брусок за динамометр, при равномерном движении показания будут постоянными, отсюда следует, что действует сила, которая компенсирует силу упругого динамометра – это сила трения скольжения.

Сила трения скольжения всегда направлена противоположно относительной скорости соприкасающихся тел, модуль силы трения скольжения зависит от модуля скорости трущихся тел.

Трение – явление, сопровождающее нас везде и повсюду. В одних случаях оно полезно, и мы всячески стараемся его увеличить. В других – вредно, и мы ведем с ним борьбу.

1. Приведите примеры полезного действия сил трения.

2. Зачем на губках тисков и плоскогубцев делают насечки?

3. Для чего на автомобильных шинах делают рельефный рисунок (протектор)?

**Домашнее задание**

П. 38–40.

**Урок 31. Лабораторная работа****«Измерение коэффициента трения скольжения»**

*Цель работы:* определить коэффициент трения.

*Материалы:* 1) деревянный брусок; 2) деревянная линейка; 3) набор грузов.

**Порядок выполнения работы**

1. Положите брусок на горизонтально расположенную деревянную линейку.

На брусок поставьте груз.

2. Прикрепив к бруску динамометр, как можно более равномерно тяните его вдоль линейки. Заметьте при этом показание динамометра.

3. Взвесьте брусок и груз.

4. К первому грузу добавьте второй, третий грузы, каждый раз взвешивая брусок и грузы и измеряя силу трения.

По результатам измерений заполните таблицу:

Номер опыта	$P, H$	$\Delta P, H$	$F_{тр}, H$	$\Delta F_{тр}, H$

5. По результатам измерений постройте график зависимости силы трения от силы давления и, пользуясь им, определите среднее значение коэффициента трения  $m_{ср}$ .

**Домашнее задание**

П. 40.



## Урок 32. Гравитационная сила. Закон всемирного тяготения

*Цель:* изучить закон всемирного тяготения, показать его практическую значимость.

### Ход урока

#### I. Повторение. Беседа

1. Какое фундаментальное взаимодействие определяет силу трения?
2. Сформулируйте определение силы трения, перечислите возможные виды трения.
3. Чему равна сила трения покоя?
4. Как находится сила трения покоя?
5. Куда направлена сила трения скольжения и чему она равна?

#### II. Самостоятельная работа

(См. раздел «Самостоятельные и контрольные работы».)

	Номер вопроса и ответ					
	1	2	3	4	5	6
Вариант 1	Б	Б	Г	В	Г	А
Вариант 2	Б	В	Г	В	Г	В

#### III. Изучение нового материала

Попытки объяснить строение Солнечной системы, занимали умы многих великих людей.

Особенно волновал вопрос о том, что связывает планеты и Солнце в единую систему? Он встал после того, как Коперник «поместил» Солнце в центр, а все планеты «заставил» обращаться вокруг него.

Ньютон связал силу с ускорением. Именно Солнце естественно считать причиной обращения вокруг него Земли и планет. Но не только планеты притягиваются к Солнцу. Солнце также притягивается планетами. И планеты взаимодействуют между собой.

Все тела Вселенной, как небесные, так и находящиеся на Земле, подвержены взаимному притяжению. Если мы не наблюдаем притяжения между окружающими предметам, так это только потому, что оно слишком слабо.

Взаимодействие, свойственное всем телам Вселенной и проявляющееся в их взаимном притяжении друг к другу, называется гравитационным.

Гравитационное взаимодействие осуществляется посредством особого вида материи, называемого гравитационным полем. Такое поле существует вокруг любого тела. Особенностью гравитационного поля является его всепроникающая способность. Взаимосвязь тел с гравитационным полем характеризуют особой физической величиной – гравитационным зарядом. Гравитационный заряд любого тела равен его массе.

Одной из важнейших задач в теории тяготения является задача двух тел. Задача исследования движения и взаимодействия внутри системы, состоящей из двух тел, каждое из которых можно принять за материальную точку.

Выражение для силы тяготения Ньютон получил в 1666 г., когда ему было всего лишь 24 года.

Ньютон установил, как зависит от расстояния ускорение свободного падения. Вблизи поверхности Земли, т. е. на расстоянии 6400 км от ее центра оно составляет  $9,8 \text{ м/с}^2$ , а на расстоянии в 60 раз большем, у Луны, это ускорение оказы-

вается в 3600 раз меньше, чем на Земле.  $3600 = 60^2$ . Ускорение убывает обратно пропорционально квадрату расстояния от центра Земли.  $a \approx \frac{1}{R^2}$ .

Но ускорение, по второму закону Ньютона, пропорционально силе, а сила прямо пропорциональна массам:  $F \approx \frac{m_1 m_2}{R^2}$ .

Если ввести коэффициент пропорциональности, то

$$F = V \frac{m_1 m_2}{R^2} \quad (V - \text{гравитационная постоянная})$$

Закон всемирного тяготения верен:

1. для материальных точек.
2. для расчета силы притяжения шарообразных тел со сферическим распределением вещества.
3. для шара большого радиуса и материальной точки.

Когда Ньютон открыл закон всемирного тяготения, он не знал ни одного числового значения масс небесных тел, в том числе и Земли, неизвестно ему было и значение постоянной  $G$ .

$V = \frac{FR^2}{m_1 m_2} \Rightarrow V$  можно найти, зная силу притяжения  $F$  между телами известной массы и расстоянием между ними.

Точное измерение  $V$  было впервые проделано в 1798 г. замечательным ученым Генри Кавендишем. С помощью крутильных весов Кавендиш по углу закручивания нити сумел измерить малую силу притяжения между маленькими и большими металлическими шарами. Опыты показали  $V \approx 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ [(Н} \cdot \text{м}^2)/\text{кг}^2]$ .

Ее физический смысл – сила, с которой притягиваются два тела массами по 1 кг каждое, находящиеся на расстоянии 1 м друг от друга.

Опыты Кавендиша доказали, что не только планеты, но и обычные, окружающие нас в повседневной жизни тела притягиваются по тому же закону тяготения.

#### IV. Повторение. Беседа

1. Как формулируется закон всемирного тяготения?
2. Что называется гравитационной постоянной?
3. Каков его физический смысл?
4. Каково его значение в системе СИ?
5. Что называют гравитационным полем?
6. Зависит ли сила тяготения от свойств среды, в которой находятся тела?

#### V. Решение задач

1. Космический корабль массой 8 т приблизился к орбитальной космической станции массой 20 т на расстояние 100 м. Найти силу их взаимного притяжения. (Ответ: 1 мкН.)

2. Оценить порядок значения силы взаимного тяготения двух кораблей, удаленных друг от друга на 100 м, если масса каждого из них 10 000 т. (Ответ: порядка 1 Н.)

3. Среднее расстояние между центрами Земли и Луны равно 60 земным радиусам, а масса Луны в 81 раз меньше массы Земли. В какой точке отрезка, соединяющего центр Земли и Луны, тело будет притягиваться ими с одинаковой силой? (Ответ: В точках, отстоящих на 6 земных радиусов от центра Луны).

#### Домашняя работа

П. 32, 33.

## Урок 33. Сила тяжести. Вес тела

*Цель:* выяснить от каких параметров зависит сила тяжести.

### Ход урока

#### I. Проверка домашнего задания

1. Что такое дальноедействие?
2. Сформулируйте закон всемирного тяготения?
3. В чем заключается физический смысл гравитационной постоянной?
4. Как определял Г. Кавендиш силу гравитационного притяжения шариков?
5. Почему не приближаются друг к другу предметы в комнате, несмотря на их гравитационное притяжение?

#### Лабораторная работа

1. Монета начала скользить из состояния покоя с вершины наклонной плоскости (точка А). Монета остановилась в точке В. Докажите, что коэффициент трения скольжения равен  $\mu = h/L$ .

2. Пользуясь полученными результатами, определите коэффициент трения скольжения монеты по бумажной поверхности.

3. Сравните силы тяготения, упругости и трения по признакам, перечисленным в таблице «Силы в механике».

4. Вес тела при движении опоры или подвеса с ускорением

Пусть тело находится в кабине лифта, движущегося с ускорением  $a$  (рис. 70).

Согласно II закону Ньютона  $\vec{N} + m\vec{g} = m\vec{a}$

$N$  – сила реакции лифта

$P = -N$  по III закону Ньютона.

$P = m(g - a)$

$P = m(g - a) \Rightarrow$

Если тело покоится, т. е.  $a = 0$ . Вес тела равен силе тяжести. Если  $a \neq 0$ , вес тела отличается от силы тяжести.

Невесомость:

$a = g$   $P = m(g - g) = 0$ . Состояние невесомости. Тела не давят на опору, на них не действует сила реакции опоры.

Любое тело находится в состоянии невесомости – если на него действуют только силы тяготения.

*Эксперимент.* Опыт с фабричным прибором по невесомости, опыт с банкой. (В дне банки проделана дырка. Банку наполняют водой, выпускают из рук, и наблюдают, при свободном падении вода через дырку не вытекает.)

#### II. Изучение нового материала

Применение теории тяготения для анализа земных явлений позволяет выяснить, под действием какой силы, по каким законам совершаются падение тел на Землю.

Сила, с которой Земля притягивает находящиеся вблизи тела, называется силой тяжести, а гравитационное поле Земли – полем тяжести.

Направлена сила тяжести вниз к центру Земли, в теле же проходит через точку, которая называется центром тяжести.

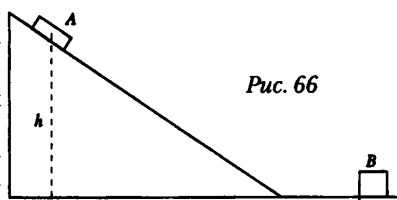


Рис. 66

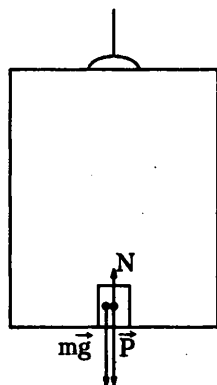
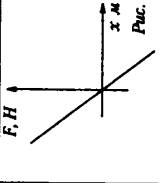
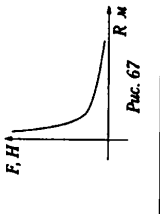
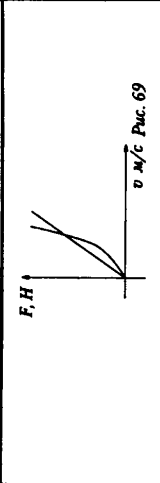


Рис. 70

Силы в механике		Сила упругости	Сила трения (сухого и жидкого)
Природа взаимодействия	Сила упругости	Электромагнитная	Электромагнитная
Формула для расчета силы	Гравитационная	$F_x = -kx$	$F_{\text{тр}} = \mu N; F_{\text{ср}} = \alpha V_{\text{отн}}$ $F_{\text{ср}} = \beta V_{\text{отн}}$
Графическая иллюстрация	 Рисунок 68	 Рисунок 67	 Рисунок 69
Зависимость силы от расстояния или относительной скорости	Является функцией расстояния между взаимодействующими телами		Является функцией скорости относительного движения $V_{\text{отн}}$
Зависимость силы от массы взаимодействующих тел	Прямо пропорциональна массам взаимодействующих тел	Не зависит	Не зависит
Направление вектора силы	Вдоль прямой, соединяющей взаимодействующие тела	Противоположно направлению перемещения частиц при деформации	Противоположно направлению вектора скорости $V_{\text{отн}}$
Сохранение значения силы при переходе из одной инерциальной системы отсчета в другую	Сохраняет, так как расстояние $R$ не изменяется	Сохраняет, так как деформация $x$ не изменяется	Сохраняет, так как модуль относительной скорости $V_{\text{отн}}$ не изменяется
Условия применимости формулы	Материальные точки или сферически симметричные шары	Достаточно малая величина деформации $x$	Формула $F_{\text{тр}} = \mu N$ выполняется приближенно, т. к. сила сухого трения зависит от скорости. При жидком трении до определенной скорости выполняется формула $F_{\text{ср}} = \alpha V_{\text{отн}}$ , а затем $F_{\text{ср}} = \beta V_{\text{отн}}^2$

Модуль силы тяжести находится с помощью закона всемирного тяготения:

$$F_T = V \frac{m\mu_3}{r^2} \text{ или } F_T = V \frac{m\mu_3}{(r+h)^2},$$

$h$  – высота тела над поверхностью Земли.

$$F_T = mg \quad g = V \frac{\mu_3}{r^2} \text{ или } g = V \frac{\mu_3}{(r+h)^2}.$$

Ускорение свободного падения  $g$  является силовой характеристикой гравитационного поля Земли. Оно численно равно силе, с которой это поле действует на тело единичной массы (1 кг).

$$\text{С помощью формулы } \mu_3 = \frac{g_0 R_3^2}{V},$$

где  $g_0$  – ускорение свободного падения вблизи поверхности Земли приблизительно  $9,8 \text{ м/с}^2$ , можно найти массу Земли:  $M_3 = 6 \cdot 10^{24} \text{ кг}$ .

Впервые это удалось сделать Генри Кавендишу.

Из формулы видно, что  $fg$  зависит от:

1. радиуса. Радиус Земли из-за сплюснутости ее в разных местах имеет разное значение: на экваторе  $9,780 \text{ м/с}^2$ , на полюсе  $9,832 \text{ м/с}^2$ ;
2. широты географической (Земля вращается);
3. высоты над Землей;
4. пород Земной коры.

### **Вес тела**

Вес – очень знакомое слово. Однако не надо смешивать два понятия «сила тяжести» и «вес тела».

Сила, с которой тело вследствие его притяжения Землей действует на опору или растягивает подвес, называется весом тела.

Природа силы тяжести и веса различна.

Вес – результат взаимодействия опоры и тела. При этом тело и опора деформируются, что приводит к появлению сил упругости, таким образом, вес тела является частным случаем силы упругости.

### **Перегрузки**

Если лифт движется вверх, то  $P = m(a + g)$  т.е. вес увеличивается. Это называется перегрузкой:  $k = \frac{m(g+a)}{mg} = 1 + \frac{a}{g}$ .

Тренированный человек выдерживает пятикратную перегрузку.

### **III. Повторение. Беседа**

1. Что называют силой тяжести?
2. По какой формуле определяют модуль силы тяжести?
3. Зависит ли ускорение свободного падения от его массы?
4. Какова сила тяжести в различных точках земного шара?
5. От чего зависит ускорение свободного падения?
6. Что называют весом тела?
7. В чем различие между силой тяжести и весом тела, действующим на тело?
8. В каком случае силы тяжести и вес тела равны?
9. Как изменяется вес тела при его ускоренном движении?
10. Когда наступает невесомость? В чем она проявляется?
11. Как изменится вес космонавта при старте ракеты и при торможении приземляющегося корабля?

#### IV. Решение задач

1. Автомобиль массой 5 т трогается с места с ускорением  $0,6 \text{ м/с}^2$ . Найти силу тяги, если коэффициент сопротивления движению равен  $0,04$ . (Ответ:  $F_{\text{тяги}} = 5 \text{ кН}$ ).

2. Определить, пользуясь графиком, как движется поезд и какова сила тяги локомотива, если известно, что масса поезда  $2500 \text{ т}$ , а коэффициент сопротивления –  $0,025$  (рис. 71).

(Ответ: Поезд движется равнозамедленно с ускорением  $0,2 \text{ м/с}^2$ ;  $F_{\text{тяги}} = 125 \text{ кН}$ )

3. Троллейбус массой  $10 \text{ т}$ , трогаясь с места, на пути  $50 \text{ м}$  приобрел скорость  $10 \text{ м/с}$ . Найти коэффициент сопротивления, если сила тяги равна  $14 \text{ кН}$ . (Ответ:  $\mu \approx 0,04$ ).

4. Автомобиль массой  $3 \text{ т}$  трогается из состояния покоя по горизонтальному пути в течение  $10 \text{ с}$  под действием силы тяги  $3000 \text{ Н}$ . Определите, с каким ускорением движется автомобиль при разгоне и какой скорости он достигает за это время? Коэффициент сопротивления движения  $0,02$ . (Ответ:  $a = 0,8 \text{ м/с}^2$ ;  $V = 8 \text{ м/с}$ .)

5. Груз массой  $50 \text{ кг}$  равноускоренно поднимают с помощью каната вертикально вверх в течение  $2 \text{ с}$  на высоту  $10 \text{ м}$ . Определить силу натяжения каната. (Ответ:  $T = 740 \text{ Н}$ .)

Домашняя работа  
П. 35.

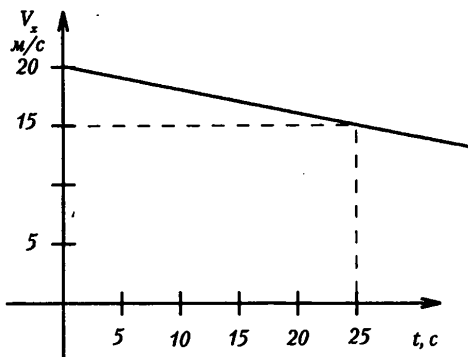


Рис. 71

### Урок 34. Движение тел в гравитационном поле

Цель: рассмотреть траекторию движения тела в гравитационном поле; вычислить I и II космические скорости.

#### Ход урока

##### I. Изучение нового материала

Под действием силы гравитационного притяжения происходит вращение Земли вокруг Солнца, движение спутников планет.

Попробуем разобраться с какими скоростями двигаются спутники.

Пусть тело находится на какой-то высоте  $H$ , на него со стороны Земли действует сила тяжести, направленная к центру Земли. Если начальная скорость равна нулю, то тело свободно падает на Землю по прямой, вдоль силы тяжести. При наличии горизонтальной компоненты тело движется почти по параболической траектории.

Начиная с некоторой скорости тело удаляется так быстро, что не падает на Землю. И становится искусственным спутником Земли, и движется вокруг нее по круговой орбите – эта скорость получила название первой космической скорости.

Если тело запущено по круговой орбите с поверхности Земли ( $H \approx 0$ ), то

$$F = \vartheta \frac{mM_3}{(R_3 + Y)^2}; \quad F = ma_y; \quad ma_y = \vartheta \frac{mM_3}{(R_3 + H)^2}; \quad a_y = \frac{\vartheta^2}{R_3 + H};$$

$$m \frac{\vartheta^2}{(R+H)} = \frac{mM_3}{(R+H)^2} \vartheta; \quad \vartheta = \sqrt{v \frac{M_3}{R_3+H}}; \quad H \approx 0;$$

$$\vartheta_1 = \sqrt{v \frac{M_3}{R_3}}; \quad g = v \frac{M_3}{R_3^2}; \quad \vartheta_1 = \sqrt{gR_3}.$$

Первая космическая скорость равна = 7,9 км/с.

Если скорость тела будет выше первой космической, то сила гравитации Земли удержит ее, но спутник будет двигаться по эллиптической орбите. При дальнейшем увеличении скорости запуска, тело все дальше удаляется от Земли, при этом эллиптическая орбита существенно вытягивается.

Наконец найдется такая скорость, начиная с которой тело способно вырваться в космическое пространство, преодолев притяжение Земли, т. е. оно удалится от Земли на бесконечное большое расстояние. (Траектория параболическая.)

Это вторая космическая скорость:  $\vartheta_1 = \sqrt{v \frac{M}{R}} = 11,2 \text{ км/с}$ .

Учащиеся в течение 5 минут работают с учебником, выводят вторую космическую скорость.

При запуске ракеты со скоростью большей второй. В этом случае траектория гиперболическая, начиная со второй космической скорости, траектория перестает быть периодической.

Фактором, препятствующим гравитационному притяжению тел, является их скорость и соответственно кинетическая энергия.

## II. Закрепление изученного

1. Какую скорость называют первой космической?
2. Какова траектория движения тела с первой космической скоростью?
3. Какую скорость должно иметь тело, чтобы его траектория стала параболической?
4. Когда тело движется по эллипсу?
5. Дайте определение перигея и апогея?

## III. Решение задач

1. Вычислить первую космическую скорость для Луны, если радиус Луны 1700 км, а ускорение свободного падения тел на Луне – 1,6 м/с<sup>2</sup>.

Дано:

$$R = 1700 \text{ км} = 1,7 \cdot 10^6 \text{ м}$$

$$g = 1,6 \text{ м/с}^2.$$

Решение: Первую космическую скорость для Луны можно определить по формуле:

$$\vartheta_1 = \sqrt{v \frac{M}{R}}. \text{ Но ускорение свободного падения}$$

$$\text{тел на Луне: } g = v \frac{M}{R^2}.$$

Найти:  $V_1 - ?$

Тогда преобразуем формулу скорости таким образом: умножим и разделим одновременно на радиус орбиты R.

$$\text{Получим: } \vartheta_1 = \sqrt{v \frac{M}{R} \cdot \frac{R}{R}} = \sqrt{v \frac{M}{R} \cdot R};$$

$$\text{Откуда } \vartheta_1 = \sqrt{gR}; \quad \vartheta_1 = \sqrt{1,6 \cdot 1,7 \cdot 10^6}.$$

(Ответ:  $V_1 \approx 1,65 \text{ км/с}$ .)

2. Какую скорость должен иметь искусственный спутник, чтобы обращаться по круговой орбите на высоте 900 км над поверхностью Земли? Каков период его обращения?

**Дано:**

$$h = 900 \text{ км} = 9 \cdot 10^5 \text{ м} = 0,9 \cdot 10^6 \text{ м}$$

$$M_3 = 6 \cdot 10^{24} \text{ кг}$$

$$R_3 = 6400 \text{ км} = 6,4 \cdot 10^6 \text{ км}$$

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$$

**Решение:** На спутник действует сила притяжения Земли, под действием которой он обращается по круговой орбите с центростремительным ускорением. Векторы силы и ускорения направлены к центру окружности по радиусу. Спутник находится на высоте  $h$  над Землей, поэтому радиус орбиты можно определить как  $R = R_3 + h$ .

**Найти:**  $V$  - ?;  $T$  - ?

Согласно второму закону Ньютона  $F = ma_{ц.}$ , где по закону всемирного тяготения:

$$F = v \frac{M_3 m}{(R+H)^2}. \text{ Следовательно, } v \frac{M_3 m}{(R+H)^2} = \frac{mv^2}{R+H}. \text{ Отсюда } v = \sqrt{v \frac{M_3}{R+H}}$$

Период обращения спутника (время одного полного оборота)

$$T = \frac{2\pi R}{v}; \quad T = \frac{2\pi(R+H)}{v}$$

(*Ответ:*  $V \approx 7,4 \text{ км/с}$ ;  $T \approx 103 \text{ мин} \approx 1,72 \text{ ч}$ .)

3. Какую скорость должен иметь искусственный спутник, чтобы обращаться по круговой орбите на высоте 600 км над поверхностью Земли? Каков период его обращения? (*Ответ:*  $V = 7,57 \text{ км/с}$ ;  $T = 96,5 \text{ мин}$ .)

4. Во сколько раз отличается скорость искусственного спутника, движущегося на высоте 21600 км от поверхности Земли, от скорости спутника, движущегося на высоте 600 км над поверхностью? Радиус Земли принять равным 6400 км. (*Ответ:* 22 раза меньше.)

5. Сравнить скорости движения искусственных спутников Земли и Венеры при движении по орбитам, одинаково удаленным от центра планет. Масса Венеры составляет 0,815 массы Земли. (*Ответ:* Скорость спутника Земли в 1,11 раза больше.)

6. Какую скорость имеет искусственный спутник, движущийся на высоте 300 км над поверхностью Земли? Каков период его обращения? (*Ответ:*  $V = 7,73 \text{ км/с}$ ;  $T = 90,4 \text{ мин}$ .)

7. Космический корабль имел начальный период обращения 88 мин. После проведения маневров период обращения стал равным 91 мин. Как изменилось расстояние до поверхности Земли и скорость движения корабля? (*Ответ:* Увеличилось, уменьшилась.)

**Домашнее задание**

П. 34, задачи на с. 97 (1-3).

### Дополнительный материал

В те же предстартовые годы жил и творил в России еще один космический мечтатель – изобретатель Ю. Кондратюк. По специальности и образу жизни совсем посторонний космосу человек – элеваторный механик, – Ю. Кондратюк издает в 1929 году в Новосибирске на собственные средства книгу «Завоевание межпланетных пространств». Появившаяся в глубокой научной периферии, каковой считался тогда (все-го-то две тысячи) Новосибирск, к тому же под грифом «Издано автором», книга, тем не менее, получила хорошую аудиторию. Неслучайно сразу же после войны, в 1947 году, она была переиздана Оборониздатом.



Конечно, Ю. Кондратюк в чем-то, и немало, повторил доводы К. Циолковского (было бы странно, если бы он их не повторил). Но его методы совсем иные, порой более эффективные, поэтому за ним свои, столь же важные вклады в теорию космонавтики. Ю. Кондратюком выведены основные формулы полета ракеты и рассчитана наиболее выгодная траектория, проведены обсуждения идей многоступенчатых ракет, промежуточных заправочных баз в дальних полетах и многое другое.

Особого разговора заслуживает проработка метода стыковки на лунной орбите. То, что предложил Ю. Кондратюк, оказалось наиболее надежным в решении проблемы выхода из корабля на Луну. Дело разворачивалось в таком порядке. Осуществляя программу высадки космонавтов на лунную поверхность, американцы взяли курс на использование специального, отделяемого от ракеты аппарата (модуля), который и был опущен на Луну вместо того, чтобы посадить на нее весь корабль.

Модуль сконструирован безвестным американским инженером Д. Хуболтом вскоре после оглашения в 1961 году призыва президента США Д. Кеннеди к нации о высадке людей на Луну.

Но вот что примечательно. Конструкция Д. Хуболта повторяет решение Ю. Кондратюка, работы которого были переведены на английский как раз в 1960 году. Но Д. Хуболт прочитал их уже после того, как он предложил свой расчет. Повторилось и остальное: непонимание, насмешки, попытки замолчать – все то, что в свое время выпало и на долю Ю. Кондратюка.

Нил Армстронг, первый человек, ступивший на Луну, был в Новосибирске, поинтересовался, есть ли памятник бывшему жителю города Ю. Кондратюку. Узнав, что памятника нет, высказал сожаление. Оказывается, при посадке «Аполлона» во время лунного путешествия американцы использовали одну из формул Юрия Кондратюка.

### **Урок 35. «Эффекты взаимодействий» (обобщающий урок-игра по динамике)**

*Цель:* в интересной игровой форме рассмотреть разнообразные взаимные действия тел друг на друга; обобщить, закрепить знания о законах динамики и о тех физических понятиях, которые связаны с взаимодействиями.

*Оформление:* выставка литературы для дополнительного чтения.

*Подготовка к уроку:* ребята делятся на две команды, равные по силам, выбирают капитаны команд.

#### **Ход урока**

##### **I. Вступительное слово учителя**

В физике по современным данным различают четыре вида взаимодействий: гравитационное, электромагнитное, сильное и слабое. С их проявлением мы встречаемся, изучая явления, происходящие во Вселенной, на планетах Солнечной системы, исследуя вещество, живую клетку, атом и элементарные частицы. Классическая механика Ньютона рассматривает два вида взаимодействий – гравитационное и электромагнитное.

Называя вечер по динамике «Эффекты взаимодействий», мы имели в виду не только два вида взаимодействий, которые изучаются механикой Ньютона, но и важный факт, который установил Ньютон из наблюдений за движениями тел, а именно: действие одного тела на другое не является односторонним – тела взаимодействуют, сообщая друг другу ускорения.

Мы посвятили этот вечер рассмотрению разнообразных взаимных действий тел друг на друга.

## II. Разминка «Только о силах»

*Ведущий.* Слово «сила» в обыденной речи имеет много значений и допускает множество толкований. Например, об участниках данного вечера можно сказать: «Все принялись за работу со свежими силами»; «Будут сражаться изо всех сил»; «Победит в соревновании сильнейший».

Присутствующие могут принести своей команде дополнительные очки, если дадут определение физического понятия «сила» и приведут примеры различных сил, встречающихся в природе, систематизируя их по трем видам: сила упругости, сила трения и сила тяготения.

Затем присутствующие заслушивают ответы. Правильный ответ жюри оценивает одним баллом.

### Вопросы первой команды

1. С самолета на парашютах сброшен груз массой 16 кг, который прикреплен к стропам через динамометр. (См. демонстрационный рисунок.) Парашют с грузом достигает скорости установившегося движения и далее опускается равномерно. Как менялись показания динамометра при падении груза?

2. Под действием каких сил Земля вращается вокруг Солнца и почему она «не падает» на него?

3. Как нужно потянуть за конец нитки, намотанной на катушку, чтобы катушка:

- удалялась от экспериментатора;
- приближалась к нему?

Ответ обосновать рассмотрением сил и подтвердить опытом.

### Вопросы второй команды

1. Что показывает динамометр в ситуации, изображенной на рисунке, если стержень имеет массу 5 кг?

2. Почему человек может бежать по тонкому льду и не может стоять на нем, не проваливаясь?

3. Можно ли поставить на край стола плоскую коробку от конфет так, чтобы ее большая часть свешивалась над полом? Осуществите свое предположение, используя предметы, выставленные на демонстрационном столе, но чтобы они были не видны зрителям.

В ответе на третий вопрос второй команды можно использовать плоскую коробку из-под шоколадных конфет и грузы разного размера.

За каждый правильный и полный ответ начисляется один балл.

## III. Конкурс «Внимание: невесомость!»

Цель этого конкурса – выявить знания учеников о странном на первый взгляд физическом явлении: когда исчезает вес тела; рассмотреть, выполняются или нет в этой ситуации изученные на уроках физические закономерности.

*Учитель.* Невесомость – удивительное состояние. Удивление вызывает тот факт, что при наличии сил тяготения исчезает вес тела. Физики по этому поводу

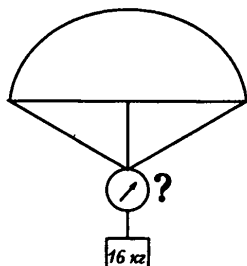


Рис. 72

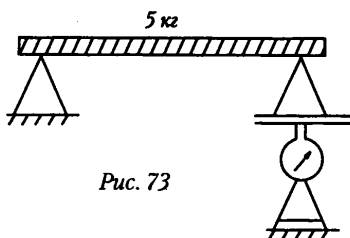


Рис. 73

путят: «В условиях невесомости все выглядит так же, как в условиях весомости, за исключением отсутствия веса, в связи с чем при невесомости все выглядит не так, как в условиях весомости».

*Примечание:* Для конкурса надо нарисовать на одном большом листе бумаги друг под другом следующие тела: перьевую авторучку, барометр-анероид, космонавта, плывущего в кабине космического корабля при его свободном полете, пружинный динамометр, весы, а на другом – изобразить другую серию рисунков, так же в столбик один под другим. Это может быть сосуд с водой, на поверхности которой плавает тело; чайник, наклоненный так, что из его носика вытекает вода; сообщающиеся сосуды с однородной жидкостью, установившейся на одном уровне. Вверху второго листа крупными буквами можно сделать надпись: «Возможны ли в состоянии невесомости такие ситуации?»

(Помощники выносят стенд, на котором посередине прикреплен лист бумаги с первой серией рисунков. Приглашаются два участника (по одному от каждой команды). Они должны ответить на вопросы, которые поочередно зачитывает ведущий, свои ответы в виде «да» или «нет» написать рядом с рисунками на стенде: один – слева, другой – справа.)

*Ведущий.* В невесомости, при свободном полете космического корабля, т. е. в полете с выключенными двигателями:

1. Пишет ли перьевая ручка?
2. Космонавт, перемещаясь по кабине космического корабля, сделал неосторожное движение и стукнулся о предмет. Испытывает ли он боль?
3. Можно ли измерить давление воздуха в кабине космического корабля барометром-анероидом?
4. Можно ли измерить вес тела при помощи пружинных весов?
5. Можно ли измерить массу тела при помощи рычажных весов?

Когда запись закончена и жюри оценило ответы, на сцену выносят еще один переносной стенд, на котором посередине укреплен большой лист бумаги с другой серией рисунков.

Задания и тип ответов аналогичны предыдущим. Учитель только уточняет вопросы:

В условиях невесомости:

6. Плавает ли коробка на поверхности воды?
7. Вытекает ли вода из носика чайника, если его наклонить?
8. Справедлив ли закон сообщающихся сосудов?

Оценивают этот конкурс, давая один балл за каждый верный ответ и один балл за каждое правильное объяснение.

#### IV. Конкурс «Действие и противодействие» (игра на перетягивание каната)

Хорошо известно, что не всегда достаточно легко определить силы, возникающие в результате их взаимодействия. Могут возникнуть и забавные ситуации, например с лошадью, запряженной в телегу. По законам физики на телегу и на лошадь действуют одинаковые по величине, но противоположно направленные силы. А почему же все-таки лошадь везет телегу? И ответ, что эти силы приложены к разным телам, не является убедительным.

Найдем физическое обоснование игре на перетягивание каната. Цель этого конкурса – еще раз показать учащимся, как понимать третий закон Ньютона.

Чтобы игра на перетягивание каната имела познавательное значение, учитель в своем вступительном слове должен сначала напомнить присутствующим формулировку третьего закона Ньютона, а затем предложить командам ответить на следующий вопрос: если по законам физики на обе команды со стороны каната действуют одинаковые по модулю силы, которые направлены в противоположные стороны, то команды тоже действуют на канат с одинаковыми по модулю и противоположными по направлению силами. Почему же все-таки одна из команд перетягивает канат и выигрывает?

Затем проводится состязание на перетягивание каната. Жюри оценивает конкурс двумя баллами: один – за полный и правильный ответ, другой – за превосходство в ловкости и силе.

#### **V. Конкурс «Взаимодействие на дорогах планеты»**

При подготовке за неделю до состязаний учитель должен объяснить участникам конкурса, что им предстоит дать полезные советы начинающим автомобилистам (одна команда) и велосипедистам (другая команда), связанные с преодолением поворотов, т. е. чтобы сделать движение на повороте более безопасным. Для этого необходимо рассмотреть взаимодействие земли (дороги), транспортных средств и водителя; рассмотреть силы, действующие в данной ситуации. Свои рекомендации можно иллюстрировать рисунками.

Для лучшей подготовки учитель дает учащимся следующие вопросы:

##### **Команде 1**

1. Почему на повороте не следует резко тормозить. Предположим, вы уже совершили поворот и вдруг решили, что едете слишком быстро. Что произойдет, если вы резко нажмете на педаль тормоза? И почему?

2. Гонщики нажимают на педаль газа, выходя из поворота, но не на повороте. Почему?

3. Опытные водители рекомендуют при торможении на скользкой дороге не «выключать сцепление», т. е. не отсоединять колеса двигателя. Почему такой способ торможения безопаснее?

##### **Команде 2**

1. Все видели, что велосипедист на повороте наклоняется. Угол наклона зависит от скорости движения (возрастает с ее увеличением) и от радиуса окружности (возрастает с его уменьшением при одной и той же скорости движения).

А зависит ли угол наклона от массы велосипедиста, т. е. должен ли угол наклона быть одинаковым при одной и той же скорости для отца и его десятилетнего сына? Ответ обосновать.

2. Почему при выполнении поворота на влажном асфальте велосипедист должен предусмотреть появление опасного скольжения?

3. Почему на автострадах и велосипедных треках у крупных поворотов дороги полностью сделаны с наклоном к центру вращения?

Ведущий знакомит с заданием, которое соревнующиеся команды получили до встречи, и предлагает начать выступление. Каждый полезный совет оценивается одним баллом.

#### **VI. Конкурс «Поездка в автобусе»**

Все присутствующие, поделившись на болельщиков двух команд, должны представить себя пассажирами автобуса. Каждый получает надутый детский шарик и держит его за ниточку в левой руке, поднятой вверх. Этим шариком надо

показать, как меняется положение тела пассажира относительно сиденья (кресла), т. е. относительно Земли, в разных ситуациях, возникающих при движении в автобусе: например, автобус резко или плавно отъезжает от остановки, резко или плавно тормозит, подъезжая к ней; делает на большой скорости правый или левый поворот; движется по шоссе равномерно и прямолинейно.

Конкурс построен по типу известной детской игры на внимание.

Ведущий информирует присутствующих, как в данный момент едет автобус.

Информацию свою подает эмоционально, в быстром темпе и беспорядочно, не соблюдая порядка и в движении автобуса, с частым повторением одинаковых ситуаций.

Все члены жюри следят за тем, как болельщики реагируют на команды ведущего, и в заключение командам начисляют от одного до трех баллов в зависимости от числа ошибок (неверных положений шарика), допущенных при исполнении команд.

## **VII. Подведение итогов**

Награждение победителей.

## **Урок 36. Применение законов Ньютона**

*Цель:* научить решать задачи по теме «Применение законов Ньютона».

### **Ход урока**

#### **I. Вопросы для повторения**

1. Сформулировать I закон Ньютона.
2. Сформулировать II закон Ньютона.
3. Сформулировать III закон Ньютона.
4. По какой формуле находится модуль силы трения скольжения?
5. Куда направлен вектор силы трения скольжения?
6. Какой природы сила реакции опоры?
7. Куда направлен вектор силы реакции опоры?
8. Укажите направление силы тяжести?
9. Дайте определение веса?

#### **II. Новый материал**

Для решения задач динамики целесообразно использовать следующий стандартный подход:

1. Изобразите силы, действующие на каждое тело в инерциальной системе отсчета.
2. Запишите для каждого тела второй закон Ньютона в векторной форме.
3. Выберите координатные оси. (Если известно направление ускорения, то целесообразно направить одну ось вдоль ускорения, а вторую перпендикулярно ему.)
4. Проецируя второй закон Ньютона на координатные оси, получите систему уравнений для нахождения неизвестных величин.
5. Решите систему уравнений, используя аналитические выражения для всех сил и дополнительные условия.

#### **III. Решение задач**

1. Автомобиль массой 1 т поднимается по шоссе с уклоном  $30^\circ$  под действием силы тяги 7 кН. Найти ускорение автомобиля, считая, что сила сопротивления зависит от скорости движения. Коэффициент сопротивления равен 0,1. Ускорение свободного падения принять равным  $10 \text{ м/с}^2$  (рис. 74).

**Дано:**

$$m = 1 \text{ т} = 10^3 \text{ кг};$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$F_T = 7 \text{ кН} = 7 \cdot 10^3 \text{ Н}$$

$$m = 0,1$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

**Найти:**  $a = ?$ 

**Решение:** На движущийся автомобиль действуют силы: сила тяжести  $mg$ , направленная вертикально вниз, сила реакции шоссе  $N$ , направленная вверх перпендикулярно поверхности, сила тяги  $F_m$ , направленная вверх вдоль наклонной плоскости, и сила трения о шоссе  $F_{mp}$ , направленная противоположно движению автомобиля. Вектор ускорения  $a$  направлен вверх вдоль наклонной плоскости, так как движение автомобиля равноускоренное. Для описания движения выберем

прямоугольную систему координат  $xOy$ , направим ось  $x$  вверх вдоль плоскости, а ось  $y$  – перпендикулярно плоскости вверх. Находя проекции силы тяжести  $mg$  по оси  $x$  и  $y$ , воспользуемся соотношениями в прямоугольном треугольнике.

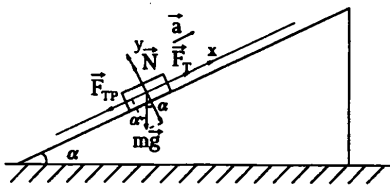


Рис. 74

**Краткое оформление решения задачи**

По второму закону Ньютона:

$$T + F_m + mg + F_{mp} = ma$$

$$O_x: -mg \sin \alpha + F_m - F_{mp} = ma (mg_x = mg \sin \alpha)$$

$$O_y: N - mg \cos \alpha = 0 \Rightarrow N = mg \cos \alpha$$

По определению сила трения

$$F_{mp} = \mu N = \mu mg \cos \alpha. \text{ Отсюда: } -mg \sin \alpha + F_m - \mu mg \cos \alpha = ma$$

$$a = \frac{F_m - mg(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}{m}; \quad a = \left[ \frac{H - \kappa z \cdot m/c^2}{\kappa z} \right] = \left[ \frac{m}{c^2} \right].$$

(Ответ:  $a \approx 1,13 \text{ м/с}^2$ .)

2. Телега массой 500 кг начинает двигаться вверх по наклонной дороге. Через 10 с от начала движения она проходит 100 м. Определите силу тяги телеги, если длина уклона дороги 1,5 км, подъем 100 м и коэффициент трения равен 0,4. (Ответ:  $F_T \approx 3350 \text{ Н}$ )

3. Тележка массой 5 кг движется по горизонтальной поверхности под действием гири массой 2 кг, прикрепленной к концу нерастяжимой нити, перекинутой через неподвижный блок. Определить натяжение нити и ускорение движения тележки, если коэффициент трения тележки о плоскость 0,1. Массами блока и нити, а также трением в блоке пренебречь.

**Дано:**

$$m_1 = 5 \text{ кг}$$

$$m_2 = 2 \text{ кг}$$

$$m = 0,1$$

$$g = 9,8 \text{ м/с}^2$$

**Найти:**

$$T = ?$$

$$a = ?$$

**Решение:** В данном случае рассматривают движение каждого тела отдельно.

1) На тележку действуют силы: сила тяжести  $mg$ , сила реакции плоскости  $N$ , сила натяжения  $T$ , сила трения  $F_{mp}$ . Выберем прямоугольную систему координат  $xOy$ ; направим ось  $x$  по направлению движения тележки, а ось  $y$  – вертикально вверх.

Запишем для тележки второй закон Ньютона в векторной форме:  $\vec{N} + \vec{T} + m_1 \vec{g} + F_{mp} = m_1 a$ ,

$$O_x: T - F_{mp} = m_1 a,$$

$$O_y: N - m_1 g = 0 \Rightarrow N = m_1 g$$

$$\text{т. к. } F_{mp} = \mu T = m_1 a,$$

2) На гирю  $m_2$  действуют две силы: сила тяжести  $m_2 g$  и сила натяжения нити  $T$ .

По второму закону Ньютона:

$$T_2 + m_2 g = m_2 a_2$$

$$-T_2 + m_2 g = m_2 a_2 \text{ или } m_2 g - T_2 = m_2 a_2 \quad (2)$$

$$T_1 - \mu m_1 g = m_1 a_1$$

$$m_1 g - T_2 = m_1 a_2$$

$$T_1 = T_2 = T = a_1 = a_2 = a.$$

Складывая уравнения системы, получим:

$$T - \mu m_1 g + m_2 g - T = m_1 a + m_2 a, \text{ откуда}$$

$$g(m_2 - \mu m_1) = a(m_1 + m_2).$$

Силу натяжения нити можно определить по любому уравнению (1) или (2)

$$a = \frac{g(m_2 - \mu m_1)}{m_1 + m_2}$$

$$T = m_1 a + \mu m_1 g = m_1 (a + \mu g); \quad T = 5 \cdot 2,1 + 0,1 \cdot 5 \cdot 9,8 = 15,4 \text{ Н.}$$

(Ответ:  $T = 15,4 \text{ Н}$ ;  $a = 2,1 \text{ м/с}^2$ .)

4. Шарик массой 500 г, подвешенный на нерастяжимой нити длиной 1 м, совершает колебания в вертикальной плоскости. Найти силу натяжения нити в момент, когда она образует с вертикалью угол  $60^\circ$ . Скорость шарика в этот момент 1,5 м/с (рис. 76).

Дано:

$$m = 500 \text{ г} = 0,5 \text{ кг}$$

$$\alpha = 60^\circ;$$

$$V = 1,5 \text{ м/с}; \quad g = 9,8 \text{ м/с}^2.$$

Найти:  $T = ?$

Решение:  $T + mg = ma_{yc}$

$$O_y: T - mg \cos \alpha - ma_{yc}, \text{ т. к. } l = R \text{ и } a_y = \frac{v^2}{R} = \frac{v^2}{l}$$

$$T = mg \cos \alpha + ma_{yc} = mg \cos \alpha + \frac{mV^2}{l} =$$

$$= m \left( g \cos \alpha + \frac{V^2}{l} \right).$$

(Ответ:  $T \approx 3,6 \text{ Н}$ .)

5. Тело массой  $m = 1 \text{ кг}$ , подвешенное на нити длиной  $l = 1 \text{ м}$ , описывает в горизонтальной плоскости окружность с постоянной угловой скоростью, совершая 1 об/с. Определите модуль силы упругости нити  $F$  и угол  $\alpha$ , который образует нить с вертикалью (рис. 77).

Решение:

$$mg + F = ma; \quad R = l \sin \alpha;$$

$$a = \frac{v^2}{R} = \frac{v^2}{l \sin \alpha}; \quad F \sin \alpha = ma.$$

$$\text{Отсюда: } F = \frac{ma}{\sin \alpha} = \frac{m v^2}{l \sin^2 \alpha}$$

$$V = \omega \cdot R = 2\pi \nu l \sin \alpha,$$

$$\text{то } F = 4 \pi^2 m \nu^2 l; \quad F \cos \alpha - mg = 0,$$

$$\cos \alpha = \frac{mg}{F} = \frac{mg}{4\pi^2 m^2 \nu^2 l} = \frac{g}{4\pi^2 \nu^2 l}$$

$$F = 1 \text{ кг} \cdot 4 \pi^2 \cdot 1 \text{ с}^{-2} \cdot 1 \text{ м} = 40 \text{ Н}; \quad \alpha \approx 75,5^\circ$$

Домашнее задание

С. 98, задачи (1–3).

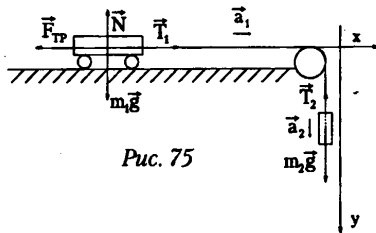


Рис. 75

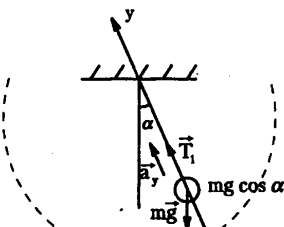


Рис. 76

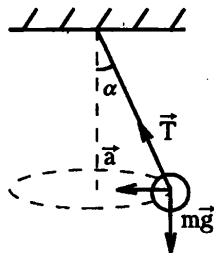


Рис. 77

## Урок 37. Решение задач

**Цель:** закрепить умения и навыки решения задач по теме «Применение законов Ньютона».

### Ход урока

#### I. Повторение. Беседа

1. Изобразите на рисунке силы, действующие на тела.

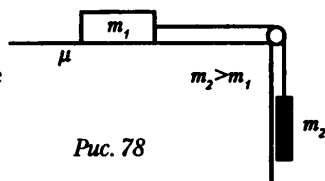


Рис. 78

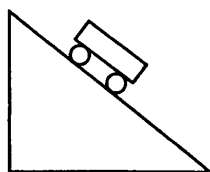


Рис. 79

2. Укажите силы:  
Вагон на поворота

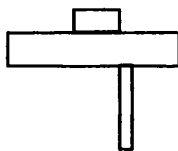


Рис. 82

3. Тело вращается  
на диске.

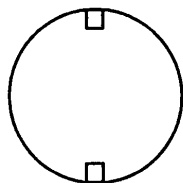


Рис. 80

4. Тело на веревке

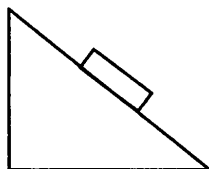


Рис. 81

5. Тело скатывается  
с наклонной плоскости

#### II. Решение задач

Оценка «3»

1. Вагонетка массой 180 кг движется без трения с ускорением  $0,1 \text{ м/с}^2$ . Определить силу, сообщающую ускорение. (Ответ: 18 Н)

2. Тепловоз тянет вагон массой 2 т с ускорением  $0,2 \text{ м/с}^2$ . Определить силу тяги тепловоза, если сила сопротивления движению 10 кН. (Ответ: 10,4 кН)

3. Тело перемещают по горизонтальной площадке с ускорением  $2 \text{ м/с}^2$ . Чему равна сила тяги, если масса тела 8 кг, а коэффициент трения 0,5? (Ответ: 56 Н)

4. Какая требуется сила, чтобы телу массой 250 г сообщить ускорение  $0,2 \text{ м/с}^2$ ? (Ответ: 0,05 Н)

5. Определить силу сопротивления движению, если вагонетка массой 1 т под действием силы тяги 700 Н приобрела ускорение  $0,2 \text{ м/с}^2$ ? (Ответ: 500 Н)

6. Автобус, масса которого 15 т, трогается с места с ускорением  $0,7 \text{ м/с}^2$ . Найти силу тяги, если коэффициент трения равен 0,03. (Ответ: 15 кН).

Оценка «4»

1. Санки, скользящие по горизонтальной поверхности, остановились, пройдя расстояние 25 м. Определить начальную скорость санок, если коэффициент трения 0,05. (Ответ: 5 м/с)



2. Определить силу давления пассажиров на пол кабины лифта, если их масса 150 кг: а) при спуске с ускорением  $0,6 \text{ м/с}^2$ ; б) при подъеме с тем же ускорением; в) при равномерном движении. (Ответ: 1410 Н; 1590 Н; 1500 Н)

3. Поезд, подходя к станции со скоростью  $72 \text{ км/ч}$ , начинает тормозить. Каково время торможения поезда до полной остановки, если коэффициент трения равен  $0,005$ . (Ответ: 6,7 мин)

4. Тело массой  $5 \text{ кг}$  лежит на полу лифта. Определить силу давления тела на пол лифта: а) при равномерном движении; б) при спуске с ускорением  $2 \text{ м/с}^2$ ; в) при подъеме с тем же по модулю ускорением. (Ответ: 50 Н; 40 Н; 60 Н).

#### Оценка «5»

1. Дано:  $m_1 = 10 \text{ кг}$ ;  $m_2 = 3 \text{ кг}$ ;  $m_3 = 2 \text{ кг}$ ;  $\mu = 0,2$  (рис. 83).

Найти:  $a$ ,  $T_1$ ,  $T_2$ .

(Ответ:  $2 \text{ м/с}^2$ ; 40 Н; 16 Н)

2. На концах нити, перекинутой через неподвижный блок, подвешены тела массами  $m = 240 \text{ г}$  каждое. Какую массу  $m_1$  должен иметь добавочный груз, положенный на одно из тел, чтобы каждое из них прошло за  $4 \text{ с}$  путь  $160 \text{ см}$ ? (Ответ: 9,8 г)

3. С каким ускорением движется система, если  $m = 1 \text{ кг}$  и коэффициент трения равен  $0,2$  (рис. 84)? Каковы силы натяжения нитей?

(Ответ:  $2 \text{ м/с}^2$ ; 12 Н; 16 Н)

4. Брусок массой  $m_1 = 200 \text{ г}$  под действием груза массой  $m_2 = 100 \text{ г}$  проходит из состояния покоя путь  $40 \text{ см}$  за  $1 \text{ с}$ . Найти коэффициент трения бруска о плоскость (рис. 85).

(Ответ: 0,38)

#### Задачи повышенной трудности

1. Тело массой  $3 \text{ кг}$  падает с высоты  $3 \text{ м}$  над поверхностью снега и пробивает в нем яму глубиной  $30 \text{ см}$ . Считая движение тела в снегу и в воздухе равнопеременным, а силу сопротивления воздуха равной  $13 \text{ Н}$ , определить силу сопротивления движения тела в снегу. (Ответ: 200 Н)

2. На штанге укреплен невесомый блок, через который перекинута нить с двумя грузами, массы которых  $m_1 = 500 \text{ г}$  и  $m_2 = 100 \text{ г}$ . В грузе  $m_2$  имеется отверстие, через которое проходит штанга. Сила трения груза о штангу постоянна и равна  $13 \text{ Н}$ . Найти ускорение грузов и силу натяжения нити.

(Ответ:  $1,6 \text{ м/с}^2$ ; 4,2 Н)

#### Домашнее задание

Повторить п. 19–27, задачи стр. 98 (3–4).

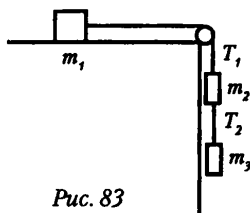


Рис. 83

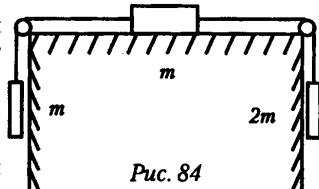


Рис. 84

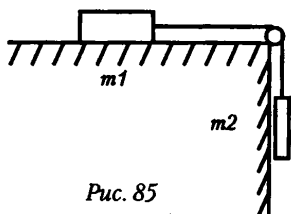


Рис. 85

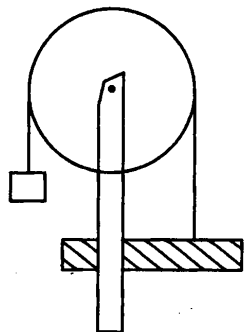


Рис. 86

### Урок 38. Лабораторная работа «Движение тела по окружности под действием силы тяжести и упругости»

**Цель:** убедиться в том, что при движении тела по окружности под действием нескольких сил их равнодействующая равна произведению массы тела на ускорение  $F = ma$  (на примере конического маятника).

**Оборудование:** 1) динамометр; 2) часы с секундной стрелкой или секундомер; 3) линейка измерительная; 4) груз из набора по механике массой 100 г; 5) штатив лабораторный с кольцом; 6) прочная нить; 7) лист бумаги с начерченной на нем окружностью радиусом 15-20 см; 8) транспортир.

#### Инструкция

На конический маятник действуют две силы: сила тяжести  $mg$  и сила упругости  $F_{упр}$ . Их равнодействующая равна  $F = mg + F_{упр}$ . Сила  $F$  сообщает маятнику центростремительное ускорение  $a = \frac{4\pi^2 R}{T^2}$  ( $R$  – радиус окружности, по которой движется груз,  $T$  – период его вращения).

Таким образом, в работе необходимо сравнить силу  $F$  с произведением  $m \frac{4\pi^2 R}{T^2}$ .

Для выполнения работы собирают установку с коническим маятником. К концу штатива подвешивают на нити груз. Для этого верхний конец нити продевают в отверстие кольца штатива и заклинивают заостренной спичкой.

На столе под маятником располагают лист бумаги с начерченной на нем окружностью. Центр окружности располагают на отвесной линии, проходящей через точку подвеса маятника. Затем маятник приводят во вращательное движение в горизонтальной плоскости, взявшись двумя пальцами за нить у точки подвеса. Радиус вращения маятника подбирают равным радиусу окружности.

Период вращения маятника измеряют часами с секундной стрелкой. При этом один ученик следит за секундной стрелкой, другой – вращает маятник и ведет счет оборотов за одну или две минуты. Зная время и число оборотов, вычисляют период вращения:

$$T = \frac{t}{N}$$

Подставляют полученные данные ( $R$ ,  $m$ ,  $T$ ) в приведенную выше формулу и находят величину  $ma$ .

Равнодействующую сил тяжести и упругости можно найти несколькими способами, например:

1. Из соотношения  $h = l \cos \alpha$ , где  $l$  – длина маятника;  $\alpha$  – угол отклонения маятника от положения равновесия.

2. Измерением силы  $F$  с помощью динамометра. В этом случае маятник оттягивают от положения равновесия на расстояние, равное радиусу окружности  $R$ , и снимают показания динамометра. Последний способ измерения силы дает наименьшую погрешность, так как в этом случае она определяется только погрешностями динамометра и отсчета.

Сопоставляя результаты измерения  $F$  и  $ma$ , убеждаются, что они близки между собой. Относительную погрешность косвенного измерения силы выявляют

на основе соотношения  $\cos \alpha = \frac{mg}{F} = \frac{mg}{4\pi^2 m^2 \theta^2 l} = \frac{g}{4\pi^2 \theta^2 l}$ .

Находят по формуле  $e_p = e_m + 2e_l + e_{\cos}$

Здесь  $e_m = 2\%$  – относительная погрешность, с которой нам известна масса груза по механике; – – граница случайной погрешности измерения времени

$$e_t = \frac{\Delta t}{t}$$

При малых углах отклонения маятника можно считать, что  $e_R = 0$ , так как период его не зависит от угла отклонения. При достаточно длинной нити можно уменьшить  $e_{\text{сист}}$  до такого значения, что суммой ( $e_{\text{гусм}} + e_m$ ) можно пренебречь по сравнению со случайной погрешностью  $F = m \frac{4\pi^2 N^2}{t^2} R$  (формула, которая вносит основной вклад в погрешность). Поэтому  $\varepsilon_F = 2 \frac{\Delta t}{t_{\text{ф}}}$ .

Граница случайной погрешности составляет: при однократном проведении опыта – 17%, при двукратном – 12%, при трехкратном – 10%.

В зависимости от числа опытов по вычисленному значению произведения  $ma$  находят границы абсолютной погрешности  $\Delta F = e_F(ma)$

### Урок 39. Решение задач по теме «Применение законов Ньютона»

*Цель:* закрепить умения и навыки решения задач по теме «Применение законов Ньютона».

#### Ход урока

#### I. Повторение. Решение задач

Применение законов Ньютона.

1. На однородный стержень, находящийся на гладкой горизонтальной плоскости, действуют две силы  $F_1$  и  $F_2$ , приложенные к его концам и направленные вдоль стержня в противоположные стороны. Длина стержня  $l$ . Считая, что  $F_1 > F_2$ , найдите величину  $T$  силы натяжения стержня в сечении, находящемся на расстоянии  $x$  от конца, к которому приложена сила  $F_1$ .

2. Бетонную плиту массой 500 кг подъемный кран равноускоренно поднимает вертикально вверх с ускорением  $a=0,6 \text{ м/с}^2$ . Вычислите величину  $T$  силы натяжения троса, на котором подвешена плита. (5300 Н)

3. Шофер автомобиля резко затормозил при скорости  $v_0=24 \text{ м/с}$ . Через какое время  $T$  автомобиль остановится. Коэффициент трения скольжения  $m=0,6$ . (4 с)

4. Для равномерного движения санок массой 80 кг по горизонтальной плоскости к санкам приложили силу величиной  $F=100 \text{ Н}$  под углом  $\alpha=30^\circ$  к горизонту. Вычислите коэффициент трения скольжения  $m$  санок по плоскости. (0,11)

5. Чтобы тянуть сани с постоянной скоростью по горизонтальной дороге надо прикладывать силу величиной  $F_1 = 490 \text{ Н}$  под углом  $\alpha_1=60^\circ$  к горизонту или силу  $F_2=330 \text{ Н}$  под углом  $\alpha_2=30^\circ$ . Определите массу саней (198 кг)

6. Ледяная гора составляет с горизонтом угол  $\alpha=30^\circ$ . По ней снизу вверх пускают шайбу, которая за  $t_1=2 \text{ с}$  проходит расстояние  $S=16 \text{ м}$ , после чего останавливается и скользит вниз. Каков коэффициент трения скольжения  $m$  шайбы по льду. Сколько времени  $t_2$  длится соскальзывание. (0,35, 4 с)

7. К концам легкой нерастяжимой нити, перекинутой через гладкий неподвижный блок прикреплены два тела массой  $m=240 \text{ г}$  каждое. Вычислите массу  $\Delta m$  добавочного груза, который следует положить на одно из тел, чтобы каждое из них прошло за  $t=4 \text{ с}$  путь  $S=160 \text{ м}$ . (10 г)

8. На какую величину  $\Delta P$  уменьшится вес автомобиля в высшей точке выпуклого моста по сравнению с его весом на горизонтальной дороге, если радиус кривизны моста  $R=100$  м, масса автомобиля  $m=2$  т, скорость его движения  $v=72$  км/ч. (8000 Н)

9. Груз, подвешенный на нити длиной 60 см, движется равномерно по окружности в горизонтальной плоскости. Какова скорость  $v$  груза, если во время движения нить образует с вертикалью постоянный угол  $\alpha=30^\circ$ . (1,6 м/с)

10. Самолет делает «мертвую петлю» радиусом  $R=255$  м. Какую наименьшую по величине скорость  $v$  должен иметь самолет в верхней точке петли, чтобы летчик не повис на ремнях, которыми он пристегнут к креслу. (50 м/с)

#### Домашнее задание

Повторить п. 19–27; подготовиться к контрольной работе.

### Урок 40. Контрольная работа по теме «Динамика материальной точки»

(См. раздел «Самостоятельные и контрольные работы».)

Ответы к контрольной работе

	Номер вопроса и ответ				
	1	2	3	4	5
Вариант 1	В	Б	В	Б	Г
Вариант 2	В	Г	Б	В	А

### Вариант урока 28. Контрольная работа по теме «Динамика материальной точки»

(См. раздел «Самостоятельные и контрольные работы».)

Ученик выполняет один из трех контрольных тестов I, II или III (повышенного) уровня сложности. Для аттестации ученика необходимо выполнить тест I уровня сложности.

Ответы к контрольной работе

Вариант 1                      Вариант 2

1. 8 кН	1. 20 м/с
2. $\approx 44$ Н	2. $\approx 2050$ Н
3. $\approx 17$ м	3. $\approx 20,5$ м/с
4. $\approx 6,3$ кН	4. $3,3$ м/с <sup>2</sup>
5. Более 0,2	5. 0,23 с
6. $1$ м/с <sup>2</sup>	6. $\approx 3$ с

### Урок 41. Импульс материальной точки. Закон сохранения импульса

Цель: дать понятие импульса тела; изучить закон сохранения импульса, показать его практическое применение.

#### Ход урока

#### I. Анализ контрольной работы

#### II. Изучение нового материала

Второй закон Ньютона  $ma = F$

Импульс – векторная величина.

Можно записать II закон Ньютона  $\Delta p = Ft$

Понятие импульса было введено в физику французским ученым Рене Декартом (1596-1650).

### Эксперимент 1

Две тележки, которые двигаются друг на друга. Пусть их скорости  $V_{01}$  и  $V_{02}$ , а массы  $m_1$  и  $m_2$ . Пренебрегая внешними силами (силой трения, тяжести и т. д.) данную систему тел считать замкнутой.

По III закону Ньютона

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2; m_1 \vec{a}_1 = -m_2 \vec{a}_2; \frac{m_1(\vec{V}_1 - \vec{V}_{01})}{t} = -\frac{m_2(\vec{V}_2 - \vec{V}_{02})}{t}; m_1 \vec{V}_1 - m_1 \vec{V}_{01} = -m_2 \vec{V}_2 + m_2 \vec{V}_{02}$$

Получаем закон сохранения импульса  $m_1 V_1 + m_2 V_2 = m_1 V_{01} + m_2 V_{02}$

Суммарный импульс замкнутой системы тел остается постоянным при любых взаимодействиях тел системы между собой.

Все реальные системы не являются замкнутыми. Закон сохранения импульса выполняется для любых систем – будь то космические тела, атомы или элементарные частицы.

Большое значение имеет закон сохранения импульса для исследования реактивного движения.

### Эксперимент 2

Надуйте детский резиновый шарик и отпустите. Шарик стремительно взвевается вверх.

### Эксперимент 3

Пробейте банку гвоздем, а напротив отверстия сделайте еще одно, дырки должны быть косые. Налейте воду. Банка придет в движение.

Это примеры реактивного движения.

*Реактивное движение* – движение, возникающее при отделении от тела с некоторой скоростью какой-либо его части.

Важным примером реактивного движения является движение ракеты.

Отделяющейся частью тела (ракеты) при таком движении является струя горячих газов, образующихся при сгорании топлива. Струя газов в одну сторону, а ракета в противоположную.

## III. Закрепление изученного

1. Что называют импульсом тела и минусом силы?
2. Запишите формулу импульса тела.
3. Какова единица измерения импульса тела в СИ?
4. Что такое замкнутая система?
5. Сформулируйте закон сохранения энергии.
6. Какое движение называют реактивным?
7. На каком законе основано реактивное движение?
8. От чего зависит скорость ракеты?

## IV. Решение задач

1. Лыжник начал спуск по плоскому склону, наклоненному к горизонту под углом  $\alpha = 30^\circ$ . Считая, что коэффициент трения скольжения  $\mu = 0,1$ , а ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ , вычислите скорость  $V$ , которую он приобретет через  $T = 6 \text{ с}$ . (Ответ:  $V = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) T \approx 25 \text{ м/с}$ .)

2. При формировании железнодорожного состава три сцепленных между собой вагонов, движущихся со скоростью  $V_0 = 0,4 \text{ м/с}$ , сталкиваются с неподвижным

вагоном, после чего все четыре вагона продолжают двигаться в том же направлении с одинаковой скоростью  $V$ . Определите эту скорость, если массы всех вагонов одинаковы. (*Ответ:*  $V = 3/4 V_0 = 0,3$  м/с).

3. На сортировочном узле железнодорожной станции вагон 1, движущийся со скоростью  $V_1 = 1$  м/с, сталкивается и сцепляется с вагоном 2, движущимся в том же направлении со скоростью  $V_2 = 0,5$  м/с. После сцепления оба вагона продолжают двигаться в одном направлении. При этом скорость вагонов сразу после столкновения равна  $V = 2/3$  м/с. Определите отношение масс  $m_1/m_2$  вагонов 1 и 2.

(*Ответ:*  $m_1/m_2 = \frac{V - V_2}{V - V_1} = 1/2$ )

4. Ядро, летевшее в горизонтальном направлении со скоростью  $V = 20$  м/с, разорвалось на две части. Массы осколков  $m_1 = 10$  кг и  $m_2 = 5$  кг. Скорость меньшего осколка  $V_2 = 90$  м/с и направлена так же, как и скорость ядра до разрыва. Определите величину  $V_1$  скорости и направление движения большего осколка. (*Ответ:*  $V_{1x} = (1 + m_2/m_1) V - m_2/m_1 V_2 = -15$  м/с, направление оси  $X$  совпадает с направлением вектора  $V$ .)

**Домашнее задание**

П. 41, 42; с. 109 задачи (1-2).

#### Дополнительный материал

**С. П. Королев (1907–1966)**

*Теоретик космонавтики, конструктор, организатор*

Сергей Павлович Королев родился 30 декабря 1906 г. (по новому стилю – 12 января 1907 г.) в Житомире. Его отец Павел Яковлевич был учителем словесности. После того как отца перевели в Киев, мать Сергея, Мария Николаевна вместе с ним уехали к ее родителям в Нежин. В 1916 году Мария Николаевна развелась с первым мужем, после чего вышла замуж за инженера Григория Михайловича Баланина. Их семья переезжает в Одессу.

В замечательном приморском городе прошли отрочество и юность Сергея.

В 1922 году пятнадцатилетний Сергей Королев пошел в двухгодичную профессиональную школу № 1, куда брали и подростков. Там преподавали очень сильные учителя. За 2 года Сергей получил настоящее среднее образование.

В 17 лет Королев уехал учиться в Киевский политехнический институт. К тому времени Сергей уже спроектировал свой первый планер, Проект легкомоторного двухместного самолета СК-И (по первым буквам его имени и фамилии) был построен и проходил летные испытания.

В 1929 г. Королев окончил МВТУ, получив профессию инженера-аэромеханика, а в 1930 он без отрыва от производства окончил Московскую школу летчиков.

В 1932 г. Сергей Королев женился на Ксении Винцентинц, с которой учился в Одессе. В этом же году Королев вместе с Цандером организует одну из первых в СССР ракетных организаций – группу изучения реактивного движения (ГИРД) при Центральном Совете Осоавиахима.

В 1933 г. открывается Реактивный научно-исследовательский институт (РНИИ). В него входят РИРД и Ленинградская Газодинамическая лаборатория (ГДЛ).

Сергей Павлович Королев был назначен заместителем начальника института. Через полтора года Королева по личному указанию Н. Бухарина освобождают от обязанностей зам. директора и направляют старшим инженером в группу. В 1938 г. это спасло Королева, когда начальник института Клейменов и Лангемах получили смертный приговор, а Королев – «всего лишь» срок.

В 1934 г. вышла первая и единственная книга Сергея Королева. Книга называлась «Ракетный полет в стратосфере».

В конце октября 1935 г. научно-технический совет РНИИ представил Королева к званию профессора по специальности «Крылатые и бескрылые ракеты». Но экспертная машиностроительная комиссия отклонила присвоение научного звания профессора.

В 1938 г. во время стендовых испытаний ракеты «212», Королев получает ранение в голову. Он долго лечился в Боткинской больнице.

Накануне 2-ой Мировой войны он участвует в создании самолета «ТУ-2». В 1957 г. Королев участвует в запуске первого искусственного спутника.

### **К.Э. Циолковский**

В сочинениях К. Циолковского была развернута далекая программа оккупации мировых пространств. В его книгах предусмотрено (и не только для первых шагов) практически все: подготовка к полету, старт, сам полет, последующая многоплановая работа космонавтов. На удивление прозорливо, даже пророчески, расписаны поведение корабля и «пассажиров», маневры, условия, какие сбудутся по мере погружения в космос, режимы работ и т. д. Заглянул ученый и в дальние дали наступления на космос, когда начнется его обживание... Словом, написана подлинная «космическая энциклопедия», своего рода руководство к внеземному способу жизни.

Удивляет, сколь точно наш великий земляк определил не только общий контур прорыва в космос, но и его конкретные детали. Не случайно, что космонавты обращались к нему за разъяснениями, тщательно изучая его работы.

1961 год. В Московском Доме ученых – пресс-конференция. В набитом до краев зале держит речь первый космонавт Земли. Его спрашивают о том, насколько разошлись представления, которые он имел, с тем, что произошло в деле? «В книге Циолковского очень хорошо описаны факторы космического полета, и те факторы, с которыми я встретился, почти не отличались от описания», так ответил Ю. Гагарин, и далее, рассказывая о впечатлениях, особенно про невесомость, летчик засвидетельствовал: «Я просто поражен, как правильно мог предвидеть наш замечательный ученый то, с чем довелось встретиться, что пришлось испытать на себе!» К. Циолковский смоделировал даже ощущения, которые должны испытывать космонавты. Их подтвердил Ю. Гагарин.

Ничего удивительного, что и конструкторы, снаряжая космические ракеты, «расспрашивали» К. Циолковского. Так, предвидя серьезные стартовые нагрузки, он посоветовал укладывать космонавтов в жидкость. Отлично! В 1958 году американцы принялись искать, как уберечься от перегрузок. В современной литературе ничего подходящего. Тут и выручил русский мечтатель. По наброскам Циолковского в США сконструировали гидрокомбинезон весом в 326 килограммов. Залили водой, установили на центрифуге и провели испытания. Все точно: в такой «одежде» человек способен перенести тридцатикратные нагрузки в течение 30 секунд. Результаты легли в основу действующей на корабле конструкции. Нашла поддержку и другая мысль Циолковского – собирать испаряемую космонавтами воду и, охладив, снова запускать ее в дело.

### **Ракеты**

Ракеты изначально использовались в качестве оружия. Сегодня эти мощные гигантские аппараты служат для полетов человека в космос и доставки на орбиту искусственных спутников и различного оборудования. Однако ракеты с боеголовками по-прежнему угрожают жизни на Земле.

Первые ракеты были запущены около 800 лет назад. В начале XIII в. их использовали китайцы против монголов. Как и в современном фейерверке, движущей силой

китайских ракет служил пороховой заряд. Прикрепленные к копьям или стрелам ракеты представляли собой устрашающее оружие. Монголы были настолько потрясены, что создали свои собственные ракеты для войны с рабами. К середине XIII в. ракеты были и у арабов. Французские крестоносцы привезли их в Европу.

### ***Ракеты в Европе***

В 1429 г. французские войска под командованием Жанны д'Арк с помощью ракет отстояли Орман в сражении против британцев. Но вскоре ракеты были вытеснены более точным оружием – пушками.

Начиная с XVI в. ракеты использовались в праздничных фейерверках, сначала в Италии, а затем и в других европейских странах. И только в конце XVIII в. они вновь были применены в боевых действиях. В 1792 г. британские войска, воевавшие в Индии, подверглись обстрелу небольшими металлическими ракетами. Их эффективность оказалась настолько высокой, что полковник Конгрев решил создать ракетное оружие для британских войск. К 1804 г. он превратил простую ракету в крайне разрушительное оружие с фугасной или зажигательной боевой частью. Но точность попадания этого оружия оставалась низкой примерно до 1844 г., когда англичанин Уильям Хейл изобрел метод стабилизации: изогнутые лопатки в сопле заставляли ракету вращаться во время полета, что придало ей устойчивость.

### ***Дальность полета***

Дальность полета всегда была слабым местом ракет. Чтобы она летела дальше, можно увеличить размеры для размещения большего количества пороха или другого вида топлива. Но при этом возрастает вес ракеты, и становится труднее привести в движение, а дальность все равно остается ограниченной.

Решение данной проблемы предложил француз Фрезье, а осуществил английский полковник Боксер в 1855 г. Идея заключалась в последовательном соединении двух ракет. Когда задняя секция выгорала, пирозаряд отстреливал ее и воспламенял топливо передней секции. Эта многоступенчатая конструкция обеспечивала большую дальность полета, чем одноступенчатая ракета той же массы, так как лишь часть исходного реактивного снаряда должна была достичь цели.

Русский ученый Константин Циолковский осознал важность многоступенчатых ракет и уже в 1883 г. доказал, что с их помощью можно осуществлять полеты в космос. Но до полетов в космос было еще далеко, и ракеты использовались для других целей.

Во время первой мировой войны (1914–1918) Англия сбивала немецкие дирижабли неуправляемыми ракетами. После окончания войны, в результате неослабевающего интереса к ракетостроению, вызванного работами Циолковского, СССР первым официально поддержал развитие военной ракетной техники. В 1929 г. исследовательские работы начали проводиться в Ленинградской лаборатории газодинамики. В 1933 г. эта организация вместе с московской группой изучения реактивного движения (ГИРД) создала ракету с жидкостным ракетным двигателем (ЖРД), установившую рекорд высоты (5,6 км) в 1936 г. В 1927 г. группа немецких инженеров организовала Общество космических полетов. Под давлением нацистов эта организация была распущена в 1934 г., но отдельные ученые предложили свои исследования для военных целей. Так были заложены основы лидерства Германии в ракетной технике в ходе Второй мировой войны (1939–1945). Самым выдающимся немецким конструктором ракет в годы войны был Вернер фон Браун, создавший первую в мире баллистическую ракету «Фау-1», примененную для обстрела Англии в 1944–1945 гг.



### **Применение реактивного движения (на примере межконтинентальной баллистической ракеты)**

В течение многих веков человечество мечтало о космических полетах. Писатели-фантасты предлагали разнообразные средства для достижения этой цели. В XVII веке появился рассказ французского писателя Сирано де Бержерана о полете на Луну.

Но ни один ученый, ни один писатель-фантаст за многие века не смог назвать средства, позволяющего улететь человеку в космос. Это смог осуществить русский ученый Константин Эдуардович Циолковский (1857–1935). Он показал, что единственный аппарат, способный преодолеть силу тяжести – это ракета, т. е. аппарат с реактивным двигателем, использующим горючее и окислитель, находящиеся на самом аппарате.

Реактивный двигатель – это двигатель, преобразующий химическую энергию топлива в кинетическую энергию газовой струи, при этом двигатель приобретает скорость в обратном направлении. На каких же принципах и физических законах основывается его действие?

Каждый знает, что выстрел из ружья сопровождается отдачей. Если бы вес пули равнялся бы весу ружья, они бы разлетелись с одинаковой скоростью. Отдача происходит потому, что отбрасываемая масса газов создает реактивную силу, благодаря которой может быть обеспечено движение, как в воздухе, так и в безвоздушном пространстве. И чем больше масса и скорость истекающих газов, тем большую силу отдачи ощущает наше плечо, чем сильнее реакция ружья, тем больше реактивная сила. Это легко объяснить из закона сохранения импульса, который гласит, что геометрическая (т. е. векторная) сумма импульсов тел, составляющих замкнутую систему, остается постоянной при любых движениях и взаимодействиях тел системы.

Как выглядит в общих чертах современная ракета сверхдальнего действия? Это многоступенчатая ракета, в головной части ее размещается боевой заряд, позади него – приборы управления, баки и, наконец, двигатель. В зависимости от топлива стартовый вес ракеты превышает вес полезного груза в 100–200 раз! Поэтому весит она много десятков тонн, а в длину достигает высоты десятиэтажного дома.

Конструкция ракеты должна отвечать ряду требований. Очень важно, чтобы сила тяги проходила через центр тяжести ракеты. В этом случае, если не выполнить этого условия, то ракета может отклониться от заданного курса или даже начать вращательное движение.

Каждая ступень ракеты работает в совершенно различных условиях, которые и определяют ее устройство. Мощность каждой следующей ступени и время ее действия меньше, поэтому и конструкция может быть проще.

В настоящее время двигатели баллистических ракет преимущественно работают на жидком топливе. В качестве горючего обычно используют керосин, спирт, гидразин, анилин, а в качестве окислителей – азотную и хлорную кислоты, жидкий кислород и перекись водорода. Очень активными окислителями являются фтор и жидкий озон, но из-за крайней взрывоопасности они пока находят ограниченное применение.

Наиболее ответственной частью ракеты является двигатель, а в нем – камера сгорания и сопло. Здесь используются особо жаропрочные материалы и сложные методы охлаждения. Достаточно сложны и остальные агрегаты. Например, насосы, которые подавали горючее и окислитель к форсункам камеры сгорания, уже в ракете ФАУ-2 были способны перекачивать 125 кг топлива в секунду. В ряде случаев вместо баллонов применяют баллоны со сжатым воздухом или каким-нибудь другим газом, который вытесняет горючее из баков и гонит в камеру сгорания.

Запускается ракета со специального стартового устройства. Стартуя вертикально, ракета наклоняется и описывает почти эллиптическую траекторию.

Данное описание ракеты соответствует уровню развития науки и техники 60-х годов. Однако это общие свойства, присущие всем ракетам.

## Урок 42. Решение задач «Закон сохранения импульса»

**Цель:** научиться применять закон сохранения импульса при решении задач.

### Ход урока

#### I. Вопросы для повторения

1. Что называется импульсом тела?
2. Какая система замкнутая?
3. Как формулируется закон сохранения импульса?
4. Может ли ракетный двигатель разгонять ракеты за пределами земной атмосферы?
5. Почему для запуска космических кораблей используются многоступенчатые ракеты?

#### II. Решение задач

В данном уроке задачи трех уровней на «3», на «4» и «5». Вариантов построения урока два: либо ученики выбирают блок с посильными задачами; либо сам учитель делит класс на три части. При этом выступает в роли консультанта. Некоторые задачи могут разбираться на доске.

##### Задачи на «3»

1. Мяч массой 100 г, летящий со скоростью 1,5 м/с пойман на лету. С какой средней силой мяч действует на руку, если его скорость уменьшается до нуля за 0,03 с. (*Ответ:* 5 Н.)

2. Пуля вылетает из винтовки со скоростью 2 м/с. Какова скорость винтовки при отдаче, если ее масса больше массы пули в 400 раз. (*Ответ:* 0,005 м/с.)

3. Два кубика массами 1 кг и 3 кг скользят навстречу друг другу со скоростями 3 м/с и 2 м/с соответственно. Найдите сумму импульсов этих тел после их абсолютно неупругого удара. (*Ответ:* 3 кг·м/с.)

4. Шар массой 100 г движется со скоростью 5 м/с. После удара о стенку он движется в противоположном направлении со скоростью 4 м/с. Чему равно изменение импульса шара в результате удара о стенку? (*Ответ:* 0,9 кг·м/с.)

##### Задачи на «4»

1. С лодки массой 240 кг, движущейся без гребца со скоростью 1 м/с выпал груз массой 80 кг. Какой стала скорость лодки? (*Ответ:* 1,5 м/с.)

2. От двухступенчатой ракеты, общая масса которой равна 1 т, в момент достижения скорости 171 м/с отделилась вторая ступень массой 0,4 т. При этом ее скорость увеличилась до 185 м/с. Найдите скорость, с которой стала двигаться первая ступень ракеты. (*Ответ:* 162 м/с.)

3. Граната, летевшая горизонтально со скоростью 10 м/с, разорвалась на два осколка. Масса первого равна 1 кг, масса второго 1,5 кг. Большой осколок после взрыва продолжает лететь в том же направлении, и его скорость равна 25 м/с. Определите направление движения и скорость меньшего осколка. (*Ответ:* 12,5 м/с, летит в противоположную сторону.)

4. Два тела движутся по взаимно перпендикулярным направлениям. Масса первого тела равна 2 кг, а его скорость 3 м/с. Масса второго тела равна 4 кг, скорость 2 м/с. Определите полный импульс системы. (Ответ: 10 кг·м/с.)

Задачи на «5»

1. Взрыв разрывает камень на три части. Два осколка летят под прямым углом друг к другу: осколок массой 1 кг летит со скоростью 12 м/с, а осколок массой 2 кг – со скоростью 8 м/с. Третий осколок отлетает со скоростью 40 м/с. Какова масса третьего осколка и в каком направлении он летит? (Ответ: 0,5 кг 53°.)

2. Охотник стреляет с легкой надувной лодки, находящейся в покое. Какую скорость приобретет лодка в момент выстрела, если масса охотника вместе с лодкой равна 120 кг, масса дроби равна 35 г, начальная скорость дроби равна 3220 м/с? Ствол ружья во время выстрела направлен под углом 60° к горизонту. (Ответ: 6,047 м/с.)

3. Человек, находящийся в неподвижно стоящей на озере лодке, переходит с носа на корму. На какое расстояние переместится лодка, если масса человека равна 60 кг, масса лодки 120 кг, а длина лодки равна 3 м? (Ответ: 1 м.)

4. Навстречу платформе с песком, движущейся горизонтально со скоростью  $V$ , по гладкому наклонному желобу соскальзывает без начальной скорости тело массой  $m$  и застревает в песке. Желоб длины  $l$  образует с горизонтом угол  $\alpha$ . Найдите скольжение  $U$  платформы после падения в нее тела. Масса платформы  $M$ .

$$(Ответ: h = \frac{M\theta - m \cos \alpha \cdot \sqrt{2gl \sin \alpha}}{M + m}.)$$

Домашнее задание

П. 43 и 44, с. 109, задачи 3, 4.

## Урок 43. Работа силы

Цель: научить находить механическую работу силы.

### Ход урока

#### I. Вопросы для повторения

1. Что такое импульс?
2. Сформулируйте определение импульса тела?
3. Какая система тел называется замкнутой?
4. Приведите примеры замкнутой системы?
5. Сформулируйте закон сохранения импульса?
6. Как он используется в реактивном движении?
7. Почему для запуска используют многоступенчатые ракеты?

#### II. Самостоятельная работа

(См. раздел «Самостоятельные и контрольные работы».)

Ответы и номера вопросов

	1	2	3	4	5	6	7	8
Вариант 1	Б	В	Г	В	В	Б	Б	В
Вариант 2	Б	Б	В	Г	А	Б	А	Б

#### III. Изучение нового материала

По горизонтальной плоскости движется трактор. Со стороны трактора действует на прицеп постоянная сила тяги. Под действием этой силы прицеп пере-

мещается на 2 км, а затем на 4 км. Между перемещениями имеется отличие. И для характеристики этого отличия понятия силы недостаточно. Введем еще одно понятие – работа:  $A = F_x \Delta X \Rightarrow 1 \text{ Дж} = 1 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 / \text{с}^2$

Работа численно равна площади прямоугольника со сторонами  $F_x$  и  $\Delta X$ .

где  $F_x = F \cos \alpha$ .

Тогда  $A = F \Delta x \cdot \cos \alpha$ .

Работа силы  $F$  при перемещении  $\Delta x$  равна произведению модулей этих векторов на косинус угла между ними.

Работа – скалярная величина.

$A > 0$ , если  $0^\circ \leq \alpha < 90^\circ$ ,  $\cos \alpha > 0$

$A < 0$ , если  $90^\circ < \alpha = 180^\circ$ ,  $\cos \alpha < 0$

$A = 0$ , если  $\alpha = 90^\circ$ .

Определить работу не всегда легко. При перемещении по криволинейной траектории угол между силой тяжести и направлением скорости непрерывно меняется. Это осложняет расчет.

Решим задачу. Определить работу силы тяжести  $F_T = mg$  при перемещении тела из т. 1 в т. 2. Пусть траектория представляет ступеньку с высоты  $h_0$  до высоты  $h$  по вертикали, а дальше по горизонтали (рис. 90).

$$A_1 = F_T(h - h_0) \cos 180^\circ = F_T h_0 - F_T h$$

$$A_2 = F_T S \cos 90^\circ = 0 \text{ (по горизонтали)}$$

$$A = A_1 + A_2 = F_T h_0 - F_T h$$

Пусть ступенек будет две ( $A_T = 0$ ) (рис. 91):

$$A_1 = F_T h_0 - F_T h_1 \quad \text{от } h_0 \text{ до } h_1$$

$$A_2 = F_T h_1 - F_T h_2 \quad \text{от } h_1 \text{ до } h_2$$

Суммируя, получим:

$$A = F_T (h_0 - h_1 + h_1 - h) = F_T h_0 - F_T h$$

Уже ясно, сколько бы ступенек не было, результат будет такой же.

$$A = F_T (h - h_0) = mg (h - h_0)$$

Работа силы тяжести по замкнутому контуру (траектории) равна нулю.

#### IV. Повторение. Беседа

1. Что называют механической работой?
2. Какая формула выражает смысл этого понятия?
3. В каком случае о силе можно сказать, что она совершает работу?
4. В каком случае работа положительна, в каком отрицательна, в каком равна нулю?
5. Единицы работы в системе СИ?
6. Тело брошено вертикально вверх. Укажите, положительную или отрицательную работу совершает сила тяжести?

#### V. Решение задач

1. Вагонетку массой 2 т по горизонтальному пути равномерно перемещает рабочий. Какую работу он совершит на пути 100 м, и какую работу совершает сила трения, если коэффициент трения равен 0,01 (рис. 92)?

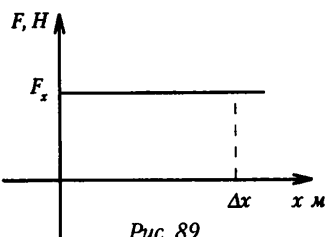


Рис. 89

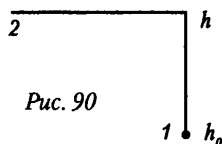


Рис. 90

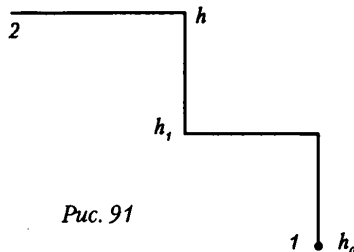


Рис. 91

**Дано:**

$$m = 2 \text{ т} = 2 \cdot 10^3 \text{ кг}$$

$$S = 100 \text{ м}$$

$$\mu = 0,01$$

$$g = 9,8 \text{ м/с}^2$$

$$a = 0.$$

**Найти:**  $A - ?$

$$A_{\text{тр}} - ?$$

**Решение:**

$$\Sigma F = 0 (R = 0): mg + N + F_{\text{т}} + F_{\text{тр}} = 0$$

$$\text{Ох: } F_{\text{т}} - F_{\text{тр}} = 0 \Rightarrow F_{\text{т}} = F_{\text{тр}}$$

$$\text{Оу: } N - mg = 0 \Rightarrow N = mg$$

Сила тяги совершает работу против сил трения:

$$A = F \cdot S \cos \alpha,$$

$$\text{т. к. } \alpha = 0, \text{ то } \cos \alpha = 1 \Rightarrow A = F \cdot S;$$

$$\text{но } F = F_{\text{т}} = F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg$$

$$A = \mu mgS$$

Работа силы трения отрицательна, т. к. угол между

векторами перемещения и силы трения

$$\alpha = 180^\circ \Rightarrow$$

$$A_{\text{тр}} = F_{\text{тр}} \cdot S \cos 180^\circ = - F_{\text{тр}} \cdot S \Rightarrow A_{\text{тр}} = -A$$

$$A = 0,01 \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot 9,8 \cdot 100 = 19,6 \cdot 10^3 \text{ Дж}$$

$$A_{\text{тр}} = -19,6 \text{ кДж}$$

(*Ответ:*  $A = 19,6 \text{ кДж}$ ;  $A_{\text{тр}} = -19,6 \text{ кДж}$ .)

2. Автомобиль массой 2000 кг трогается с места с ускорением 2 м/с<sup>2</sup> и разгоняется в течение 5 с на горизонтальном пути. Какая работа совершается за это время, если коэффициент сопротивления 0,01? (*Ответ:*  $A = 1,1 \cdot 10^5 \text{ Дж}$ .)

3. При вертикальном подъеме тела массой 2 кг на высоту 10 м совершена работа 240 Дж. С каким ускорением поднимали груз? (*Ответ:*  $a = 2 \text{ м/с}^2$ .)

4. Тело массой 20 кг поднимают вертикально вверх силой в 400 Н, направленной по движению. Какая работа совершается на пути в 10 м? Какую работу совершает при этом сила тяжести? (*Ответ:*  $A = 4 \text{ кДж}$ ;  $A_{\text{тяж}} = -2 \text{ кДж}$ .)

**Домашнее задание**

П 45, 49.

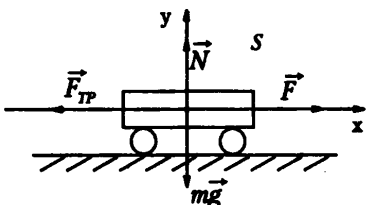


Рис. 92

## Урок 44. Потенциальная энергия

*Цель:* сформулировать принцип минимума потенциальной энергии.

### Ход урока

#### I. Повторение. Беседа

1. Сформулируйте определение работы силы
2. В каких единицах измеряется?
3. В чем заключается физический смысл работы?
4. При каких условиях работа силы положительна, отрицательна, равна нулю?
5. Почему накидные лестницы облегчают усилия при подъеме?

#### II. Самостоятельная работа

См. раздел «Самостоятельные и контрольные работы».

*Ответы к самостоятельной работе:*

	Ответы и номера вопросов				
	1	2	3	4	5
Вариант 1	В	Б	Г	Г	$A = 1,8 \text{ Дж}$
Вариант 2	В	Г	А	Б	$A = m(g + a)h \approx 1,1 \text{ кДж}$

### III. Изучение нового материала

Потенциальная энергия – энергия, обусловленная взаимодействием тел.

Потенциальная энергия характеризует не любое взаимодействие тел, а лишь такое, которое описывается силами, не зависящими от скорости. Такими являются сила тяжести, сила упругости. Работа рассматриваемых сил не зависит от формы траектории, а определяется лишь ее начальными и конечными точками.

Силы, которые не зависят от скорости и работа которых на любой замкнутой траектории равна нулю, называют потенциальными силами.

Потенциальной энергией тела в данном положении называется скалярная физическая величина, равная работе, совершаемой потенциальной силой при перемещении тела из данного положения в нулевое.

Нулевое положение иначе называют уровнем отсчета потенциальной энергии, или просто нулевым уровнем.

Находясь на некоторой высоте, любое тело обладает потенциальной энергией, каждой высоте соответствует свое значение  $E_p$ .  $E_p = mgh$   $A = E_{p1} - E_{p2}$

Силы, подобные силам тяжести, работа которых при движении тела по замкнутому контуру равна нулю, называют консервативными силами.

#### Работа силы упругости

Построим график  $F(x)$  (рис. 96).

Под координатой  $l = x$  ( $x_0 = 0$ )  $F = kx$ , выделим на графике маленький участок  $\Delta x$ , значение силы будем считать постоянным.

Тогда  $\Delta A = kx \cdot \Delta x$  равна площади выделенного участка проектируемой площади бесконечно малых прямых. Под графиком трапеция:

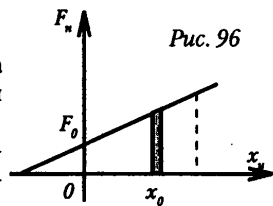


Рис. 96

$$A = \frac{F_0 + F}{2} (x - x_0) = \frac{kx_0^2}{2} - \frac{kx^2}{2}; E_p - E_{p0} = -A; E_p = \frac{kx^2}{2}.$$

Консервативными являются почти все силы в природе, в том числе силы взаимодействия между атомами и молекулами. Поэтому установленные закономерности имеют общий характер.

Любая система, предоставленная сама себе, всегда стремится перейти в такое состояние, в котором ее потенциальная энергия имеет наименьшее значение.

В этом заключается принцип минимума потенциальной энергии.

### IV. Решение задач

1. На балкон, расположенный на высоте 5 м, бросили с поверхности земли мяч массой 100 г. Во время полета мяч достиг максимальной высоты 8 м от поверхности Земли. Определить работу силы тяжести при полете предмета вверх, вниз и на всем пути. Найти результирующие изменения потенциальной энергии.

**Дано:**  
 $m = 100 \text{ г} = 0,1 \text{ кг}$   
 $h_0 = 0$   
 $h_1 = 8 \text{ м}$   
 $h_2 = 5 \text{ м}$

#### Решение:

Работу силы тяжести можно определить как изменение потенциальной энергии. За начало отсчета примем точку на поверхности земли, поэтому потенциальная энергия на высоте:  $h_0$ ;  $E_{p1} = 0$ .

При движении вверх работа силы тяжести отрицательна, т. к. векторы силы и перемещения противоположно направлены. При движении мяча вниз сила тяжести совершает положительную работу, а потенциальная энергия

**Найти:**  $A_1 - ?$   
 $A_2 - ?$ ;  $A - ?$   
 $\Delta E_p - ?$

тела при этом уменьшается. Работа силы тяжести при полете мяча вверх до максимальной высоты  $h_1$ :

$$A_1 = -(mgh_1 - mgh_0) = -mgh_1, \text{ (т. к. } h_0 = 0).$$

$$A_1 = -0,1 \cdot 10 \cdot 8 = -8 \text{ Дж.}$$

Работа силы тяжести при падении мяча от верхней точки до балкона:

$$A_1 = mg(h_1 - h_2);$$

$$A_1 = -0,1 \cdot 10 \cdot (8 - 5) = 3 \text{ Дж.}$$

На всем пути сила тяжести совершила отрицательную работу:

$$A_1 = -mgh_2;$$

$$A_1 = -0,1 \cdot 10 \cdot 5 = -5 \text{ Дж.}$$

При этом потенциальная энергия мяча увеличилась:

$$\Delta E_p = E_{p2} - E_{p1} = E_{p2} - mgh_2;$$

$$\Delta E_p = mgh_2;$$

$$\Delta E_p = -0,1 \cdot 10 \cdot 5 = 5 \text{ Дж.}$$

(*Ответ:*  $A_1 = -8$  Дж;  $A_2 = 3$  Дж;  $A = -5$  Дж;  $\Delta E_{p2} = 5$  Дж.)

2. Найти работу, которую надо совершить, чтобы сжать пружину, жесткость которой 29,4 Н/см, на 20 см. Считать деформации упругими. (*Ответ:*  $A = -58,8$  Дж.)

3. Резиновый шнур длиной 1 м под действием груза 10 Н удлинился на 10 см. Найти работу силы упругости. (*Ответ:*  $A = 0,5$  Дж.)

Домашнее задание

П. 51.

## Урок 45. Кинетическая энергия

Цель: сформулировать теорему о кинетической энергии.

### Ход урока

#### I. Повторение. Беседа

1. При каком выборе начала отсчета потенциальная энергия тела в поле тяжести Земли будет отрицательна?
2. Почему потенциальная энергия минимальна на поверхности Земли?
3. Почему сила упругости является потенциальной силой?
4. От чего зависит потенциальная энергия деформированной пружины?

#### II. Самостоятельная работа

Ответы и номера вопросов

	Ответы и номера вопросов				
	1	2	3	4	5
Вариант 1	Б	Е	Г	Г	Д
Вариант 2	Г	В	В	Б	А

#### III. Изучение нового материала

Решим задачу. Тело массой  $m$  совершает по горизонтали равноускоренное движение под действием трех сил. Найдем скорость тела  $V$  в конце отрезка пути  $S$  (рис. 97).

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = m\vec{a}; \quad F_1 \cos \alpha - F_3 = ma;$$

$$F_1 \cos \alpha - F_3 = m \frac{(\vartheta^2 - \vartheta_0^2)}{2S};$$

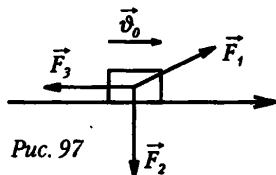


Рис. 97

$$F_1 S \cos \alpha - F_3 S = \frac{m \vartheta^2}{2} - \frac{m \vartheta_0^2}{2}.$$

В правой – части изменение, которое называется кинетической энергией.

$$F_1 S \cos \alpha - F_3 S = E_k - E_{k0} = \Delta E_k.$$

В левой части – как силы влияют на изменение кинетической энергии. Сила  $F_2$  никак не влияет. Сила  $F_1$  увеличила  $\Delta E$  на  $F_1 S \cos \alpha$ , сила  $F_3$  уменьшила –  $F_3 S$  (угол  $180^\circ$ ), т. к.  $A = FS \cos \alpha$ .

$$A_1 = F_1 S \cos \alpha; \quad A_2 = F_2 S \cos \alpha; \quad A_3 = F_3 S \cos 180^\circ.$$

$$A_1 + A_2 + A_3 = \Delta E_k.$$

Изменение кинетической энергии тела равно работе сил, действующих на тело.

Полученное выражение называют теоремой о кинетической энергии ( $\Delta A = \Delta E$ ) – и используют для определения скорости тела.

При торможении тела, например:

$$A = E_k - E_{k0} \quad E_k = 0, \text{ т. к. } V = 0.$$

$$A = -E_{k0}$$

Найдем тормозной путь.

$$Am = -\mu mg l. \quad -\mu mg l = -\frac{mV_0^2}{2} \Rightarrow l = \frac{V_0^2}{2mg}.$$

Тормозной путь не зависит от массы автомобиля.

#### IV. Повторение изученного

1. Выведите формулу для расчета работы, совершаемой при изменении скорости тела?
2. Что такое кинетическая энергия?
3. Какая это величина – скалярная или векторная?
4. В каких единицах измеряется кинетическая энергия в системе СИ?

#### V. Решение задач

1. Пуля, летящая со скоростью 400 м/с, попадает в вал и проходит до остановки 0,5 м. Определить силу сопротивления вала движению пули, если ее масса 24 г (рис. 98).

Дано:

$$V_0 = 400 \text{ м/с}$$

$$S = 0,5 \text{ м}$$

$$m = 24 \text{ г} = 2,4 \cdot 10^{-2} \text{ кг}$$

Найти:  $F = ?$

**Решение:** Проведем ось  $x$  в направлении движения пули.

Угол между направлениями векторов силы и перемещения  $\alpha = 180^\circ$ , то  $\cos \alpha = -1$ .

Сила совершает отрицательную работу:

$$A = FS \cos \alpha = -FS.$$

Применяя теорему о

кинетической энергии, можно записать:  $A = E_{k2} - E_{k1}$ , т. е. совершенная работа приводит к изменению кинетической энергии тела. Т. к. по условию  $E_{k2} = 0$  – пуля останавливается, то  $A = -E_{k1}$ . Кинетическая энергия:

$$E_{k1} = -FS = -\frac{mV_0^2}{2}; \text{ откуда } F = \frac{mV_0^2}{2S}.$$

(Ответ:  $F = 3,84$  кН.)

2. Какую работу может совершить до остановки тело массой 1000 кг, движущееся со скоростью 36 км/ч? Какая энергия тела при этом возрастает?

(Ответ:  $A = -50$  кДж. Уменьшение кинетической энергии движения тела приводит к увеличению внутренней энергии тела и окружающей среды, то есть

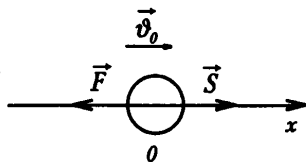


Рис. 98



механическая энергия переходит во внутреннюю энергию тела. Тело при этом нагревается.)

3. С какой скоростью должен двигаться автомобиль массой 2 т, чтобы обладать такой же кинетической энергией, как снаряд массой 10 кг, движущийся со скоростью 800 м/с? (Ответ:  $V_1 \approx 57$  м/с.)

### Домашняя работа

П. 48.

## Урок 46. Мощность

Цель: сформировать понятие о мощности.

### Ход урока

#### I. Проверка домашнего задания

1. Дайте определение кинетической энергии тела.
2. В каких единицах измеряется кинетическая энергия?
3. Сформулируйте теорему о кинетической энергии.
4. Если равнодействующая сил, приложенных к телу, отлична от нуля, как изменится кинетическая энергия?
5. От каких физических величин зависит тормозной путь автомобиля?
6. В каком случае требуется больше энергии – при запуске спутника вдоль меридиана или вдоль экватора (в сторону вращения Земли)?

#### II. Самостоятельная работа

(См. раздел «Самостоятельные и контрольные работы».)

	Номер вопроса и ответ				
	1	2	3	4	5
Вариант 1	Д	Б	А	Г	Д
Вариант 2	А	В	В	Б	Е

#### III. Изучение нового материала

Очень часто важно знать не только работу, но и время, в течение которого она производится. Поэтому вводят понятие мощности.

Работа может быть совершена как быстро, так и медленно. Временем, в течение которого совершается работа, определяют производительность.

*Мощностью* называют отношение работы  $A$  к интервалу времени  $\Delta t$ , за который эта работа совершена:

$$N = \frac{A}{\Delta t}; \quad N = F \frac{|\Delta \vec{r}|}{\Delta t} \cos \alpha = F \vartheta \cos \alpha = \vec{F} \cdot \vec{\vartheta}$$

В СИ мощность выражается в ваттах (Вт).

До сих пор иногда применяют старую единицу мощности – лошадиную силу (л.с.): 1 л.с.  $\approx$  735 Вт.

Мощности, развиваемые двигателями, колеблются в огромном диапазоне: от долей ватта до сотен и тысяч мегаватт (для космических ракет).

Человек может длительное время развивать мощность 70 Вт. Мощность муравья  $10^{-5}$  Вт.

#### IV. Закрепление изученного

1. Почему при подъеме автомобиля в гору или при движении по песку шофер включает первую скорость?

2. Как скорость движения автомобиля зависит от мощности двигателя, если силу сопротивления движению считать постоянной?
3. Как скорость движения автомобиля зависит от мощности двигателя, если сила сопротивления при больших скоростях прямо пропорциональна квадрату скорости.
4. Что называют мощностью?
5. Что такое лошадиная сила и каково ее отношение с ваттом?
6. Мощность – это величина скалярная или векторная?

#### V. Лабораторная работа «Оценка собственной мощности»

*Цель:* оценить мощность, которую вы можете развить при прыжке в высоту с места.

*Оборудование:* мерная лента, напольные весы

##### *Ход работы*

Мощность  $N$  при прыжке в высоту можно рассчитать, зная высоту  $P$  подъема центра тяжести своего тела и время  $t$  прыжка.

Тогда  $N = A/t = mgH$

Время  $t$  можно рассчитать, зная путь  $S$ , на котором действует сила мышц ног при разгибании колен, и начальную скорость  $V$ , с которой человек отрывается от Земли. Эту скорость легко определить, применив формулу:

$$V_2 = 2gH, \text{ отсюда } v = \sqrt{2gH}.$$

Принимая, что человек до отрыва от поверхности Земли движется с постоянным ускорением, можно записать:

$$S = \frac{vt}{2}; t = \frac{2S}{v} = \frac{2S}{\sqrt{2gH}}. \text{ Отсюда следует: } N = \frac{mgH\sqrt{2gH}}{2S}.$$

Величины  $H$ ,  $S$  и  $M$  находят прямым измерением с помощью линейки и напольных весов.

Из полученной формулы видно, что при уменьшении приседания  $S$  мощность растет, но оказывается, что если вы вообще не будете приседать, то не сможете оторваться от Земли.

Совершите ряд прыжков: при различных приседаниях  $S$  измерьте высоты  $H$  своего подъема для каждого прыжка и рассчитайте свою мощность.

Чему равна максимальная мощность, которую вы можете развить при прыжке в высоту с места?

Сравните ее со средней мощностью, развиваемой человеком при ходьбе (60 Вт), а также с так называемой «лошадиной силой», равной 736 Вт. Объясните причины такого сильного различия.

**Домашнее задание**

П. 46.

### Урок 47. Закон сохранения механической энергии

*Цель:* изучить закон сохранения механической энергии.

#### **Ход урока**

#### I. Повторение. Беседа

1. Сформулируйте определение средней мощности. В каких единицах измеряют мощность?
2. Чему равна мгновенная мощность?

3. К каким величинам относится мощность: скалярным или векторным?

4. Почему при увеличении скорости автомобиля требуется меньшая сила тяги для ее поддержания?

## II. Самостоятельная работа

См. раздел «Самостоятельные и контрольные работы».

Ответ: Вариант 1: 1. 1060 Вт. 2. 20 кВт. Вариант 2: 1. 270 кВт. 2. 63,5 кВт.

## III. Изучение нового материала

Пусть в системе тел действуют силы тяготения, упругости и трения.

По теореме о кинетической энергии:

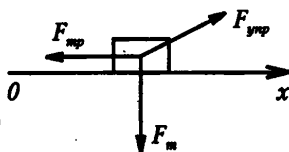
$E_k - E_{k0} = A_{F_{тн}} + A_{F_{упр}} + A_{F_{мп}}$ . Согласно определению

потенциальной энергии  $A_{F_{мп}} = -\Delta E_{п}$  и  $A_{F_{упр}} = -\Delta E_{пупр}$ ;

$\Delta E_k + \Delta E_{пупр} + -\Delta E_{п} = A_{F_{мп}}$  или  $\Delta E_k + \Delta E_{п} = A_{F_{мп}}$ .

Если силы трения работу не совершают:  $\Delta E_k + \Delta E_{п} = 0$  или  $\Delta E_m = 0$ ;  $E_m = E_k + E_{п}$ .

Механическая энергия тела остается неизменной, если работа сил трения, действующих на тело, равна нулю.



## IV. Решение задач

1. Тело массой 10 кг свободно падает с высоты 20 м из состояния покоя. Чему равна кинетическая энергия в момент удара о Землю? В какой точке траектории кинетическая энергия втрое больше потенциальной? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Дано:  $m = 10 \text{ кг}$

$V_0 = 0$ ;  $h_0 = 20 \text{ м}$

$h_1 = 0$

$E_{к2} = 3E_{п2}$

$g = 10 \text{ м/с}^2$ .

Найти:  $E_{к1} = ?$

$h_2 = ?$

Решение:

Согласно закону сохранения энергии, т. к. система замкнутая,  $E_{п0} + E_{к0} = E_{п1} + E_{к1}$

Примем за тело отсчета Землю, тогда, учитывая, что  $V_0 = 0$ ;

$h_1 = 0$ , получим:  $E_{к1} = mgh_0$ ,  $E_{к1} = 10 \cdot 10 \cdot 20 = 2000 \text{ Дж} = 2 \text{ кДж}$ .

Запишем закон сохранения энергии для точки траектории, где  $E_{к2} = 3E_{п2}$

(Ответ:  $E_{к1} = 2 \text{ кДж}$ ;  $h_2 = 5 \text{ м}$ .)

2. Тело, брошенное вертикально вниз с высоты 75 м со скоростью 10 м/с, в момент удара о землю обладало кинетической энергией 1600 Дж. Определить массу тела и скорость тела в момент удара. Сопротивлением воздуха пренебречь. (Ответ:  $m = 2 \text{ кг}$ ;  $V_2 = 40 \text{ м/с}$ .)

3. Тело, брошенное вертикально вверх со скоростью 16 м/с. На какой высоте кинетическая энергия камня будет равна его потенциальной энергии? Сопротивлением воздуха пренебречь. (Ответ:  $h_2 = 6,4 \text{ м}$ .)

4. Мяч массой 100 г брошен вертикально вверх со скоростью 20 м/с. Чему равна его потенциальная энергия в высшей точке подъема? Сопротивление воздуха не учитывать. (Ответ:  $E_{п2} = 20 \text{ Дж}$ .)

5. Импульс тела равен 8 кг · м/с, а кинетическая энергия 16 Дж. Найти массу и скорость тела. (Ответ:  $V = 4 \text{ м/с}$ ;  $m = 2 \text{ кг}$ .)

6. Шарик скользит по наклонному желобу, переходящему в вертикальную петлю с радиусом 1 м. С какой высоты шарик должен начать движение, чтобы не оторваться от желоба в верхней точке петли? Трение не учитывать. (Ответ:  $h = 2,5 \text{ м}$ .)

7. Из пружинного пистолета стреляют шариком вертикально вверх. Шарик поднялся на высоту 1 м. Определить деформацию пружины перед нажатием, если коэффициент жесткости пружины 400 Н/м, а масса шарика 0,01 кг. Принять  $g = 10 \text{ м/с}^2$ . (Ответ:  $x = 2,2 \text{ см}$ .)

8. На нити длиной 2 м висит небольшой ящик с песком массой 2 кг. Пуля, летящая горизонтально, попадает в ящик и застревает в нем, при этом максимальное отклонение нити составляет  $30^\circ$ . Определить скорость пули, если ее масса 10 г. Размеры ящика существенно меньше длины нити. Сопротивлением воздуха пренебречь. (Ответ:  $V_0 \approx 458$  м/с.)

### Домашняя работа

П. 52, с. задачи (1–3).

## Урок 48. Лабораторная работа

### «Определение ускорения шарика на лабораторном желобе»

*Цель:* научить определять ускорение.

*Задача.* С наклонного желоба скатывается шарик в течение 2 с и перемещается на 100 см. Наклон желоба 0,05. Определите ускорение шарика по формулам кинематики и по закону сохранения энергии. Сравните полученные значения ускорений.

Задачу решают по формулам:  $\vec{a} = \frac{2S}{t^2}$ ;  $m|\vec{g}|h = m|\vec{a}|l$ ;  $|\vec{a}_2| = \frac{|\vec{g}|h}{l}$ .

При проведении работы метроном устанавливают на частоту 120 ударов в минуту. Измерение высоты и длины наклонной плоскости производят с погрешностью 1 см. Перемещение, пройденное шариком, берут за наибольшее число промежутков времени, отбиваемых метрономом. Трение шарика о плоскость во внимание не принимают. Проверку производят сравнением  $a_1$  и  $a_2$ .

*Оборудование:* 1) желоб лабораторный; 2) шарик; 3) метроном механический; 4) рулетка; 5) линейка измерительная; 6) штатив с лапкой.

### Ход работы

1. Проведите работу по определению ускорения скатывающегося шарика двумя способами: 1) по формулам кинематики; 2) по закону сохранения энергии.

Заполните таблицы 1 и 2.

Таблица 1

№	Перемещение S, см	Время t, с	Ускорение a, м/с <sup>2</sup>

*Примечание.* Кинетическую энергию вращающегося шарика и работу силы трения во внимание не принимают.

Таблица 2

Высота наклонной плоскости h, см	Длина наклонной плоскости l, см	Ускорение a, м/с <sup>2</sup> .

2. Сравните полученные значения ускорений. Сделайте вывод.

### Домашняя работа

П. 52, задачи (4–5).

## Урок 49. Лабораторная работа

### «Определение высоты подъема снаряда при вертикальной стрельбе»

*Задача.* Определите высоту подъема снаряда, выпущенного из баллистического пистолета под углом  $90^\circ$ , если известно, что сила упругости пружины от встав-

ленных в пистолет снарядов  $F_{\max} = 5 \text{ Н}$ , деформация пружины  $x = 4 \text{ см}$ , масса снаряда  $m = 20 \text{ г}$ . (Ответ:  $h = 50 \text{ см}$ )

Задачу решают по формулам:  $\frac{F_{\max} \cdot x}{2} = A$ ;  $A = m|gh|$ .

Для определения сжатия пружины снарядом можно воспользоваться петлей, сделанной из марлевого бинта, на одном конце которой помещают шарик, сжимающий пружину, на другом – динамометр.

**Оборудование:** 1) пистолет баллистический лабораторный; 2) штатив с муфтой; 3) рулетка; 4) динамометр лабораторный; 5) шнур.

### Ход работы

1. Проведите опыт и заполните таблицу:

$F_{\max}$	$x$	$m$	$h$	Примечание

2. Определите действительную высоту подъема снаряда и сравните ее с расчетным значением. Сделайте вывод.

### Домашняя работа

П. 52, задачи (5–7).

## Урок 50. Решение задач. «Закон сохранения энергии»

**Цель:** закрепить навыки решения задач по теме «Закон сохранения энергии».

### Ход урока

#### I. Проверка домашнего задания

1. Как формулируется теорема о кинетической энергии?
2. Для каких сил можно применять эту теорему?
3. Какие силы называются консервативными?
4. Почему равна работа консервативных сил?
5. В каких системах выполняется закон сохранения механической энергии?
6. Сформулируйте закон сохранения энергии.

#### II. Решение задач

##### Задачи на «3»

1. Какая работа должна быть совершена для остановки автомобиля массой 5 т, движущегося со скоростью 72 км/с? (Ответ: 1 МДж.)
2. Определить полную механическую энергию космического корабля массой 2 т, движущегося на высоте 300 км со скоростью 20 м/с. (Ответ:  $7 \cdot 10^{10}$  Дж.)
3. Какую скорость должен иметь паровой молот массой 1470 кг, чтобы его энергия в момент удара была равна 2940 Дж? (Ответ: 2 м/с.)
4. Пружину школьного динамометра растянули на 5 см. Коэффициент упругости пружины равен 40 Н/м. Чему равна потенциальная энергия растянутой пружины? (Ответ: 0,05 Дж.)

##### Задачи на «4»

1. Пуля массой 10 г влетает в доску толщиной 5 см со скоростью 800 м/с и вылетает из нее со скоростью 100 м/с. Какова сила сопротивления, действующая на пулю внутри доски? (Ответ: 63 кН.)

2. Мяч брошен вертикально вверх со скоростью 16 м/с. На какой высоте его кинетическая энергия будет равна потенциальной энергии? (Ответ: 6,5 м.)

3. С какой скоростью надо бросить мяч вниз с высоты 3 м, чтобы после удара о Землю он подпрыгнул на высоту 8 м. Удар о землю считать абсолютно упругим. (Ответ: 10 м/с.)

4. При подготовке игрушечного пистолета к выстрелу пружину с коэффициентом жесткости 800 Н/м сжали на 5 см. Какую скорость приобретет пуля массой 20 г при выстреле в горизонтальном направлении? (Ответ: 10 м/с.)

#### Задачи на «5»

1. Тело, брошенное с высоты 250 м вертикально вниз с начальной скоростью 20 м/с, углубилось в почву на 1,5 м. Рассчитайте среднюю силу сопротивления почвы. (Ответ: 3,5 кН.)

2. Санки съезжают с горы, высота которой равна 5 м, а угол наклона равен 30°, и движутся дальше по горизонтальному участку. Коэффициент трения на всем пути санок одинаков и равен 0,1. Какое расстояние пройдет санки по горизонтальному участку до полной остановки. (Ответ: 41,5 м.)

3. Пуля массой 10 г, летящая горизонтально со скоростью 300 м/с, ударяется в подвешенный на нитях деревянный брусок массой 6 кг и застревает в нем. Определите высоту, на которую поднимется брусок. (Ответ: 0,013 м.)

4. На гладком горизонтальном столе покоится шар. С ним сталкивается другой такой же шар. Удар абсолютно упругий и нецентральный. Под каким углом разлетятся шары? (Ответ: 90°.)

#### Домашняя работа

П. 53, с. задачи (8–9).

### Урок 51. Лабораторная работа «Проверка закона сохранения энергии при действии сил тяжести и упругости»

*Цель работы:* измерить полную энергию тела, колеблющегося на пружине, и на основании закона сохранения энергии вычислить максимальную скорость груза.

*Оборудование:* 1) динамометр; 2) линейка измерительная; 3) штатив лабораторный; 4) грузы массой 100 г – 2 шт.

#### Ход работы

Вначале измеряют жесткость пружин динамометра. Для этого к пружине подвешивают груз и измеряют вызванное им удлинение пружины. На основании за-

кона Гука вычисляют жесткость пружины:  $k = \frac{F_{\text{упр}}}{|x|} = \frac{mg}{|x|}$

(сила тяжести  $mg$  уравнивает силу упругости  $F_{\text{упр}}$ ).

Затем собирают установку по рисунку.

С помощью измерительной линейки отмечают положение равновесия, подвешенных к пружине динамометра грузов.

Оттягивают грузы вертикально вниз, например на 5 см от положения их равновесия, и отпускают. При колебании грузов наблюдают периодическое изменение их скорости и взаимные превращения кинетической и потенциальной энергий.

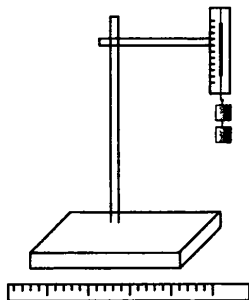


Рис. 99

На колеблющиеся грузы действуют две силы: постоянная сила тяжести и переменная сила упругости пружины. Потенциальная энергия грузов увеличивается либо за счет совершения работы против силы тяжести по поднятию грузов, либо за счет работы по растягиванию пружины. Поэтому наибольшего числового значения потенциальная энергия достигает в верхнем и нижнем положениях грузов, а наименьшего – в момент их прохождения положения равновесия. Кинетическая же энергия грузов максимальна в момент прохождения ими положения равновесия, а минимальна – в верхнем и нижнем их положениях.

Полная энергия колеблющихся грузов относительно их положения равновесия равна их максимальной потенциальной энергии  $E_p$  или максимальной кинетической энергии  $E_k$ , которые вычисляются соответственно по формулам:

$$E_p = \frac{kA^2}{2}; E_k = \frac{m\vartheta_{\max}^2}{2},$$

где  $m$  – масса грузов,  $V_{\max}$  – модуль максимальной скорости грузов,  $k$  – жесткость пружины,  $A$  – амплитуда колебаний грузов.

На основании закона сохранения энергии  $E_p = E_k$ , т. е.  $\frac{kA^2}{2} = \frac{m\vartheta_{\max}^2}{2}$

Отсюда модуль максимальной скорости грузов будет равен:

$$\vartheta_{\max} = \frac{A}{\sqrt{m/R}} \quad \vartheta_{\max} = A\sqrt{k/m}.$$

Результаты измерений и вычислений записывают в тетрадь.

В этой работе в качестве колеблющегося тела можно взять стальной или латунный цилиндр с крючком из набора тел для калориметра. Работу можно выполнить также с грузом массой 100 г, подвешенным на резиновом шнуре сечением 1x1 мм, длиной 150 мм.

**Домашняя работа**

П. 53.

## Урок 52. Контрольная работа по теме «Закон сохранения»

(См. раздел «Самостоятельные и контрольные работы».)

*Ответы к контрольной работе:*

	Номер вопроса и ответ				
	1	2	3	4	5
Вариант 1	Б	В	А	Б	В
Вариант 2	Г	В	Г	Д	Б

## Урок 53. Равновесие тел

*Цель:* выяснить условия, при которых тело находится в равновесии.

### Ход урока

#### I. Анализ контрольной работы

#### II. Изучение нового материала

Мы уже знаем, что всякое тело под влиянием сил, действующих со стороны других тел, испытывает ускорение. Однако в некоторых случаях тело, находящееся под действием нескольких сил, все же может оставаться в покое.

### Эксперимент 1

Через неподвижный блок перекинута веревка, за один конец привязана гиря, за другой – динамометр.

Тело находится в покое, но на него действуют одновременно две силы, равные по величине и направленные по одной прямой в противоположные стороны, тело остается в состоянии покоя.

Изучение условий равновесия тел (или иначе условий равновесия сил) составляет задачу статики.

Статика позволяет определить условия равновесия разнообразных сооружений, которые создает человек: зданий, мостов, арок.

### Эксперимент 2

Через неподвижный блок перекинута веревка, за один конец привязана гиря, за другой – динамометр. Приложим усилия чуть больше, чем вес тела. Что произойдет? Груз начнет двигаться.

**Вывод.** Следовательно, статика дает указания не только об условии равновесия тел, но и о том, в каком направлении возникнет движение, если равновесие тел нарушится.

Уже в древности возникали вопросы, связанные с применением различных механизмов (рычага, блока) для поднятия грузов. Поэтому строителей и в те времена интересовали не только условия равновесия груза, но и условия, при которых груз двигался в определенном направлении. И статика имела практическое применение для инженеров древности. Статика является частным случаем динамики. Выясним с помощью законов Ньютона при каких условиях любое тело будет находиться в равновесии.

1. Если тело находится в покое, то ускорение каждого элемента тела равно нулю.
2. Для равновесия тела необходимо и достаточно, чтобы геометрическая сумма всех сил, действующих на любой элемент этого тела, была равна нулю.
3. Для абсолютно твердого тела это условие называют первым условием его равновесия.

### III. Решение экспериментальной задачи

Определите показание динамометров, если груз имеет массу 1 кг (рис. 104).

**Оборудование:** штатив, два демонстрационных динамометра, деревянный или алюминиевый подкос ВС, линейка.

Получили модель кронштейна. Ставятся вопросы для обсуждения. Почему стрелка динамометров при подвешивании груза отклоняется в разные стороны? Зависят ли показания динамометров от угла АСВ? Изменятся ли показания приборов, если длину подкоса уменьшить, деревянный стержень заменить металлическим? Где используются кронштейны?

Задачу можно сначала решить, а потом измерять силы. Можно и наоборот.

### IV. Решение задач

1. Лодку равномерно тянут к берегу двумя канатами, расположенными в горизонтальной плоскости. Угол между канатами  $90^\circ$ . К канатам приложены силы по 120 Н каждая. Какова сила сопротивления воды?

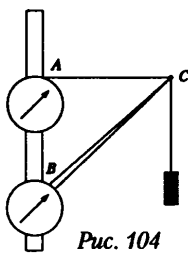


Рис. 104

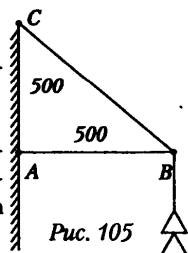


Рис. 105



2. К средней точке горизонтально подвешенного провода длиной 20 м подвешен груз весом 170 Н, вследствие чего провод провис на 10 см. Определить силу упругости, с которой каждая половина провода действует на груз.

3. Фонарь весом 43 Н укреплен на подвесе. Определить силы упругости стержня АВ и троса ВС (рис. 105).

### Домашняя работа

П. 54, п55.

## Урок 54. Момент силы.

### Второе условие равновесия твердого тела

Цель: установить условие равновесия твердого тела.

### Ход урока

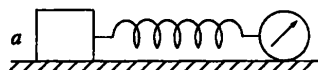
#### I. Повторение. Беседа

1. Что такое сложение сил?
2. Какую силу называют равнодействующей, а какие силы называют составляющими?
3. Чему равна равнодействующая сил, действующих на тело по одной прямой в одинаковом и противоположном направлениях?
4. Сформулируйте правило сложения сил (правило параллелограмма).
5. Что называется разложением сил?
6. Что означает выражение «тело или система тел находится в состоянии равновесия»?
7. В чем состоит первое условие равновесия твердого тела?

#### Фронтальный эксперимент

В каком случае тело можно сдвинуть с места меньшей силой (рис. 106)?

Оборудование: трибометр, брусок деревянный, гири массой 2 кг, демонстрационный динамометр Бакушинского и груз массой 1 кг.



#### II. Изучение нового материала

На практике часто встречаются случаи, когда тело не может двигаться свободно в любом направлении, а движения его ограничены какими-либо другими твердыми телами. Эти тела называют в механике жесткими связями. Важным примером движения, ограниченного жесткой связью, является вращение тела вокруг жесткой оси или, как говорят, вращения тела, закрепленного на оси.

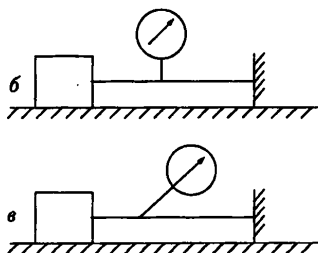


Рис. 106

Например, пропеллер самолета, колодезный журавль, дверь на петлях. Представим себе рулевое колесо корабля или «баранку» автомобильного руля. Прилагая усилия вдоль радиуса, мы будем только пытаться согнуть ось, но не сможем повернуть колесо. Для поворота необходимо приложить усилие вдоль его обода, т.е. перпендикулярно радиусу. Из сказанного следует, что при выявлении условий равновесия тела, закрепленного на оси, можно не рассматривать силу со стороны оси, т.к. она не может вызвать вращение тела.

**Эксперимент 1**

Для равновесия необходимо, во-первых, чтобы силы, действуя в отдельности, поворачивали тело в противоположные стороны (рис. 107).

**Эксперимент 2**

Уменьшим расстояние от центра вращения до линии действия силы. Что видим? Для того чтобы тело находилось в равновесии потребуется большая сила (рис. 108).

Оказывается, что для равновесия тела закрепленного на оси, существуют не только величины сил, но и расстояние между точками их приложения и осью вращения, как для обычного рычага.

Если обозначить величины сил через  $F_1$  и  $F_2$ , длины радиусов, проведенных в точки их приложения, через  $l_1$  и  $l_2$ , то условие равновесия выразится равенством:

$$F_1 l_1 = F_2 l_2$$

Если силы не перпендикулярны радиусу точек приложения, то такое соотношение должно выполняться для проекций этих сил на направления, перпендикулярные к радиусам.

Произведение  $F$  и  $l$  называют моментом силы относительно равной оси, или просто моментом силы.

Для равновесия тела, закрепленного на оси, алгебраическая сумма моментов действующих на него сил должна быть равна нулю.

В случае произвольного числа внешних сил условия равновесия твердого тела запишутся в виде:

$$F_1 + F_2 + F_3 + \dots = 0$$

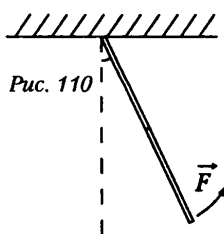
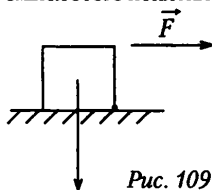
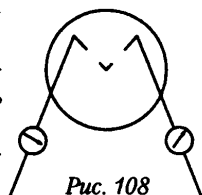
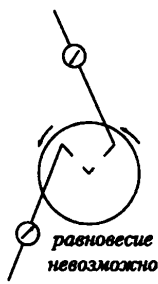
$$M_1 + M_2 + M_3 + \dots = 0$$

**III. Закрепление изученного**

1. Что называют плечом силы?
2. Что называют моментом силы? Какая формула выражает смысл этого понятия?
3. Какова единица измерения момента силы в системе СИ?
4. Какую роль играет момент силы во вращательном движении?
5. Как определяется знак момента силы?
6. Чему равен момент силы, проходящий через ось вращения?
7. Сформулируйте и запишите условие равновесия тела с закрепленной осью вращения.
8. Каковы общие условия равновесия любого твердого тела?

**IV. Решение задач**

1. Длина горизонтально установленного рычага с грузами весом 2,5 Н и 4 Н на концах равна 52 см. Найти плечи сил тяжести грузов и силу давления рычага на точечную опору. Массу самого рычага не учитывать. (32 см, 20 см, 6,5 Н)



2. Брусек массой 10 кг нужно опрокинуть через ребро О (рис. 109). Найти модуль необходимый для этого силы  $F_1$ , если ширина бруска 50 см, а высота – 75 см. (53 Н)

3. Стержень закреплен шарнирно в т. О (рис. 110). Сила  $F$  вызывает его отклонение от вертикального положения на угол  $\alpha = 30^\circ$ . Какова масса стержня, если  $F=2,5$  Н? (1 кг)

### Домашняя работа

П. 55, стр. 137 (1–2).

## Урок 55. Решение экспериментальных задач

*Цель:* научиться использовать теоретические знания на практике.

### Ход урока

Класс делится на группы: каждая группа получает свое задание в зависимости от степени подготовленности.

1. Определите массу произвольно выбранного тела с помощью рычага. *Оборудование:* рычаг, набор грузов, тело неизвестной массы.

2. Определите массу линейки. *Указание:* решение задачи основано на использовании правила моментов сил. Линейку кладут на край стола, вдоль нее перемещают брусок до тех пор, пока линейка не начнет падать.

3. Рассчитать массу металлического рубля. *Оборудование:* линейка, металлическая монета. Для простоты решения линейку располагают на краю стола так, чтобы середина линейки проходила вдоль края. Монеты располагают по обе стороны середины линейки. Полученный результат проверяют на рычажных весах.

4. На нити подвешен кусок медного провода. Как изменить положение равновесия, не меняя точки подвеса. Предложите разные способы решения.

5. Система блоков и грузов находится в равновесии. Нарушится ли равновесие, если точку А крепления нити передвинуть вправо. Решить теоретически, а затем проверить правильность экспериментально (рис. 111).

### Домашняя работа

П. 55, 56, стр. 137 (3–4).

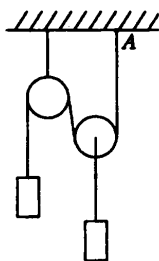


Рис. 111

## Урок 56. Решение задач. Статика

*Цель:* научить решать задачи по данной теме.

### Ход урока

#### I. Решение задач

1. Два человека одинакового роста держат за концы в горизонтальном положении трубу длиной  $l=2$  м и массой  $m_1=10$  кг. На расстоянии  $d=0,5$  м от первого человека подвешен груз массой  $m_2=100$  кг. Определите силы, с которыми труба давит на плечи первого и второго человека. Можно ли по данным задачи рассчитать силы давления трубы на плечи, если ее будут нести не два, а три человека. (800 Н, 300 Н, 800 Н, 300 Н)

2. Груз массой  $m=10$  кг висит на двух нерастяжимых тросах, составляющих между собой угол  $2\alpha=120^\circ$ . Чему равны силы натяжения тросов? (100 Н.)

3. В гладком цилиндрическом стакане лежит стержень массой  $m=0,1$  кг (рис. 112). Определите силы реакции опоры, если угол между стержнем и дном равен  $45^\circ$ . ( $1\text{ Н}, 0,5\text{ Н}$ )

4. Груз массой  $10$  кг подвешен на трех одинаковых упругих тросах. Точки подвеса тросов лежат на одной прямой, средний трос расположен вертикально, а два других составляют с ним углы  $\alpha=60^\circ$ . Чему равны силы натяжения тросов, если при их деформации выполняется закон Гука. ( $20\text{ Н}, 20\text{ Н}, 80\text{ Н}$ )

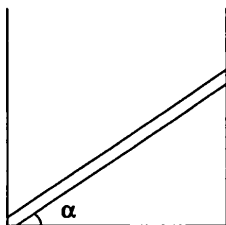


Рис. 112

5. Лестница длиной  $l$  и массой  $m$  приложена к стене.

Чему равен минимальный угол  $\alpha$  между лестницей и полом, при котором лестница еще находится в равновесии, если коэффициент трения между лестницей и стенкой  $m_1$ , между лестницей и полом  $m_2$ ? Определите силы реакции опор и силы трения между лестницей, полом и стенкой.

6. В сосуд с квадратным дном со стороной  $a$  наливают жидкость. При какой высоте уровня жидкости сила давления жидкости на дно равна силе ее давления на боковую поверхность сосуда? ( $h=2a$ )

7. В цилиндрический сосуд налиты равные по массе несмешивающиеся жидкости с разными плотностями  $\rho_1$  и  $\rho_2$ . Общая высота столба жидкости  $H$ . Чему равно гидростатическое давление на дно сосуда.

### Домашняя работа

П. 55, 56, с. 138 (5–8).

## Урок 57. Контрольная работа по теме «Статика»

(См. раздел «Самостоятельные и контрольные работы».)

## СТРОЕНИЕ АТОМА

### Урок 58. Строение атома

*Цель:* познакомить учащихся со строением ядра; сформировать понятие зарядовое и массовое число.

### Ход урока

#### I. Изучение нового материала

Сейчас мало осталось людей, для которых реальность атомов менее очевидна, чем движение Земли вокруг Солнца. Почти у каждого с этим понятием связано интуитивное представление о чем-то маленьком неделимом.

Творцом идеи атома принято считать Демокрита, хотя история упоминает также его учителя Левкинпа, и не менее уверенно – древнеиндийского философа Канаду.

Легенда рассказывает, что Демокрит сидел на камне у моря, держал в руке яблоко и размышлял. «Если я сейчас это яблоко разрежу пополам и у меня останется половина, если я эту половину снова разрежу на две – останется четверть. Но если и дальше продолжать, всегда ли у меня в руке будет оставаться часть яблока? Или же в какой-то момент оставшаяся часть уже не будет обладать свойствами яблока?» Философ пришел к выводу, что деление такое бесконечно не существует и назвал эту последнюю, уже неделимую, частицу атомом.

*Атом* – наименьшая частица химического элемента, являющаяся носителем его свойств.

Благодаря работам Норманна Локояра (1836-1920 гг.), в 1874 г., хотя раньше об этом говорил Максвелл (1860 г.), Больцман (1866 г.) пришел к выводу, что атом должен иметь структуру.

7 марта 1911 г. Резерфорд выдвинул гипотезу, что атом подобен Солнечной системе. Он состоит из ядра и электронов, которые обращаются вокруг него. Размеры ядра малы, но именно в нем заключается практически вся масса ядра. Заряд ядра положительный.

Полный заряд ядра равен  $+Ze$ .

Зарядовое число  $z$  равно числу протонов в ядре и совпадает в порядковым номером таблицы Менделеева. Суммарный заряд электронов равен  $-Ze$ .

Ядро состоит из протонов и нейтронов, они получили общее название нуклонов. Массовое число  $A$  равно числу нуклонов в ядре атома:

$A = Z + N$ , где  $N$  – число нейтронов,  $Z$  – число протонов.

Число нейтронов в ядре одного и того же элемента, может быть различным.

Если в атоме одинаковое число протонов, но разное число нейтронов, такие химические элементы называют изотопами. Радиоактивные изотопы получают в атомных реакторах и на ускорителях элементарных частиц.

Радиоактивные изотопы, введенные в изучаемый объект, дают возможность исследовать свойства вещества и ход разнообразных процессов (метод меченых атомов).

Химические свойства радиоактивных изотопов не отличаются от свойств нерадиоактивных изотопов, тех же элементов, но они являются источниками радиоактивного излучения. Метод меченых атомов широко используется в медицине (исследование обмена веществ, постановка диагноза для терапевтического лечения, лечения раковых заболеваний); промышленности (контроль износа деталей, исследование внутренней структуры, обнаружение дефектов); сельском хозяйстве, биологии (борьба с вредными насекомыми, консервирование пищевых продуктов), археологии (определение возраста древних предметов).

Ядро состоит из нейтронов и протонов. Что же удерживает их вместе? Почему протоны не отталкиваются. Удивительно то, что масса ядра меньше суммы масс отдельных протонов и нейтронов.

## II. Изучение нового материала

Массу атомов, молекул неудобно измерять в таких крупных единицах, как килограмм. В качестве единицы массы удобно использовать среднюю массу нуклона в атоме определенных химических элементов.

Атомная единица массы (а.е.м.) – средняя масса нуклона в атоме углерода  $^{12}\text{C}$ , – поэтому равна 12 а.е.м.

Атомная единица массы равна  $1/12$  массы атома углерода  $\text{C}$  1 а.е.м. =  $1/12 = 1,66 \cdot 10^{-27}$  кг.

При малых размерах молекул число их в любом макроскопическом теле чрезвычайно велико. В 1 грамме воды  $N \approx 3,7 \cdot 10^{22}$ .

Масса одной молекулы воды  $m_0 \approx S \cdot 10^{-23}$  г, т. к. массы молекул очень малы, удобно использовать не абсолютные значения масс, а относительные. По международному соглашению 1961 г. массы молекул сравнивают с  $1/12$  массы атома углерода.

Относительной массой (или атомной) массой вещества  $M$  называют отношение массы молекулы (или атома) данного вещества к  $1/12$  массы атома углерода  $m_{0\text{C}}$

Чем больше тело, тем больше атомов или молекул содержится в нем. Сравнивают количество молекул (атомов) с количеством атомов, содержащихся в 12 г углерода. Такое отношение получило название количества вещества.

Число молекул или атомов в моле вещества называют числом Авогадро:

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}.$$

*Молярная масса* – это масса вещества, взятого в количестве одного моля.

$M = m_0 \cdot N_A$ , которые его составляют. Убыль массы (дефект массы) эквивалентна энергии, необходимой для связывания ядра. Если дефект массы составляет  $\Delta m$  кг, тогда энергия, связывающая ядро, определяется по формуле:

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2, \text{ где } c - \text{ скорость света.}$$

### III. Повторение изученного

1. Ядром какого элемента является протон?
2. Сколько нуклонов содержат ядра лития, меди, свинца.
3. Назовите химический элемент, в атомном ядре которого содержатся нуклоны:
  - А. 7 р. + 7 п.
  - Б. 18 р. + 22 п.
  - В. 33 р. + 42 п.
4. Что называют дефектом массы?
5. Напишите формулу дефекта массы.

### IV. Решение задач

1. Какую часть массы изотопа углерода составляет масса его электронной оболочки? (*Ответ:*  $2,74 \cdot 10^{-4}$ .)
2. Какая энергия выделяется при образовании изотопа углерода из образующих его частиц? (*Ответ:* 15,3 МэВ.)

### V. Закрепление изученного

1. В сосуде находится 3 моля кислорода. Сколько атомов кислорода в сосуде?
2. Какова масса 4 молей кислорода, выраженная в килограммах?
3. Сколько молекул содержится в 1 кг водорода  $H_2$ ?
4. Молекул больше в 1 моле кислорода или в 1 моле азота?
5. Тело состоит из  $8,204 \cdot 10^{24}$  молекул, найти количество вещества, содержащегося в теле.
6. Каким соотношением связаны молярная масса и относительная молярная масса?

### Домашнее задание

П. 57.

## МОЛЕКУЛЯРНО-КИНЕТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ

### Урок 59. Основные положения молекулярно-кинетической теории

Цель: сформулировать основные положения молекулярно-кинетической теории.

#### Ход урока

#### I. Изучение нового материала

##### Основные положения молекулярно-кинетической теории

1. Все вещества состоят из мельчайших частиц (молекул).
2. Молекулы находятся в беспорядочном хаотическом движении.
3. Между молекулами существуют силы взаимодействия.
4. Молекулы разделены промежутками.

**Опытные обоснования молекулярно-кинетической теории***Существование молекул*

1. Закон кратности отношений: при образовании из двух элементов различных веществ массы одного из элементов в разных отношениях находятся в кратных отношениях  $N_2O : N_2O_2 : N_2O_3$  (1 : 2 : 3).

2. Наблюдение молекул с помощью ионного проектора, электронного микроскопа.

3. Явление диффузии (демонстрация диффузии медного купороса).

*Хаотическое движение молекул*

1. Броуновское движение молекул (демонстрация явления).

2. Диффузия и осмос.

3. Стремление газа занять любой объем.

*Силы взаимодействия*

1. Деформация тела (демонстрация).

2. Сохранение формы твердого тела.

3. Поверхностное натяжение жидкости (демонстрация: наполненную водой пробирку закрывают листом бумаги и переворачивают, вода не выливается, убирают бумагу, а жидкость вновь на месте.)

*Наличие промежутков*

1. При смешивании различных жидкостей  $V_{\text{смеси}} < \sum V_{\text{отдельных жидкостей}}$  (Демонстрация: смешивают спирт и воду известных объемов, наблюдают за полученным объемом смеси.)

2. Диффузия.

3. Деформация.

*Броуновское движение*

Броуновское движение – это тепловое движение взвешенных в жидкости (или газе) частиц. Это тепловое движение, и оно не может прекратиться. Впервые наблюдал это явление английский ботаник Р. Браун.

Объяснить броуновское движение можно только на основе молекулярно-кинетической теории. Причина броуновского движения частицы заключается в том, что удары молекул жидкости о частицу не компенсируют друг друга. При беспорядочном движении молекул передаваемые ими броуновской частице импульсы неодинаковы.

Молекулярно-кинетическая теория броуновского движения была создана в 1905 году А. Эйнштейном.

**Роль молекулярно-кинетической теории в природе, технике**

1. Питание растений из почвы.

2. В организмах человека и животных всасывание питательных веществ происходит через стенки пищеварения.

3. Цементация.

*Объясните следующие явления*

Приготовьте мыльный раствор, из которого получается устойчивая мыльная пленка на проволочном кольце диаметром 7 см. Расположив пленку горизонтально, лейте на нее тонкую струю холодной воды из водопровода или чайника. Пленка остается целой.

Возьмите небольшой шарик диаметром 8-10 мм, смочите его мыльным раствором и опустите на пленку. Он проходит через нее, оставляя за собой пленку целой. (Образуется устойчивая мыльная пленка, образующаяся под действием сил сцепления между молекулами мыльного раствора.)

Подберите две пробирки так, чтобы одна пробирка входила в другую с небольшим зазором. Заполните большую пробирку наполовину водой и вставьте в нее вторую. Затем опрокиньте их, держа внешнюю пробирку рукой. Из большой пробирки вода постепенно вытекает, а внутренняя пробирка втягивается вверх. (Внутренняя пробирка удерживается атмосферным давлением и силами взаимодействия между молекулами воды и стекла. Вода является смачивающей жидкостью по отношению к стеклу, поэтому она стекает по поверхности пробирки.)

#### Домашнее задание

П. 58, 59.

### Урок 60. Агрегатные состояния вещества

*Цель:* объяснить фазовые переходы на основе молекулярно-кинетической теории.

#### Ход урока

#### I. Повторение изученного

1. Что называют относительной молярной массой? Какая формула выражает это понятие?
2. Чему равна относительная молярная масса воздуха?
3. Что называют количеством вещества? Какова единица количества вещества?
4. Что такое молярная масса?
5. Что называют постоянной Авогадро?

#### II. Изучение нового материала

Различают четыре агрегатных состояния вещества:

1. Твердое
2. Жидкое
3. Газообразное
4. Плазменное.

*Фазовый переход* – переход системы из одного агрегатного состояния в другое.

При фазовом переходе скачкообразно изменяется какая-либо физическая величина (плотность, внутренняя энергия).

Реализация агрегатного состояния вещества зависит от соотношения кинетической и потенциальной энергии молекул, входящих в его состав.

#### Твердое тело

В земных условиях многие тела находятся в твердом состоянии.

Атомы и молекулы твердых тел не могут разорвать связи с ближайшими соседями и колеблются около положения равновесия. Вот почему они сохраняют форму и объем тела. Если соединить центры положения равновесия атомов (молекул) твердого тела, получим правильную пространственную решетку, которая называется кристаллической:  $\bar{E}_k \ll |\bar{E}_p|$ .

#### Жидкости

Молекулы жидкости расположены почти вплотную друг к другу. Зажатая, между соседними молекулами, она сталкивается с ними лишь время от времени, она совершает «перескок» и тут же попадает к новым соседям. Время, которое молекула проводит не колеблясь, называют временем оседлой жизни. С повышением температуры время оседлой жизни уменьшается. Молекулы жидкости находятся близко друг от друга, поэтому, если попытаться сменить объем, даже на малую величину, молекулы деформируются. Поэтому жидкости мало сжимае-



мы. Жидкости текучи. Под действием внешней силы перескоки происходят преимущественно в направлении ее действия. Жидкости не только текут, но принимают форму сосуда  $\bar{E}_k \leq |\bar{E}_p|$ .

Из-за непрерывного движения энергия молекулы становится то больше, то меньше, поэтому молекулы могут перескакивать.

#### Газ

В газах расстояние между атомами (молекулами) во много раз превышает размеры самих молекул. Газы легко сжимаемы, т. к. при сжатии изменяется лишь расстояние между молекулами. Многочисленные удары о стенки сосуда создают давление газа  $\bar{E}_k > |\bar{E}_p|$ .

#### Плазма

При некоторых видах излучения (рентгеновского, гамма-излучения радиоактивных веществ), а также при очень высоких температурах происходит ионизация газа: часть молекул или атомов теряют свои электроны, и становятся положительно заряженными ионами. Газ может полностью ионизироваться.

Частично или полностью ионизованный газ называется *плазмой*.

Плазма представляет собой смесь ионов и свободных электронов. В целом плазма электрически нейтральна. Если ее поместить в электрическое поле, то возникнет движение заряженных частиц, то есть появится ток. Плазмой является газ в лампах дневного света, неоновых трубках для рекламы. Гигантскими скоплениями плазмы являются звезды, в том числе и Солнце. Плазма – наиболее распространенное состояние вещества в природе.

### III. Повторение изученного

1. Перечислите агрегатные состояния вещества.
2. Опишите характер движения молекул в газах, жидкостях и твердых телах.
3. Каково среднее расстояние между молекулами газов, жидкостей и твердых тел?
4. Перечислите основные свойства газов, жидкостей и твердых тел.
5. Назовите состав плазмы (трехкомпонентной). Приведите примеры плазменного состояния вещества.

#### Домашнее задание

П. 61, 62.

#### Дополнительный материал

##### Состояние вещества

Расплавленный чугун затвердевает или застывает при температуре около 1535°C, а его состояние при более низких температурах правильно называют застыванием. Поэтому термин «застывание» не обязательно связан с понятием «холод».

Точки замерзания (затвердевания) и кипения вещества зависят от давления. Даже когда речь идет о воде, термин «замерзание» и «кипение» не всегда употребляются в своем обычном значении. Например, вода закипит при комнатной температуре, если резко снизится давление воздуха.

Поэтому «кипящий» не всегда означает «горячий».

Даже при нормальном давлении воздуха многие вещества кипят при очень низких температурах. Их мы обычно называем газами. Так, воздух состоит в основном из двух газов – азота и кислорода. Их обычное газообразное состояние объясняется тем, что они закипают при температурах намного ниже нуля: -196 °C (азот) и -183 °C (кислород). Поэтому даже в самых холодных уголках Земли температура выше их точек кипения, и, следовательно, они остаются газами.

Чтобы понять, что такое затвердевание и кипение, нужно знать, почему вещества принимают форму твердого тела, жидкости или газа. Эти формы известны как состояния вещества. В целом, при постоянной температуре размеры и форма твердого тела не изменяются. Жидкость, растекаясь, меняет форму, но ее объем остается неизменным. А у газа постоянными не являются ни объем, ни форма. Газ расширяется или сжимается, чтобы заполнить объем или форму занимаемого им сосуда.

Почти вся материя состоит из атомов, которые группируются в молекулы. Молекулы находятся в постоянном движении, и именно энергия их движения (кинетическая энергия) определяет состояние вещества – твердое, жидкое или газообразное. В твердом теле у молекул мало кинетической энергии, они колеблются вокруг фиксированных точек. Поэтому твердое тело сохраняет свою форму. Молекулы жидкости обладают достаточной энергией, чтобы преодолеть силу взаимного притяжения. Они могут перемещаться и, таким образом, изменять форму жидкости. Молекулы газа обладают большой кинетической энергией и практически свободны в своем движении.

### Урок 61. Решение задач

*Цель:* научить решать задачи.

1. Известно, что нельзя заставить капельку оливкового масла объемом  $1 \text{ мм}^3$  расплыться по поверхности воды так, чтобы она заняла площадь больше  $0.6 \text{ м}^2$ . Оцените по этим данным минимальные размеры молекулы оливкового масла.

2. Определите среднее расстояние  $d$  между центрами соседних молекул в куске льда. Плотность  $900 \text{ кг/м}^3$ .

3. Считая диаметр атома вольфрама  $d=2 \cdot 10^{-10} \text{ м}$ , оцените количество атомов, покрывающих поверхность острия иглы. Острые считать полушаром радиусом  $r=5 \cdot 10^{-8} \text{ м}$ .

4. При образовании соединения азота с кислородом отношение масс прореагировавших веществ равно 7:16. Какова химическая формула этого соединения?

5. Определить относительную молярную массу и молярную массу натрия Na, оксида углерода CO, оксида азота NO, медного купороса  $\text{CuSO}_4$ .

6. Какое количества вещества содержится в слитке серебра массой 5,4 кг.

7. Какова масса воды, взятой в количестве 100 моль?

8. Вычислите массу одного атома гелия He, молекулы оксида азота NO, молекулы метана  $\text{CH}_4$ .

9. Вода из блюдца полностью испарилась за 10 суток. Сколько в среднем вылетало молекул с поверхности воды за 1с, если масса воды равнялась 100 г.

10. Сколько атомов содержится в стакане воды (200 г).

11. В озеро средней глубиной 20 м и площадью поверхности  $10 \text{ км}^2$  бросили кристаллик поваренной соли массой 0,01 г. Сколько молекул этой соли оказалось бы в капле воды объемом  $10 \text{ мм}^3$ , взятой из озера, если считать, что соль после растворения равномерно распределилась в озере?

12. Сколько атомов углерода содержится в графитовом стержне длиной  $L=10 \text{ см}$  и площадью сечения  $S=4 \text{ мм}^2$ ? Плотность графита  $1,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ .

13. Какую площадь имеет поверхность золотой фольги массой 1 г, если толщина ее составляет  $10^4$  молекулярных слоев? Плотность золота  $19300 \text{ кг/м}^3$ .

14. С какой скоростью растет толщина покрытия стенки серебром при напылении, если атомы серебра, обладая энергией  $E=10^{17} \text{ Дж}$ , производят давление  $0,1 \text{ Па}$ ?

15. Какое понадобится время  $t$ , чтобы на поверхность стекла нанести слой серебра толщиной 5 мкм, используя для этого атомарный пучок с концентрацией  $10^{18} \text{ м}^{-3}$ , движущийся со скоростью 0,39 км/с. Молярная масса серебра 108 г/моль, плотность  $10,5 \text{ кг/м}^3$ .

#### Домашнее задание

П. 61, 62. Стр. 159(1-2).

### Урок 62. Распределение молекул идеального газа в пространстве

*Цель:* сформировать понятия: макроскопические, микроскопические параметры, статистическая закономерность.

#### Ход урока

#### I. Повторение изученного

1. Назовите основные агрегатные состояния вещества?
2. Какие изменения происходят в веществе при фазовых переходах?
3. При каком условии вещество находится в твердом состоянии?
4. Как движутся молекулы в твердом теле?
5. При каком условии образуется жидкое состояние вещества?
6. В чем особенности движения молекул в жидкости?
7. При каком условии вещество находится в газообразном состоянии?
8. Назовите состав трехкомпонентной плазмы.

#### II. Лабораторная работа «Наблюдение взаимодействия различных веществ»

*Цель работы:* убедиться в существовании взаимодействия частиц вещества

*Приборы и материалы:* кусок пластилина; две парафиновые свечи; спички; два предметных стекла, стакан с водой; пипетка; ластик.

#### *Ход работы*

1. Разделите кусок пластилина на две одинаковые части, а затем прижмите их друг к другу. Что вы наблюдаете?
2. Приведите в соприкосновение две парафиновые свечи. Соединились они или нет? Почему?
3. Оплавьте конец одной свечи на пламени спички. Соедините свечи. Что вы наблюдаете? Почему?
4. Сложите два сухих предметных стекла. Прижмите их друг к другу. Что вы наблюдаете?
5. С помощью пипетки наберите воду из стакана. Смочите дно из стекол водой (капните из пипетки несколько капель) и опять прижмите предметные стекла друг к другу. Что вы наблюдаете? Почему?
6. Сожмите пальцами ластик. Что вы ощущаете? Почему ластик восстанавливает свою первоначальную форму после прекращения сжатия?

#### III. Изучение нового материала

К системе с очень большим числом частиц законы механики непосредственно применять невозможно. Место механики занимает статистическая механика. Она позволяет вычислить средние значения физических величин, которые регистрируются макроскопическими приборами.

Свойства и состояние макроскопического тела определяются характером взаимодействия и движения слагающих его частиц. Значение любого термодинамического параметра связано с движением молекул или атомов тела. Механика

Ньютона хорошо приспособлена для описания движения небольшого числа тел. Если же число движущихся частиц достигает миллионов, то чисто механический подход теряет смысл. В этой ситуации не помогут никакие вычислительные машины. Однако задача исследования систем из огромного числа частиц все же поддается решению, в поведении таких систем обнаруживаются определенные закономерности. Но это уже другие закономерности, закономерности нового типа статистической физики. Важно знать не поведение отдельных молекул, а средний результат, к которому приводит их совокупное движение. Этот результат находят с помощью законов статистической физики.

С течением времени микросостояния непрерывно сменяют друг друга. Время пребывания системы в определенном макроскопическом состоянии пропорционально числу микросостояний  $Z_1$ , которые реализуют данное состояние. Если через  $Z$  обозначить полное число микросостояний системы, то вероятность  $W$  определяется  $W = \frac{Z_1}{Z}$ .

Чем больше  $Z$ , тем больше вероятность данного макросостояния и тем большее время система будет находиться в этом состоянии. Эволюция системы происходит в направлении перехода от маловероятных состояний к состояниям более вероятным. Именно с этим связана необратимость течения макроскопических процессов. Обратный процесс не является невозможным, он просто маловероятен.

#### IV. Самостоятельная работа

(Смотри раздел «Самостоятельные и контрольные работы».)

Ответы:

Вариант 1: 1.  $15 \cdot 10^{22}$ . 2. 2,2 кг. 3.  $7 \cdot 10^{-3}$  кг. 4.  $18 \cdot 10^{26}$ . 5.  $\approx 10^{20}$

Вариант 2: 1.  $\approx 5,3 \cdot 10^{26}$ . 2. 200 моль. 3. 0,52 кг. 4.  $m_{pb} > m_{sn}$  в 1,7 раза. 5.  $N_{Al} \approx N_{Ag}$

#### V. Кроссворд «Строение вещества»

(Смотри раздел «Самостоятельные и контрольные работы».)

Ответы: 1. Кислород. 2. Атом. 3. Микроскоп. 4. Демокрит. 5. Молекула. 6. Ломоносов. 7. Диффузия. 8. Цельсий. 9. Тепловые. 10. Притяжение. 11. Вещество. 12. Температура. 13. Жидкость. 14. Гипотеза. 15. Смачивание. 16. Баклан.

#### Домашнее задание

Прочитать конспект в тетради. С. 159 (3-4).

### Урок 63. Распределение молекул идеального газа по скоростям

Цель: определить, с какой скоростью двигаются молекулы в газе.

#### Ход урока

#### I. Проверка домашнего задания

1. Почему свойства различных газов не зависят от их химического состава?
2. Почему для описания движения молекул газа нет смысла использовать законы динамики Ньютона?
3. Почему газ расширяется, занимая весь предоставленный ему объем?
4. Как распространяются в пространстве молекулы идеального газа в отсутствие внешних сил?

#### II. Изучение нового материала

Для принятия теоретической гипотезы в качестве научной физической теории недостаточно ее полного согласия со всеми уже известными опытными данными.

Важным этапом превращения гипотезы в научную теорию является предсказание новых, неизвестных фактов.

Важную роль в подтверждении справедливости молекулярно-кинетической теории сыграли опыты К. Герреха по изучению количественных закономерностей броуновского движения (1908–1911 гг.) В 1905 г. А. Эйнштейн на основе молекулярно-кинетической теории разработал теорию броуновского движения.

Развитию молекулярно-кинетической теории газов способствовала работа Дж. Максвелла «Пояснение к динамической теории газов» (1860 г.)

Максвелл пришел к выводу: молекулы газа движутся с различными скоростями (ранее скорости молекул считали одинаковыми). При столкновении молекул направления и модули векторов их скоростей изменяются, но распространение молекул по возможным значениям скоростей остается неизменным.

Исходя из основных положений молекулярно-кинетической теории, Максвелл вывел закон распространения молекул газа по скоростям.

Значительная часть молекул движется со скоростью, близкой к  $V_{\text{ср}}$  – наиболее вероятной скорости. Эта скорость зависит от температуры вещества, и она уменьшается с уменьшением температуры. Хотя молекулы двигаются с любыми скоростями, число молекул, скорость которых значительно отличается от наиболее вероятной, очень мало, покоящихся молекул нет.

Наиболее вероятной скоростью движения молекул газа по предсказаниям теории при температуре около  $0^\circ$  должна быть несколько сот метров (для кислорода – 380 м/с). На первый взгляд это противоречит факту малой скорости диффузии газов, например распространению запахов в воздухе.

В 1920 г. О. Штерном были проведены опыты по измерению скоростей теплового движения молекул.

Найденная скорость совпадала со скоростью рассчитанной по законам молекулярно-кинетической теории. Опыт доказал, что скорости атомов разные. Опыт Штерна хорошо согласовывался с теорией Дж. Максвелла и способствовал превращению атомно-молекулярной гипотезы в современную молекулярно-кинетическую теорию.

### III. Закрепление изученного

1. Каким способом можно измерять скорость движения молекул?
2. Как опытным путем исследовать распределение молекул газа по скоростям?
3. Сформулируйте определение наиболее вероятной скорости частиц.
4. В чем заключался опыт О. Штерна?

### Домашнее задание

П. 69. Задачи на с. 172 (1-2).

## Урок 64. Температура

Цель: сформировать понятие о температуре.

### Ход урока

#### I. Проверка домашнего задания

1. Сформулируйте закон сохранения импульса для упругого удара.
2. Как определить среднее значение физической величины из эксперимента?
3. Расскажите, в чем состояла идея в опыте Штерна.
4. Как рассчитать число частиц, приходящихся на единичный интервал скоростей.

*Демонстрации:* измерение температуры электрическим термометром, нагревание свинца ударом молотка.

## II. Изучение нового материала

В теории тепловых явлений основная величина – температура. На теле, кроме чувствительных приемников, реагирующих на прикосновение, давление и болевые раздражения, есть приемники, реагирующие на тепло и холод. Причину способности тел по-разному воздействовать на органы чувств можно связать с различной степенью нагретости тел – температурой. Это субъективное определение температуры, которое не содержит способа ее измерения. Измерение температуры стало возможным лишь тогда, когда была установлена зависимость от температуры таких величин, как длина, объем, которые можно измерять. Еще в древности заметили, что состояние здоровья человека связано с теплотой тела. Первый прообраз термометра продемонстрировал Г. Галилей в 1592 г.

У термометра Галилея не было шкалы. Для того чтобы ввести шкалу, прежде всего, необходимо установить постоянные точки с фиксированной температурой. После многих попыток в качестве опорных точек были выбраны температуры таяния льда и кипения воды. Впервые это предложил Х. Гюйгенс в 1655 г. Самый употребляемой температурной шкалой в англоязычных странах до сих пор является шкала Фаренгейта. За  $0^\circ$  принимается смесь снега и нашатыря, а за  $100^\circ\text{C}$  – нормальная температура человеческого тела.

Для измерения температуры можно использовать любой макроскопический параметр, который зависит от температуры: объем, давление, электрическое сопротивление и т. д.

При нормальном давлении за  $0^\circ$  принимают температуру таящего льда, а за  $100^\circ$  – кипение воды. Это шкала Цельсия. Используют в качестве жидкости в термометре спирт или ртуть.

### *Измерение температуры*

1. Тело необходимо привести в тепловой контакт с термометром.
2. Термометр должен иметь массу значительно меньше массы тела.
3. Показание термометра следует отсчитывать после наступления теплового равновесия.

Температура характеризует состояние теплового равновесия макроскопической системы: во всех частях системы, находящейся в состоянии теплового равновесия, температура имеет одно и то же значение.

Разность температур тел указывает направление теплообмена между ними.

Что происходит с точки зрения молекулярно-кинетической теории? При столкновении быстро движущихся молекул с медленно движущимися такой же массы скорости быстрых молекул уменьшаются, а медленных – увеличиваются. При бесчисленных соударениях средние кинетические энергии молекул выравниваются и при тепловом равновесии имеют одно и то же значение, как для молекул одинаковой массы, так и для молекул разных масс.

Температура является мерой средней кинетической энергии хаотического движения молекул в макроскопическом теле.

Английский ученый Ч. Кельвин ввел абсолютную шкалу температур. Абсолютная температура  $T$  связана с температурой по шкале Цельсия формулой  $T = t + 273$ .

$$1^\circ\text{C} = 1\text{ K}$$

При  $T = 0^\circ\text{K}$  тепловое движение молекул прекращается.

Исторически температура впервые была введена как термодинамическая величина, для нее была установлена единица измерения – градус. После установления связи температуры со средней кинетической энергией молекул стало ясно, что температуру можно определять как среднюю кинетическую энергию молекул и выражать ее в джоулях, т. е. вместо  $T$  ввести величину  $Q$ , так чтобы

$Q = 3/2 kT$ , где постоянная Больцмана ( $k$ ) связывает величину температуры, выражаемую в энергетических единицах, с температурой, выраженной в градусах.

### III. Повторение изученного

1. Что такое термодинамическая система?
2. Что такое температура и что она характеризует?
3. Какова зависимость объема жидкостей и газов от изменения температуры?
4. Каков физический смысл постоянной Больцмана?
5. Что называется абсолютным нулем?
6. Каков смысл этого понятия с точки зрения молекулярно-кинетической теории?
7. Объясните принцип построения температурной шкалы Цельсия и Кельвина.

### Домашняя работа

П. 66, 67, задачи на с. (5-6).

## Урок 65. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории

*Цель:* вывести основное уравнение молекулярно-кинетической теории

### Ход урока

#### I. Проверка домашнего задания. Повторение изученного

1. Какое состояние газа является равновесным стационарным?
2. Сформулируйте определение температуры тела.
3. Какая единица температуры используется в СИ?
4. Применимо ли понятие температуры к одной молекуле?
5. Почему термодинамическая температура не может быть отрицательной?

#### II. Изучение нового материала

Молекулы газа движутся с очень большими скоростями и, сталкиваясь с препятствиями на их пути, воздействуют на них, оказывают давление. Большое атмосферное давление воздуха заметно не проявляется (для человека, животных и т. д.) из-за точного баланса внешнего и внутреннего давления. Нарушение баланса показывает, как велико атмосферное давление.

#### *Опыт*

Магдебургские полушария. Секрет в том, что силы, не компенсируемые изнутри, сдавливаются в результате бомбардировки молекулами воздуха снаружи.

От каких же параметров молекул воздуха зависит давление? От температуры? От средней кинетической энергии молекул?

#### *Вывод основного уравнения молекулярно-кинетической теории*

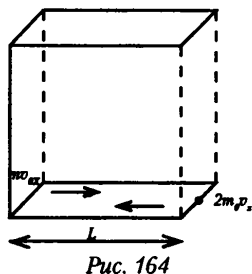
Реальный газ – это сложная система, поэтому будем рассматривать идеальный газ, удовлетворяющий следующим условиям:

1. Межмолекулярные силы взаимодействия отсутствуют.
2. Взаимодействия молекул газа происходят только при их ударах и являются упругими.
3. Молекулы газа не имеют объема – материальные точки.

Рассмотрим движение одной молекулы, заключенной в кубическом ящике. Для упрощения предположим, что молекула движется вправо и влево вдоль одной прямой  $Ox$ .

Импульс вправо (проекция на ось  $Ox$  равна  $m_0 V_x$  ( $m_0 V$  – масса одной молекулы)). Изменение импульса  $\Delta p_x = 2 m_0 V_x$  согласно II закону Ньютона.

$\Delta t$  – время между двумя отскоками молекулы.  
 $\Delta p_x = m_0 V_x - (-2 m_0 V_x) = 2 m_0 V_x$ . Средняя сила, действующая на стенку:



$$\bar{F} \Delta t = \Delta \bar{p}; \quad \Delta t = \frac{2L}{\Delta v_x}, \quad \Delta p_x = m_0 \vartheta_x - (-m_0 \vartheta_x) = 2m_0 \vartheta_x; \quad \bar{F} = \frac{2m_0 \vartheta_x}{\frac{2L}{\vartheta_x}} = \frac{m \vartheta^2}{L}.$$

В ящике в одном направлении движутся  $N$  молекул  $\bar{F} = N \frac{m \bar{v}_x^2}{2}$ .

Среднее значение квадрата модуля скорости:  $\bar{v}^2 = \frac{\bar{v}_1^2 + \bar{v}_2^2 + \bar{v}_3^2 + \dots + \bar{v}_n^2}{N}$ .

Модуль любого вектора на оси  $Ox$ ,  $Oy$ ,  $Oz$  равен  $\bar{v}_x^2 = \bar{v}_y^2 = \bar{v}_z^2$ , т.к.

$$\bar{F} = \frac{1}{3} N \frac{m \bar{v}^2}{2}, \quad p = \frac{F}{S}, \quad \text{то } p = \frac{1}{3} \frac{N m_0 \bar{v}^2}{LS} = \frac{1}{3} \frac{N m_0 \bar{v}^2}{V}, \quad L \cdot S = V - \text{объем ящика;}$$

$\frac{N}{V} = n$  – концентрация молекул.

$p = \frac{1}{3} n m_0 \bar{v}^2$  – основное уравнение МКТ (уравнение Клаузиуса), устанавли-

вает связь между микро- и макромиром.  $p = \frac{1}{3} m_0 n \bar{v}^2 \Rightarrow P = \frac{1}{3} \rho \bar{v}^2$ .

$p$  – измеряют экспериментально.

Т.к.  $E_x = m_0 V_x / 2$ . Следовательно,  $p = \frac{2}{3} \bar{E}_k \cdot n$

### III. Повторение изученного

1. Что называется идеальным газом?
2. Назовите условия, при которых газ можно считать идеальным.
3. Каков механизм возникновения давления с точки зрения молекулярно-кинетической теории?
4. Что называется концентрацией молекул?
5. Запишите и объясните физический смысл основного уравнения молекулярно-кинетической теории.
6. Как записывается основное уравнение молекулярно-кинетической теории через средний квадрат скорости молекул газа и его плотность?
7. Получите формулу, связывающую давление идеального газа и среднюю кинетическую энергию движения молекул.

### IV. Решение задач

1. В сосуде находится газ. Какое давление он производит на стенки сосуда, если масса газа 5 г, его объем 1 л, средняя квадратичная скорость молекул 500 м/с?



**Дано:**

$$m = 5 \text{ г} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$$

$$V = 1 \text{ л} = 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$V = 500 \text{ м/с}$$

**Найти:**  $P$  - ?**Решение:**

$$p = \frac{1}{3} m_0 \cdot n \bar{v}^2; n = \frac{N}{V}; m = m_0 \cdot N.$$

$$\text{Тогда } p = \frac{1}{3} m_0 \frac{N}{V} \cdot \bar{v}^2 = \frac{1}{3} \frac{m}{V} \bar{v}^2; p \approx 4,2 \cdot 10^5 \text{ Па.}$$

$$(\text{Ответ: } P \approx 4,2 \cdot 10^5 \text{ Па.})$$

2. Определите давление азота в ампуле, если в  $1 \text{ м}^3$  находится  $3,5 \cdot 10^{14}$  молекул, средняя скорость теплового движения которых равна  $490 \text{ м/с}$ .

$$(\text{Ответ: } P = 1,38 \cdot 10^6 \text{ Па} = 1,3 \text{ мкПа})$$

3. Определите давление водорода, если средняя квадратичная скорость его молекул  $800 \text{ м/с}$ , а его плотность –  $2,4 \text{ кг/м}^3$ .

$$\text{Дано: } V = 800 \text{ м/с}; c = 2,4 \text{ кг/м}^3; m_{\text{H}_2} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг-моль}^{-1}$$

**Найти:**  $P$  - ?

$$(\text{Ответ: } P = 5,12 \cdot 10^5 \text{ Па} = 0,512 \text{ МПа.})$$

4. Определите концентрацию молекул водорода при давлении  $100 \text{ кПа}$ , если среднее значение скорости теплового движения молекул равно  $450 \text{ м/с}$ . (*Ответ:*  $n \approx 4,5 \cdot 10^{26} \text{ м}^{-3}$ ).

5. Какова скорость теплового движения молекул, если при давлении  $250 \text{ кПа}$  газ массой  $8 \text{ кг}$  занимает объем  $15 \text{ м}^3$ ? (*Ответ:*  $V \approx 11,9 \cdot 10^{-2} = 1,19 \cdot 10^3 \text{ м/с}$ ).

6. Средняя энергия молекулы идеального газа равна  $6,4 \cdot 10^{-2} \text{ Дж}$ . Давление газа  $4 \text{ МПа}$ . Найти число молекул газа в единице объема.

$$\text{Дано: } E = 6,4 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}; P = 4 \text{ МПа} = 4 \cdot 10^3 \text{ Па.}$$

**Найти:**  $n$  - ?

$$(\text{Ответ: } n = 9,38 \cdot 10^{17} \text{ м}^{-3}.)$$

7. Определить число молекул водорода в  $1 \text{ м}^3$ , если давление равно  $200 \text{ мм рт.ст.}$ , а средняя квадратичная скорость его молекул равна  $24 \text{ 000 м/с}$ .

*Пояснения.* Переведем давление из мм рт.ст. в Па, пользуясь формулой давления жидкости:

$$P = c_{\text{Hg}} \cdot g \cdot h = 13,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$$

$$P = 13,6 \cdot 10^3 \cdot 9,8 \cdot 200 \cdot 10^{-3} = 26656 \approx 2,7 \cdot 10^4 \text{ Па.}$$

$$\text{Дано: } P = 200 \text{ мм рт. ст.} = 2,7 \cdot 10^4 \text{ Па}; V = 2 \text{ м}^3; V = 2400 \text{ м/с};$$

$$m_{\text{H}_2} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}; N_A = 6,092 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$$

**Найти:**  $N$  - ?

$$(\text{Ответ: } N = 8,4 \cdot 10^{24} \text{ частиц.})$$

8. Чему равны средняя квадратичная скорость и средняя энергия поступательного движения молекул азота, если  $2,5 \text{ кг}$  занимают объем  $3,2 \text{ м}^3$ , производят давление  $2,5 \cdot 10^5 \text{ Па}$ ? (*Ответ:*  $V = 7,6 \cdot 10^2 = 760 \text{ м/с}$ ;  $E = 1,34 \cdot 10^{20} \text{ Дж}$ ).

**Домашнее задание**

П. 63, 65. Задачи с. 159 (8-10).

## Урок 66. Решение задач по теме «Идеальный газ в МКТ. Температура»

*Цель:* научить решать задачи.

### Ход урока

1. При какой температуре молекулы кислорода имеют такую же среднюю квадратичную скорость, что и молекулы азота при температуре  $100^\circ \text{C}$ ?

2. Какое давление на стенки сосуда производит водород, если число молекул в  $1 \text{ см}^3$  равно  $4,1 \cdot 10^{18}$ , а средняя квадратичная скорость его молекул  $2400 \text{ м/с}$ ?

3. Определите плотность газа, молекулы которого производят на стенки сосуда давление  $1,6 \cdot 10^5 \text{ Па}$ . Средняя квадратичная скорость молекул  $800 \text{ м/с}$ .

4. Определите число молекул кислорода в  $1 \text{ м}^3$ , если давление равно  $77 \text{ кПа}$ , а средняя квадратичная скорость его молекул  $400 \text{ м/с}$ .

5. На стенку площадью  $S$  налетает поток молекул со скоростью  $V$ . Число молекул, движущихся по направлению к стенке, в единице объема  $n$ , масса каждой молекулы  $m$ . Найдите действующую на стенку силу и давление, если молекулы движутся перпендикулярно стенке и удары молекул о стенку абсолютно неупругие.

6. Какова средняя квадратичная скорость молекул газа, который занимает объем  $1,3 \text{ м}^3$  при давлении  $5 \cdot 10^4 \text{ Па}$ ? Масса газа  $60 \text{ г}$ .

7. В цилиндре вместимостью  $1,2 \text{ л}$  содержится газ под давлением  $10^5 \text{ Па}$ . Среднее значение кинетической энергии каждой молекулы равно  $6 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}$ . Сколько молекул газа находится в цилиндре?

8. При повышении температуры идеального газа на  $150 \text{ К}$  средняя квадратичная скорость его молекул возросла с  $400$  до  $500 \text{ м/с}$ . На сколько надо нагреть этот газ, чтобы увеличить среднюю квадратичную скорость его молекул от  $500$  до  $600 \text{ м/с}$ ?

9. В воздухе при  $t=27^\circ\text{C}$  взвешены пылинки сферической формы. Радиус пылинок  $r=10^{-6} \text{ м}$ . Плотность вещества  $1300 \text{ кг/м}^3$ . Определите средний квадрат скорости пылинок.

10. В сосуде находится  $1 \text{ л}$  воды при температуре  $27^\circ\text{C}$ . Каким стало бы давление внутри сосуда, если бы сила взаимодействия между молекулами внезапно исчезла?

11. Два сосуда, содержащих различные газы, соединены трубкой с краном. Давление газа в первом сосуде  $p_1$ , а число молекул  $N_1$ . Давление газа во втором сосуде  $p_2$ , число молекул  $N_2$ . Какое давление установится в сосудах, если открыть кран соединительной трубки? Температуру считать постоянной.

12. Плотность газа в баллоне газополной электрической лампы  $0,9 \text{ кг/м}^3$ . При горении лампы давление в ней возросло с  $p_1=8 \cdot 10^4 \text{ Па}$  до  $p_2=1,1 \cdot 10^5 \text{ Па}$ . На сколько увеличилась при этом средняя квадратичная скорость молекул?

**Домашнее задание**

П.63, 65. Задачи на с. 159 (7-8) 13.

## Урок 67. Уравнение Клапейрона-Менделеева

*Цель:* вывести уравнение Клапейрона-Менделеева и научить решать задачи по этой формуле.

### Ход урока

#### I. Проверка домашнего задания. Повторение изученного

1. Почему барабанная перепонка уха не продавливается бомбардирующими ее молекулами воздуха?
2. Что доказал эксперимент О. фон Герике?
3. Сформулируйте и запишите основное уравнение молекулярно-кинетической теории.
4. Сформулируйте закон Дальтона.
5. На высоте порядка сотен километров над Землей молекулы атмосферы имеют кинетическую энергию, которой соответствует температура поряд-

ка тысяч градусов Цельсия. Почему на такой высоте не плавают искусственные спутники Земли?

## II. Самостоятельная работа

(См. раздел «Самостоятельные и контрольные работы».)

Ответ:

Вариант 1: 1.  $5 \cdot 10^{24}$  Дж. 2.  $\approx 2,7 \cdot 10^{25}$  м<sup>3</sup>. 3.  $P_2 = 4 p_1$ . 4.  $\approx 2,7 \cdot 10^{24}$  м<sup>3</sup>

Вариант 2: 1.  $3 \cdot 10^{27}$  м<sup>3</sup>. 2.  $2 \cdot 10^5$  Па. 3.  $\approx 4 \cdot 10^4$  Па. 4. 394 м/с

## III. Изучение нового материала

В 1834 г. французский физик Б. Клапейрон, работавший длительное время в России (Петербурге), вывел уравнение состояния идеального газа при постоянной массе газа ( $m = \text{const}$ ).

Из уравнения  $\frac{m_0 \bar{v}^2}{2} = \frac{3}{2} \kappa T$  и основного уравнения МКТ  $p = \frac{2}{3} n \frac{m_0 \bar{v}^2}{2}$ :  $p = nkT$

Зная, что  $n = \frac{N}{V}$ ,  $N = \text{const}$ , получим  $p = \frac{NRT}{V}$ .  $\frac{PV}{T} = NR = \text{const}$ .

Это уравнение связывает давление, объем и температуру, которые определяют состояние идеального газа, и называется уравнением состояния идеального газа.

Для постоянной массы идеального газа отношение произведения давления на объем к данной температуре есть величина постоянная.

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2};$$

$$\frac{P_0 V_0}{N_0} = \frac{10^5 \text{ Па} \cdot 0,024 \text{ м}^3 / \text{моль}}{273 \text{ К}} = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}};$$

Для одного моля газа при нормальных условиях.

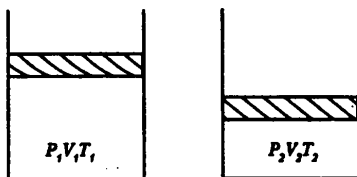


Рис. 119

$R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$  – универсальная газовая постоянная.

В 1874 г. Д. И. Менделеев вывел уравнение для произвольного числа молекул.

$$N = \frac{m}{m_0}; N = \frac{m}{\mu} N_A; pV = NkT; PV = \frac{m}{\mu} N_A kT,$$

где  $N_A$  – число Авогадро,  $k$  – постоянная Больцмана.  $N_A \cdot k = R$ .

$PV = \frac{m}{\mu} RT$  – уравнение Менделеева-Клапейрона.

## IV. Закрепление изученного

1. Что называют уравнением состояния системы?
2. Выведите уравнение Клапейрона-Менделеева для произвольной массы идеального газа.
3. Чему равна универсальная газовая постоянная в СИ?
4. Как запишется уравнение состояния для одного моля?
5. Чему равен объем одного моля любого газа при нормальных условиях?
6. Как физический смысл универсальной газовой постоянной?

## V. Решение задач

1. В сосуде вместимостью 500 см<sup>3</sup> содержится 0,89 г водорода при температуре 17 °С. Определите давление газа.

**Дано:**  $V = 500 \text{ см}^3 = 500 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 = 5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$ ;  $m = 0,89 \text{ г} = 0,89 \cdot 10^{-3} \text{ кг} = 8,9 \cdot 10^{-4} \text{ кг}$ ;  
 $t^\circ = 290 \text{ }^\circ\text{К}$ ;  $R = 8,31 \text{ Дж/моль} \cdot \text{ }^\circ\text{К}$ ;  $m_{\text{H}_2} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$

**Найти:**  $P$  - ? (Ответ:  $P \approx 2,14 \cdot 10^6 \text{ Па} = 2,14 \text{ МПа}$ .)

2. В баллоне емкостью 25,6 л находится 1,04 кг азота при давлении 3,5 МПа.

Определить температуру газа.

**Дано:**  $V = 25,6 \text{ л} = 25,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ ;  $P = 3,5 \text{ МПа} = 3,5 \cdot 10^6 \text{ Па}$ ;  $m_{\text{H}_2} = 28 \cdot 10^{-2} \text{ кг/моль}$ ;  
 $R = 8,31 \text{ Дж/моль} \cdot \text{ }^\circ\text{К}$

**Найти:**  $T$  - ? (Ответ:  $290 \text{ }^\circ\text{К}$  или  $t^\circ = 17 \text{ }^\circ\text{С}$ .)

3. Какой объем занимает газ в количестве  $10^3$  моль при давлении 1 МПа и температуре  $100 \text{ }^\circ\text{С}$ ? (Ответ:  $V \approx 3,1 \text{ м}^3$ .)

4. Найти плотность водорода при температуре  $15 \text{ }^\circ\text{С}$  и давлении 98 кПа. (Ответ:  $\rho = 0,082 \text{ кг/м}^3$ .)

5. При какой температуре  $1 \text{ см}^3$  газа содержит  $10^{19}$  молекул, если давление газа равно  $10^4 \text{ Па}$ ? (Ответ:  $T = 72 \text{ }^\circ\text{К}$ .)

6. В баллоне вместимостью  $0,05 \text{ м}^3$  находится газ, взятый в количестве  $0,12 \cdot 10^3$  моль при давлении  $6 \cdot 10^6 \text{ Па}$ . Определите среднюю кинетическую энергию теплового движения молекулы газа. (Ответ:  $E \approx 6,2 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}$ .)

7. При нормальных условиях масса газа 738,6 мг, а объем 8,205 л. Какой это газ?

**Дано:**  $m = 736,6 \text{ мг} = 738,6 \cdot 10^{-6} \text{ кг} = 7,386 \cdot 10^{-4} \text{ кг}$   
 $R = 8,31 \text{ Дж/моль} \cdot \text{ }^\circ\text{К}^{-1}$   
 $V = 8,205 \text{ л} = 8,205 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$   
 $P_0 = 1,1 \cdot 10^6 \text{ Па}$ ;  $T_0 = 273 \text{ }^\circ\text{К}$

**Решение:**

Пользуясь периодической системой химических элементов Менделеева, определяем, что данную молярную массу имеет водород ( $\text{H}_2$ ). (Ответ: этот газ – водород.)

**Найти:**  $m$  - ?

8. Газ при давлении  $8,1 \cdot 10^5 \text{ Па}$  и температуре  $12 \text{ }^\circ\text{С}$  занимает объем 855 л. Каким будет давление, если та же масса газа при температуре  $320 \text{ }^\circ\text{К}$  займет объем 800 л? (Ответ:  $P_2 = 9,72 \cdot 10^5 \text{ Па}$ .)

9. Объем газа при давлении  $7,2 \cdot 10^5 \text{ Па}$  и температуре  $288 \text{ }^\circ\text{К}$  равен  $0,6 \text{ м}^3$ . При какой температуре масса газа займет объем  $1,6 \text{ м}^3$ , если давление станет равным  $2,25 \cdot 10^5 \text{ Па}$ ? (Ответ:  $T_2 = 240 \text{ }^\circ\text{К}$ .)

10. Газ при давлении  $3,2 \cdot 10^4 \text{ Па}$  и температуре  $290 \text{ }^\circ\text{К}$  занимает объем 87 л. Найти объем газа при нормальных условиях. (Нормальные условия:  $p_0 = 1,01 \cdot 10^5 \text{ Па}$ ;  $T_0 = 273 \text{ }^\circ\text{К}$ .) (Ответ:  $V_2 = 26 \text{ л}$ .)

11. Перед тактом сжатия давление смеси в цилиндре двигателя внутреннего сгорания равно  $0,8 \cdot 10^5 \text{ Па}$ , а температура  $50 \text{ }^\circ\text{С}$ . Определите температуру смеси в конце такта сжатия, если объем смеси в процессе сжатия уменьшился в 5 раз, а давление увеличилось до  $7 \cdot 10^5 \text{ Па}$ . (Ответ:  $T_2 \approx 320 \text{ }^\circ\text{К}$ .)

**Домашнее задание**

П 70, стр. 182, задачи (1-2).

### Урок 68. Изопроцессы

*Цель урока:* рассмотреть частные случаи закона Клапейрона.

#### Ход урока

#### I. Проверка домашнего задания. Повторение изученного

1. Каковы нормальные условия для идеального газа?
2. Какова концентрация молекул идеального газа при нормальных условиях?

3. Какие макроскопические параметры связывает уравнение Клапейрона-Менделеева?
4. Какие параметры необходимо знать для определения состояния идеального газа?

## II. Самостоятельная работа

(См. раздел «Самостоятельные и контрольные работы».)

Ответы к самостоятельной работе

	Ответы и номера вопросов							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Вариант 1	А	Г	А	В	А	Б	Б	В
Вариант 2	В	А	В	Б	Б	А	В	А

## III. Изучение нового материала

Если одновременно меняются все характеристики состояния газа, то трудно установить какие-либо закономерности. Прошу изучить процессы, в которых масса и один из трех параметров –  $p$ ,  $V$  или  $T$  остаются неизменными.

Количественные зависимости между двумя параметрами газа одной и той же массы при неизменном значении третьего параметра называют *газовыми законами*.

Первый газовый закон был открыт английским ученым Р. Бойлем (1627–1691 гг.) в 1600 г. Работа называлась «Новые эксперименты, касающиеся воздушной пружины». Бойль изучал изменение давления газа в зависимости от объема при постоянной температуре. Данный процесс называется *изотермическим*.

Независимо от Бойля несколько позднее французский ученый Э. Мариотт пришел к тем же выводам. Поэтому закон получил название Бойля-Мариотта.

$$pV = \text{const.}$$

**Закон Гей-Люссака (1802 г.)**

Процесс изменения состояния термодинамической системы при постоянном давлении называют *изобарным*.

Объем данной массы газа при  $p = \text{const}$  зависит от температуры по лин. закону

$$V = V_0(1 + \alpha V \Delta t) \quad \frac{V}{T} = \text{const.}$$

*Изохорический процесс*

**Закон Ж. Шарля (1787 г.)**

При  $V = \text{const}$  давление данной массы газа при постоянном объеме зависит от температуры по линейному закону:  $p = p_0(1 + \beta \Delta t) \quad \frac{p}{T} = \text{const.}$

### Фронтальное экспериментальное задание 1

**«Наблюдение зависимости объема данной массы газа от температуры при постоянном давлении»**

**Приборы и материалы:** 1) пробирка химическая, закрытая пробкой со стеклянной трубной длиной 150-200 мм, диаметром 4-5 мм; 2) стакан низкий с водой.

#### Ход работы

1. Подготовьте оборудование для опыта. Для этого опустите конец трубки с пробкой в стакан с водой на глубину 3-4 см, закройте пальцем другой конец и выньте трубку из воды. Расположите трубку горизонтально. Осторожно закройте пробирку пробкой так, чтобы столбик воды не вылился из трубки.

2. Нагрейте воздух в пробирке, подержав ее несколько секунд в руке. При этом наблюдайте за положением столбика воды в трубке.

3. Прекратите нагревание воздуха в пробирке и снова в течение нескольких секунд, наблюдайте за изменением положения столбика воды в трубке.

4. Ответьте на вопросы:

- Зависимость между какими величинами вы наблюдали на опыте?
- Изменялись ли давление и масса воздуха в пробирке во время опыта?
- Что можно сказать о зависимости объема данной массы воздуха от температуры при постоянном давлении?

**Фронтальное экспериментальное задание 2**  
**«Наблюдение зависимости давления данной массы газа от температуры при постоянном объеме»**

**Изопроцессы в газах**

Название процесса	Постоянный параметр	Математическая запись закона	Графики процессов в системе координат p-V, p-T, V-T
Изотермы	$T = \text{const}$	$p \cdot V = \text{const}$	<p style="text-align: center;"><i>Изотермическое расширение</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Изотермическое сжатие</i></p>
Изобарный	$p = \text{const}$	$\frac{V}{T} = \text{const}$	<p style="text-align: center;"><i>Изобарное расширение (нагревание)</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Изобарное сжатие (охлаждение)</i></p>
Изохорный	$V = \text{const}$	$\frac{p}{T} = \text{const}$	<p style="text-align: center;"><i>Изохорное нагревание</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Изохорное охлаждение</i></p>

**Приборы и материалы:** 1) пробирка химическая, закрытая пробкой с индикатором давления; 2) стакан низкий с теплой водой.

### Ход работы

1. Сделайте предположение о том, как будут изменяться уровни воды в коленах индикатора давления при опускании пробирки в стакан с теплой водой.

2. Ответ проверьте на опыте.

3. Ответьте на вопросы:

– Зависимость между какими величинами вы наблюдали на опыте?

– Изменялась ли масса воздуха в пробирке во время опыта?

**Примечание.** Изменением объема воздуха можно пренебречь ввиду малости внутреннего диаметра стеклянной трубки индикатора давления.

– Что можно сказать о зависимости давления данной массы воздуха от температуры при постоянном объеме?

### IV. Закрепление изученного

1. Что такое параметры состояния?

2. Какие величины относятся к ним?

3. Что называют изопроцессами?

4. Какой процесс называют изотермическим? изохорическим? изобарным?

### V. Решение задач

1. Воздух под поршнем насоса имел давление  $10^5$  Па и объем  $200 \text{ см}^3$ . При каком давлении этот воздух займет объем  $130 \text{ см}^3$ , если его температура не изменится?

**Дано:**  $P_1 = 10^5 \text{ Па}$ ;  $V_1 = 200 \text{ см}^3 = 200 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$ ;  $m = \text{const}$ ;  $T_1 = T_2 = \text{const}$

**Найти:**  $P_2$  - ? (*Ответ:*  $P_2 \approx 1,5 \cdot 10^5 \text{ Па}$ )

2. Газ занимает объем  $2 \text{ м}^3$  при температуре  $273 \text{ }^\circ\text{C}$ . Каков будет его объем при температуре  $546 \text{ }^\circ\text{C}$  и прежнем давлении?

**Дано:**  $V_1 = 2 \text{ м}^3$ ;  $t_1 = 273 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $T_1 = 546 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $t_2 = 546 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $T_2 = 819 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $P = \text{const}$

**Найти:**  $V_2$  - ? (*Ответ:*  $V_2 = 3 \text{ м}^3$ .)

3. Газ занимал объем  $12,32 \text{ л}$ . Его охладили при постоянном давлении на  $45 \text{ }^\circ\text{C}$ , и его объем стал равен  $10,52 \text{ л}$ . Какова была первоначальная температура газа? (*Ответ:*  $T = 308 \text{ }^\circ\text{C}$ .)

4. Газ находится в баллоне при температуре  $288 \text{ }^\circ\text{C}$  и давлении  $1,8 \text{ МПа}$ . При какой температуре давление газа станет равным  $1,55 \text{ МПа}$ ? Объем баллона считать неизменным. (*Ответ:*  $T_2 = 248 \text{ }^\circ\text{C}$ .)

5.  $10 \text{ г}$  кислорода находятся под давлением  $0,303 \text{ МПа}$  при температуре  $10 \text{ }^\circ\text{C}$ . После нагревания при постоянном давлении кислород занял объем  $10 \text{ л}$ . Найти начальный объем и конечную температуру газа. (*Ответ:*  $V_1 = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 = 2,4 \text{ л}$ ;  $T_2 \approx 1,18 \cdot 10^3 \text{ }^\circ\text{C}$ .)

### Домашнее задание

П. 71, задачи на с. 182 (3-5).

## Урок 69. Лабораторная работа «Определение атмосферного давления»

### Ход урока

#### Содержание и метод выполнения работы

Атмосферное давление определяется по изотермическому изменению объема столба воздуха.

В открытой с обоих концов U-образной трубке давление в обоих коленах одинаково и равно атмосферному  $P_a$ . Если, перемещая правое колено, установить в левом колене уровень воды на расстоянии  $l_1$  от верхнего конца, то объем воздуха в левом колене будет  $V_1 = Sl_1$ , где  $S$  – площадь сечения трубки (рис. 121).

Если теперь, закрыв это колено пластиковой пробкой, начать опускать правое колено, то длина столба воздуха в левом колене будет увеличиваться, а его давление соответственно уменьшаться, поскольку теперь атмосферное давление

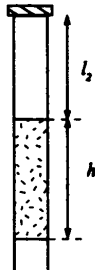
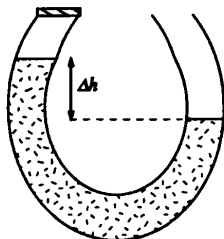
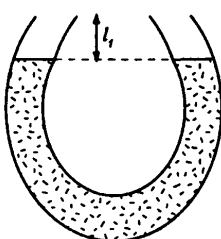


Рис. 121

уравновешивается еще и давлением столба воды высотой  $\Delta h$ . Когда трубка примет вертикальное положение, высота столба воздуха будет  $l_2$ , а его объем  $V_2 = Sl_2$ . Процесс расширения воздуха можно считать изотермическим. Уравнение процесса запишется так:  $p_a V_1 = (P_a - \Delta p) \cdot V_2$ , где  $\Delta p = \rho gh$ , откуда легко найти атмосферное давление:  $p_a = \frac{\rho gh l_2}{l_2 - l_1}$

**Оборудование:** прозрачная эластичная трубка или две стеклянные трубки, соединенные резиновой; пластилин; измерительная линейка с миллиметровыми делениями; стакан с водой.

### Ход работы

1. Подготовьте в тетради таблицу для записи результатов измерений и вычислений.

№ опыта	$l_1, \text{ м}$	$l_2, \text{ м}$	$h, \text{ м}$	$\rho, \text{ кг/м}^3$	$\rho_a, \text{ Па}$

2. Налейте в трубку воду и измерьте высоту  $l_1$  столба воздуха в левом колене при открытых обоих коленах.

3. Аккуратно закройте пластилином левое колено и осторожно опустите правое колено, придав трубке вертикальное положение.

4. Измерьте высоту  $l_2$  столба воздуха в левом колене.

5. Измерьте высоту столба воды в трубке и по формуле (2) рассчитайте значение атмосферного давления. Плотность воды принять равной  $1000 \text{ кг/м}^3$ , ускорение свободного падения  $9,81 \text{ м/с}^2$ .

6. Повторите опыт 2-3 раза и вычислите среднее значение атмосферного давления.

7. Если в вашем распоряжении имеется барометр-анероид, сравните полученный результат с его показаниями.

8. Оцените погрешность проведенных измерений и сделайте вывод.

**Дополнительное задание.** Предложите способы повышения точности измерения атмосферного давления.

### Контрольные вопросы

1. Возможен ли опыт Торричелли с использованием вместо ртути любой другой жидкости?



2. Чем обусловлено существование атмосферного давления на Земле? Почему с увеличением высоты давление уменьшается?

### Домашнее задание

П. 71, задачи на с. 182 (6-7).

## Урок 70. Зачет по теме

### «Молекулярно-кинетическая теория идеального газа»

Цель: проверка знаний по теме «Молекулярно-кинетическая теория идеального газа».

### Ход урока

#### I. Групповой зачет

##### Группа 1

1. Какие процессы изображены на графике (рис. 122)? Каким законам они подчиняются?

2. Запишите основное уравнение МКТ идеального газа.

3. Запишите закон Бойля-Мариотта двух состояний.

4. Газ при давлении 8 атм и температуре 12 °С занимает объем 855 л. Каково будет его давление, если газ данной массы при температуре 47 °С займет объем 800 л? (Ответ: 9,6 атм.)

5. Представить данный процесс в координатах P(T) и P(V) (рис. 123).

6. Воздух в упругой оболочке при 20 °С и при нормальном атмосферном давлении занимает объем 3 л. Какой объем займет этот воздух под водой на глубине 136 м, где температура 4 °С? (Ответ: 0,19 л.)

7. Из цилиндрической трубки, запаянной с одного конца, откачали воздух. При опускании ее открытым концом в воду вода поднялась до высоты 68 см. Какое давление было в трубке после откачки, если атмосферное давление во время опыта было 750 мм рт.ст.? Длина трубки 75 см. (Ответ: 8675 Па).

##### Группа 2

1. Какие процессы изображены на графике (рис. 124)? Каким законам они подчиняются?

2. Запишите основное уравнение МКТ газа через абсолютную температуру.

3. Запишите закон Бойля-Мариотта двух состояний.

4. В баллоне емкостью 26 л находится 1,1 кг азота при давлении 35 ат. Определите температуру газа. (Ответ: 6 °С.)

5. Из баллона со сжатым водородом емкостью 1 м<sup>3</sup> вследствие неисправности вентиля вытекает газ. При температуре 7 °С манометр показал 5 атм. Через некоторое время при температуре 17 °С манометр показал 3 атм. На сколько уменьшилась масса газа в баллоне? (Ответ: 180 г.)

6. Представить данный процесс в координатах V(T) и P(V) (рис. 125).

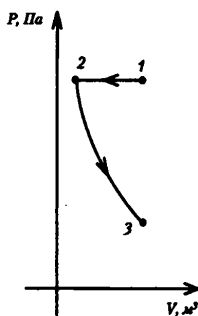


Рис. 122

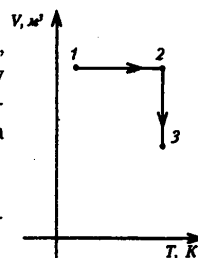


Рис. 123

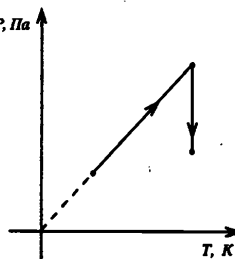


Рис. 124

7. В цилиндре под поршнем находится газ. Масса поршня 0,6 кг, его площадь 20 см<sup>2</sup>. С какой силой надо действовать на поршень, чтобы объем газа в цилиндре уменьшился вдвое? Температура газа не изменяется. Атмосферное давление нормальное. (Ответ: 206 Н.)

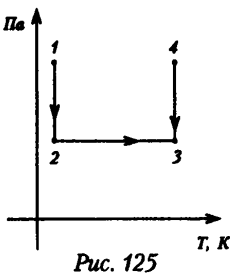


Рис. 125

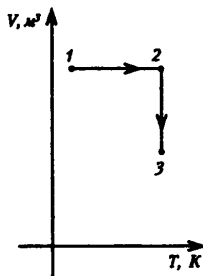


Рис. 126

**Группа 3**

1. Какие процессы изображены на графике (рис. 126)? Каким законам подчиняются эти процессы?

2. Запишите основное уравнение МКТ газа через среднюю энергию молекул.

3. Запишите уравнение состояния идеального газа.

4. Представьте данный процесс в координатах  $V(T)$  и  $P(T)$  (рис. 127).

5. Теплоизолированный сосуд разделен пополам перегородкой. В одной половине сосуда находится идеальный газ при температуре 27 °С и давлении 2 атм, во второй половине – другой идеальный газ с температурой 127 °С и при давлении 5 атм. Найти установившуюся температуру смеси газов после того, как убрали перегородку. (Ответ: 365 К.)

6. Найти давление 1 л неона, если масса его 45 г, а температура 0 °С. (Ответ: 51 атм.)

7. Внутренний объем цилиндра двигателя внутреннего сгорания 0,93 л. Какой объем займут при нормальных условиях выхлопные газы, выбрасываемые за один ход поршня, если к моменту открытия выпускного клапана температура газа в цилиндре 1000 °С, а давление 5 атм? (Ответ: 1 л.)

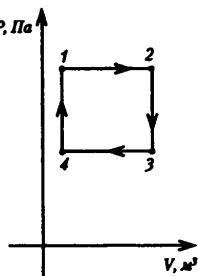


Рис. 127

**Группа 4**

1. Какие процессы изображены на графике (рис. 128)? Каким законам эти процессы подчиняются?

2. Как рассчитать число молекул в любом теле массой  $m$ ?

3. Запишите уравнение Клапейрона двух состояний.

4. Стальной баллон наполнен азотом при температуре 12 °С. Давление азота 15 МПа. Найти плотность азота при этих условиях.

5. В какой трубке, запаянной с одного конца, находится столбик ртути высотой 5 см. Когда трубка расположена вертикально открытым концом вверх, то длина воздушного столбика, закрытого ртутью, 10 см. Какова будет длина этого воздушного столбика, если трубку расположить открытым концом вниз? Горизонтально? Определить атмосферное давление. Представить данный процесс в координатах  $P(T)$  и  $P(V)$  (рис. 129).

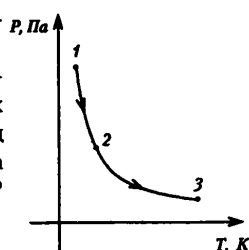


Рис. 128

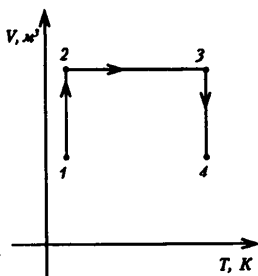


Рис. 129

6. Представить данный процесс в координатах  $V(T)$  и  $P(V)$  (рис. 130).

#### Группа 5

1. Какие процессы изображены на графике (рис. 131)? Каким законам эти процессы подчиняются?

2. Напишите три формулы для определения количества вещества.

3. Запишите закон Шарля для двух состояний.

4. Невысокий стеклянный сосуд объемом  $1 \text{ дм}^3$  наполнен воздухом при давлении  $200 \text{ мм рт. ст.}$  Какое количество воды войдет в сосуд, если в нем сделать отверстие под водой на глубине  $2 \text{ м}$  от поверхности? Атмосферное давление  $800 \text{ мм рт. ст.}$  (Ответ:  $790 \text{ см}^3$ .)

5. Маленькую стеклянную пробирку помещают в воду открытым концом вниз. На какой глубине вода войдет в пробирку на  $3/5$  ее длины? Атмосферное давление  $750 \text{ мм рт. ст.}$  (Ответ:  $15 \text{ м}$ .)

6. Представить данный процесс в координатах  $V(T)$  и  $P(T)$  (рис. 132).

7. Вертикальная трубка опущена в сосуд с ртутью так, что столб ртути в трубке равен  $40 \text{ мм}$  над поверхностью ртути в сосуде, а столб воздуха равен  $190 \text{ мм}$  над ртутью. На сколько надо опустить трубку, чтобы уровни ртути сравнялись? Атмосферное давление нормальное. (Ответ:  $50,3 \text{ мм}$ .)

Домашнее задание

Задачи с. 182 (8-9).

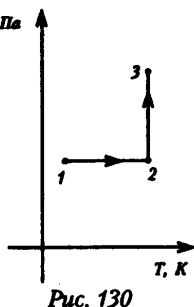


Рис. 130

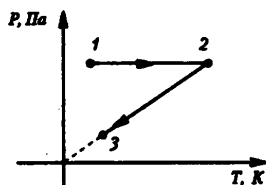


Рис. 131

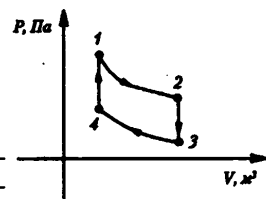


Рис. 132

## Урок 71. Решение экспериментальных задач

Цель: научить решать экспериментальные задачи.

### Ход урока

Класс делится на группы.

#### Задание 1

**Оборудование:** колба, закрытая пробкой с двумя отверстиями, резиновая трубка, соединяющая колбу с жидкостным манометром, барометр-анероид.

Через кран с помощью груши нагнетают воздух.

**Рекомендации.** Сопоставляют давление атмосферного воздуха и давление воздуха в колбе. Избыточное давление определяют по высоте столбика водяного манометра, с помощью барометра-анероида находят атмосферное давление.

#### Задание 2

Рассчитайте температуру нагретой воды.

**Рекомендации. Оборудование:** запаянная с одного конца стеклянная трубка диаметром  $4-5 \text{ мм}$  и длиной

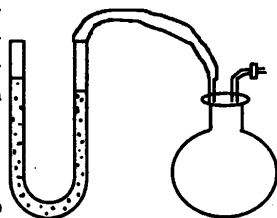


Рис. 133

около 300 мм, линейка, две мензурки с водой комнатной температуры и нагретой до  $60^\circ\text{C}$ , термометр с пределом измерения  $40^\circ\text{--}50^\circ\text{C}$ , кусок резины.

Рассмотрим два состояния газа в трубке. Первое: трубка опущена в нагретую воду запаянным концом вниз. После установления теплового равновесия:  $p_1$  – атмосферное давление,  $V$  – длина воздушного столба в трубке,  $T_1$  – неизвестная температура.

Открытый конец закрываем пальцем. Поднимаем вверх, переворачиваем в воздухе и опускаем в другую мензурку с водой, где и открываем незапаянный конец. Второе состояние при тепловом равновесии: уровень воды снаружи и внутри одинаков:  $p_1 = p_2$ ,  $V_2$  – объем равен условно длине столбика воздуха.  $T_2$  находим с помощью термометра. Вычисляем по закону Гей-Люссака. Проверяем результат измерения контрольным термометром. Делаем вывод.

### **Задание 3**

Оцените, во сколько раз изменится масса воздуха при переносе трубки из воздуха в нагретую воду.

*Оборудование:* запаянная с одного конца стеклянная трубка диаметром 4–5 мм и длиной 250–300 мм, линейка, ванночка с нагретой водой, термометр.

$$p_1 V_1 = m_1 R T_1 / m; \quad p_2 V_2 = m_2 R T_2 / m.$$

Первое состояние – перенос из воздуха, второе – в нагретой воде.  $p_1 = p_2 = p_A$ . При  $T_2 > T_1$ ,  $m_2 < m_1$ , так как вода нагревается, расширяется и выходит в виде пузырей,  $V_1 = V_2$  Ю  $m_1/m_2 = T_2/T_1$

### **Задание 4**

Внутри V-образной трубки манометра находится вода. Один конец трубки запаян или закрыт пробкой. Как и почему изменится высота столба воздуха в ее запаянной части при осторожном повороте прибора на  $90^\circ$ , на  $180^\circ$ , при помещении трубки в сосуд с нагретой или холодной водой.

### **Задание 5**

Определите температуру воды.

*Оборудование:* запаянная с одного конца стеклянная трубка длиной 300 мм и внутренним диаметром 4–5 мм, сосуд со снегом, мензурка и стакан с водой, линейка.

Задача решается как задача 32, только отсутствует термометр. Нужно приготовить смесь из снега и воды, ее температура  $0^\circ\text{C}$ .

### **Задача 6**

Оценить давление углекислого газа в баллончике.

*Оборудование:* газовый баллончик, сифон, весы, мензурка, разновесы.

Используем уравнение Менделеева-Клапейрона. Массу газа находим в результате взвешивания баллончика с газом и без него. Погрузим баллончик целиком в мензурку и измерим наружный объем (отверстие для выхода газа мало и вода туда не войдет). Затем по массе одного баллончика и плотности его материала (чугун) рассчитаем объем чугуна, а затем и внутренний объем (объем газа). Дальше делаем расчеты.

### **Домашнее задание**

Задачи с. 182 (10).

## **Урок 72. Контрольная работа по теме «Молекулярная физика»**

(См. раздел «Самостоятельные и контрольные работы».)

*Ответы к контрольной работе*

*Вариант 1:* 1. А. 2. Б. 3. В. 4. Б. 5. Г

*Вариант 2:* 1. Г. 2. В. 3. Д. 4. А. 5. Д

### Вариант контрольной работы

Ответы:

Вариант 1: 1. 546 л. 2. 200 г. 3. . 4. 137 кПа. 5. 9,3 м. 6. . 7. 5 см; 80 см. 8. 1,24

Вариант 2: 1. 186 кПа. 2. 76 °С. 3. . 4. 87,5 кПа. 5. 102 кПа. 6. . 7. 2 атм. 8. 210

### Урок 73. Фазовый переход пар–жидкость

Цель: объяснить переход пар–жидкость на основе молекулярно-кинетической теории.

#### Ход урока

#### I. Анализ контрольной работы

#### II. Изучение нового материала

Повседневные наблюдения показывают, что количество воды, спирта, бензина и любой другой жидкости, содержащейся в открытом сосуде, постепенно уменьшается. В действительности жидкость не исчезает – испаряется, т. е. превращается в пар.

Молекулы жидкости участвуют в хаотическом движении. При этом чем выше температура жидкости, тем интенсивнее движутся молекулы, тем больше их кинетическая энергия. Кинетическая энергия некоторых молекул в какой-то момент может оказаться больше, и они окажутся способными покинуть жидкость. Количество жидкости в открытом сосуде непрерывно уменьшается, если закрыть сосуд, то этого происходить не будет. В первый момент жидкость будет испаряться, и плотность пара над жидкостью будет увеличиваться. Однако одновременно с этим будет расти число молекул, возвращающихся в жидкость. В закрытом сосуде, в конце концов, наступает равновесное состояние. Такое равновесие называют динамическим.

Пар, находящийся в динамическом равновесии со своей жидкостью, называется насыщенным паром.

Если насыщенный, находящийся в цилиндре в равновесном состоянии со своей жидкостью газ сжать, при этом поддерживая температуру, плотность газа увеличится, и из газа в жидкость начнут переходить большее число молекул, чем из жидкости в газ. Но это будет не долго, так как вновь наступит динамическое равновесие. Концентрация молекул насыщенного пара не зависит от его объема при постоянной температуре.

Состояние насыщенного пара можно приблизительно описать уравнением:

$$PV = \frac{m}{\mu} RT$$

Закон Клайперона неприменим, так как изменяется масса газа.

Давление насыщенного пара зависит от: (1) вида жидкости; (2) температуры (чем выше температура, тем выше давление); (3) давление максимально при кипении.

Пар можно перевести из ненасыщенного в насыщенный: уменьшить объем, понизить температуру (потеют стекла, стены в ванной комнате). И наоборот, из насыщенного в ненасыщенный: увеличить объем, повысить температуру.

#### III. Повторение изученного

1. Что называется паром?
2. Опишите процесс парообразования в закрытом сосуде?
3. Что такое динамическое равновесие?
4. Какой пар называется насыщенным?

5. Почему давление насыщенного пара не зависит от объема, в котором он находится?
6. Изобразите графически и объясните зависимость давления насыщенного пара от температуры при постоянном объеме.
7. Запишите формулу зависимости давления насыщенного пара от температуры и объясните ее.

### Домашнее задание

П. 72.

## Урок 74. Лабораторная работа

### «Определение удельной теплоты парообразования воды»

#### Содержание и метод выполнения работы

Удельная теплота парообразования воды определяется по изменению ее уровня в сосуде при выкипании.

Процесс передачи энергии от одного тела к другому без совершения работы называется *теплообменом*, или *теплопередачей*. В процессе теплообмена тело может либо принимать, либо отдавать энергию, которая называется количеством теплоты.

Чтобы тело массой  $m_1$  нагреть от начальной температуры  $t_1$  до конечной температуры  $t_2$ , необходимо затратить количество теплоты  $Q_1 = cm_1(t_2 - t_1)$ , где  $c$  – удельная теплоемкость вещества. Для превращения жидкости массой  $m_2$  в пар при постоянной температуре ей необходимо передать количество теплоты.

$Q_2 = Lm_2$ , где  $L$  – удельная теплота парообразования.

Пусть вода нагревается электрокипятильником и вся работа электрического тока идет:

- 1) на нагревание воды от начальной температуры  $t_1$  до температуры кипения  $t_2$ ;
- 2) на последующее превращение некоторой массы  $\Delta m$  воды в пар. Тогда, согласно закону сохранения энергии, для этих двух процессов можно записать:

$$P_1 \tau_1 = cm_1(t_2 - t_1), \quad (1)$$

$$P_2 \tau_2 = L\Delta m, \quad (2)$$

где  $P$  – мощность кипятильника,  $c = 4100$  Дж/(кг·К) – удельная теплоемкость воды,  $m_1$  – первоначальная масса воды,  $t_1$  – начальная температура воды,  $t_2 = 100$  °С – конечная температура воды,  $\tau_2$  – время, в течение которого вода массой  $\Delta m$  превратилась в пар. Если вода находится в цилиндрическом сосуде, то ее массу можно определить по формуле:

$$m_1 = cV_1 = cSh_1, \quad (3)$$

где  $c = 1000$  кг/м<sup>3</sup> – плотность воды;  $h_1$  – начальный уровень воды (рис. 140, а);  $S$  – площадь дна сосуда.

Аналогично можно определить массу воды, которая останется после испарения:

$$m_2 = cV_2 = cSh_2, \quad (4)$$

где  $h_2$  – уровень оставшейся воды (рис. 140, б).

Решая систему уравнений (1)–(4) и учитывая, что  $\Delta m = m_1 - m_2$ , получим формулу для вычисления удельной теплоты парообразования воды:

$$L = \frac{Ch_1(t_2 - t_1) \tau_2}{h_1 - h_2 \tau_1}.$$

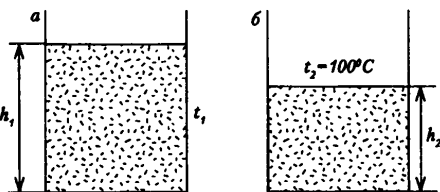


Рис. 140

**Оборудование:** цилиндрический сосуд (внутренний стакан калориметра); сосуд с водой; электрокипятильник; термометр; часы с секундной стрелкой; линейка с миллиметровыми делениями; лист поролона, скотч.

### Ход работы

1. Подготовьте в тетради таблицу для записи результатов измерений и вычислений.

С, Дж/(кг.К)	$h_p, м$	$t_p, ^\circ C$	$\phi_p, с$	$t_2, ^\circ C$	$h_2, м$	$\phi_2, с$	L, Дж/кг
4190				100			

2. Налейте в цилиндрический сосуд воду и измерьте ее температуру  $t_1$  и начальный уровень  $h_1$ .

3. Осторожно, соблюдая правила безопасности, опустите в воду кипятильник, включите его и измерьте время  $\tau_1$ , в течение которого вода нагреется до температуры  $t_2 = 100\ ^\circ C$  и начнет кипеть.

4. Дайте воде покипеть в течение некоторого времени  $\tau_2$ , после чего выключите кипятильник.

5. Измерьте уровень  $h_2$  оставшейся в сосуде воды.

6. Удельную теплоту парообразования воды рассчитайте по формуле (5).

7. Сравните полученный результат с табличным значением и рассчитайте погрешность измерений.

*Дополнительное задание.* Используя предложенное оборудование, рассчитайте массу испарившейся воды и количество теплоты, которое пошло на ее испарение.

### Контрольные вопросы

1. Удельная теплоемкость ртути 120 Дж/(кг.К), удельная теплота ее парообразования 0,29 МДж/кг. Что это значит физически?

2. Какие потери энергии были допущены при проведении работы, и как их можно было бы избежать?

### Домашнее задание

П. 72, 73.

## Урок 75. Испарение и конденсация

*Цель:* объяснить явление испарения и конденсации и выяснить условия, от которых зависят эти процессы.

### Ход урока

#### I. Повторение изученного. Проверка домашнего задания

1. При какой температуре возможен переход из газообразного состояния вещества в жидкое?

2. Какое состояние называется паром?

3. Опишите последовательно процесс сжижения пара при его изотермическом сжатии.

4. Какой пар считают насыщенным?

5. Почему при сжатии насыщенного пара его давление остается постоянным?

6. Почему при сжатии жидкости давление резко возрастает?

#### II. Изучение нового материала

На ученических столах учащихся находятся следующие приборы и материалы: два предметных стекла; стеклянная палочка; пробирки с жидкостью (водой,

спиртом, одеколоном, валериановыми каплями и др.); две пипетки; спиртовка (или свеча); бумажный веер; спички.

### III. Лабораторная работа «Зависимость испарения жидкости от различных факторов»

*Цель работы:* исследовать зависимость испарения жидкости от различных факторов

#### *Ход работы*

1. Капните каплю воды из пипетки на предметное стекло и разотрите ее стеклянной палочкой по поверхности. То же проделайте с каплей спирта (одеколона, валериановых капель и др.) на втором стекле. Наблюдайте за испарением жидкостей. Какая из них быстрее испарится?

2. Нанесите на предметные стекла по мазку одной и той же жидкости (например, одеколона). Одно стекло отложите в сторону, а возле второго помашите бумажным веером. Какой мазок высохнет быстрее?

3. Нанесите на предметные стекла по мазку одной и той же жидкости. Осторожно прогрейте пламенем спиртовки (свечи) снизу одного из стекол. Какое пятно быстрее высохнет?

4. Накапайте на два предметных стекла по одинаковому количеству капель одной и той же жидкости. Возьмите одно из стекол и, наклоня его, заставьте жидкость растечься. Положите это предметное стекло рядом с первым. Оставьте их на время, в течение которого жидкость полностью высохнет. На каком предметном стекле испарение произошло быстрее?

На основе проведенных опытов и известных фактов можно сделать вывод: скорость испарения жидкости зависит от:

- температуры жидкости;
- площади ее поверхности;
- от скорости воздушных потоков над жидкостью;
- от рода жидкости.

Каков же механизм процесса испарения? Вспомним, что для превращения некоторого количества воды в пар при неизменной температуре необходимо передать воде определенное количество теплоты – теплоту парообразования. Например, при комнатной температуре ( $T = \text{const}$ ) теплота парообразования составляет 2,46 кДж на каждый грамм испаренной воды. Так как в 1 г воды содержится  $1/18 N_A$  молекул, где  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$  моль<sup>-1</sup> – постоянная Авогадро, получаем, что для удаления из жидкости одной молекулы надо затратить энергию  $E_1 = 7,35 \cdot 10^{-20}$  Дж. В атомных расчетах принято выражать энергию в электрон-вольтах (эВ). Поскольку  $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Дж,  $E_1 = 0,46 \text{ эВ}$ .

На что же идет затраченная энергия? Ответ почти очевидный – на преодоление силы притяжения, которая действует со стороны жидкости на вылетающую молекулу. Каждая молекула взаимодействует с окружающими ее другими молекулами. Сила взаимодействия на малых расстояниях ( $r < r_0$ ) имеет характер отталкивания, а на больших ( $r > r_0$ ) – притяжения. В толще жидкости каждая молекула окружена другими такими же молекулами со всех сторон, и средняя результирующая сила равна нулю. В другом положении оказывается молекула, которая пытается покинуть поверхность воды и улететь в свободное пространство. Она притягивается к молекулам, расположенным на поверхности, и эта сила не скомпенсирована никаким другим притяжением. Поэтому, чтобы преодолеть при-



тяжение и окончательно покинуть поверхность воды, молекула должна обладать достаточно большой кинетической энергией. Сравните: средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул воды, равная  $3/2 kT$ , где  $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$  Дж/К – постоянная Больцмана, при  $T = 290$  К составляет  $0,038$  эВ, что на порядок меньше энергии  $E_1$ , которую необходимо сообщить молекуле для ее удаления из жидкости. Значит, покинуть поверхность могут лишь те немногочисленные молекулы, которые, находясь вблизи поверхности, в результате случайных столкновений приобрели энергию, на порядок большую среднего значения.

Теперь мы можем несколько иначе взглянуть на теплоту парообразования. Конечно, поглощаемое водой тепло не передается непосредственно тем молекулам, которые вылетают с поверхности. Эти молекулы получают избыточную энергию случайным образом от своего окружения. Однако в результате того, что жидкость покидают не любые, а только самые «энергичные» молекулы, на каждую оставшуюся молекулу приходится уже несколько меньшая энергетическая норма. Если жидкость не «скомпенсирует» эту потерю, поглотив из окружающей среды достаточное количество теплоты, то ее температура будет уменьшаться.

Возникает вопрос: а могут ли испаряться твердые тела?

#### **Эксперимент «Испарение йода»**

В круглодонной колбе находятся кристаллы йода. Сверху колба плотно закрыта резиновой пробкой. Выскажите и запишите гипотезу о том, что произойдет с кристалликами йода при нагревании колбы в пламени спиртовки.

Далее учащиеся открывают свои учебники на с. 293, записывают в тетрадь, что такое конденсация и примеры.

#### **IV. Повторение изученного**

1. Сформулируйте определение процессов испарения и конденсации. При каком условии происходит испарение жидкости?
2. От каких факторов зависит скорость испарения жидкости?
3. Что такое удельная теплота парообразования? На что расходуется подводимое количество теплоты при парообразовании?
4. Почему при ветре жара переносится легче?
5. Одинакова ли внутренняя энергия 1 кг воды и 1 кг пара при температуре  $100^\circ\text{C}$ ?

#### **Домашнее задание**

Стр. 191 (1-4).

### **Урок 76. Насыщенный пар. Влажность воздуха**

*Цель:* объяснить понятие «влажность воздуха», показать практическое применение и важность данной физической величины.

#### **Ход урока**

##### **I. Повторение изученного. Проверка домашнего задания**

1. Сформулируйте определение процессов испарения и конденсации.
2. При каких условиях происходит испарение жидкости?
3. От каких факторов зависит скорость испарения?
4. Что такое удельная теплота парообразования?
5. На что расходуется подводимое количество теплоты при парообразовании?
6. Почему при ветре жара переносится легче?
7. Одинакова ли внутренняя энергия 1 кг воды и пара при температуре  $100^\circ\text{C}$ ?

## II. Самостоятельная работа

См. раздел «Самостоятельные и контрольные работы».

Ответы: 1. 418 МДж. 2.  $\approx 1,7$  МДж. 4. 1) Потреблено  $\approx 2,2$  МДж – достаточно; 2) Потреблено  $\approx 3,7$  МДж – достаточно. 5. Потреблено  $\approx 1$  МДж – достаточно. 6. 1,26 г. 7.  $26,8 \cdot 10^9$  Дж. 8. 2 кг. 9.  $\approx 173$  МДж

## III. Изучение нового материала

Водяной пар в воздухе, несмотря на огромные поверхности рек, озер, океанов, не является насыщенным, атмосфера – открытый сосуд. Движение воздушных масс приводит к тому, что в одних местах в данный момент испарение воды преобладает над конденсацией, а в других – наоборот.

Содержание водяного пара в воздухе – его влажность – характеризуется рядом величин. Атмосферный воздух представляет собой смесь различных газов и водяного пара.

Давление, которое производил бы водяной пар, если бы все остальные газы отсутствовали, называют *парциальным давлением* (или *упругостью*) водяного пара.

За характеристику влажности воздуха может быть принята плотность водяного пара  $s$ , содержащегося в воздухе. Эту величину называют абсолютной влажностью  $s$  [г/м<sup>3</sup>].

Абсолютные влажность и парциальное давление водяного пара связаны уравнением:  $P = \frac{1}{\mu} \frac{m}{V} RT$  или  $P = \frac{S}{\mu} RT$ .

Парциальное давление водяного пара или абсолютная влажность ничего не говорят о том, насколько водяной пар далек от насыщения.

Для этого вводят величину, показывающую, насколько водяной пар при данной температуре близок к насыщению, – *относительную влажность*:

$$\varphi = \frac{P}{P_0} \cdot 100\%; \quad \varphi = \frac{S}{S_0} \cdot 100\%.$$

$P$  – парциальное давление при данной температуре;

$P_0$  – давление насыщенного пара при той же температуре;

$s$  – абсолютная влажность;

$s_0$  – плотность насыщенного водяного пара при данной температуре.

Давление и плотность насыщенного пара при различных температурах можно найти, воспользовавшись специальными таблицами.

При охлаждении влажного воздуха при постоянном давлении его относительная влажность повышается, чем ниже температура, тем ближе парциальное давление пара в воздухе к давлению насыщенного пара.

Температура  $t$ , до которой должен охладиться воздух, чтобы находящийся в нем пар достиг состояния насыщения (при данной влажности воздуха и неизменном давлении), называется *точкой росы*.

Давление насыщенного водяного пара при температуре воздуха, равной точке росы, есть парциальное давление водяного пара, содержащегося в атмосфере. При охлаждении воздуха до точки росы начинается конденсация паров: появляется туман, выпадает роса. Точка росы также характеризует влажность воздуха.

Влажность воздуха можно определить специальными приборами.

### 1. Гигрометр

С его помощью определяют точку росы. Это наиболее точный способ изменения относительной влажности.

## 2. Волосяной гигрометр

Его действие основано на свойстве обезжиренного человеческого волоса удлиняться при увеличении относительной влажности.

Применяется в тех случаях, когда в определении влажности воздуха не требуется большой точности.

## 3. Психрометр

Обычно пользуются в тех случаях, когда требуется достаточно точное и быстрое определение влажности воздуха.

### **Значение влажности воздуха для живых организмов**

При температуре 20-25 °С наиболее благоприятным для жизни человека считается воздух с относительной влажностью от 40 до 60 %. Когда окружающая среда имеет температуру более высокую, чем температура тела человека, то происходит усиленное потоотделение. Обильное выделение пота ведет к охлаждению организма. Однако такое потоотделение является значительной нагрузкой для человека.

Относительная влажность ниже 40 % при нормальной температуре воздуха также вредна, так как приводит к усиленной потере влаги организмом, что ведет к его обезвоживанию. Особенно низкая влажность воздуха в помещениях в зимнее время; она составляет 10-20 %. При низкой влажности воздуха происходит быстрое испарение влаги с поверхности и высыхание слизистой оболочки носа, гортани, легких, что может привести к ухудшению самочувствия. Также при низкой влажности воздуха во внешней среде дольше сохраняются патогенные микроорганизмы, а на поверхности предметов скапливается больше статического заряда. Поэтому в зимнее время в жилых помещениях производят увлажнение с помощью пористых увлажнителей. Хорошими увлажнителями являются растения.

Если относительная влажность высокая, то мы говорим, что воздух влажный и душливый. Высокая влажность воздуха действует угнетающе, поскольку испарение происходит очень медленно. Концентрация паров воды в воздухе в этом случае высока, вследствие чего молекулы из воздуха возвращаются в жидкость почти так же быстро, как и испаряются. Если пот с тела испаряется медленно, то тело охлаждается очень слабо, и мы чувствуем себя не совсем комфортно. При относительной влажности 100 % испарение вообще не может происходить – при таких условиях мокрая одежда или влажная кожа никогда не высохнут.

Из курса биологии вы знаете о разнообразных приспособлениях растений в засушливых местностях. Но растения приспособлены и к высокой влажности воздуха. Так, родина Монстеры – влажный экваториальный лес. Монстера при относительной влажности, близкой к 100 %, «плачет», она удаляет избытки влаги через отверстия в листьях – гидатоды.

В современных зданиях производится кондиционирование воздуха – создание и поддержание в закрытых помещениях воздушной среды, наиболее благоприятной для самочувствия людей. При этом автоматически регулируется температура, влажность, состав воздуха.

Исключительное значение для образования заморозка имеет влажность воздуха. Если влажность велика и воздух близок к насыщению парами, то при понижении температуры воздух может стать насыщенным и начнет выпадать роса. Но при конденсации водяных паров выделяется энергия (удельная теплота парообразования при температуре, близкой к 0 °С, равна 2490 кДж/кг). Поэтому воздух у поверхности почвы при образовании росы не будет охлаждаться ниже

точки росы и вероятность наступления заморозка уменьшится. Вероятность заморозка зависит, во-первых, от быстроты понижения температуры и, во-вторых, от влажности воздуха. Достаточно знать некоторые из этих данных, чтобы более или менее точно предсказать вероятность заморозка.

#### IV. Повторение изученного

1. Что понимается под влажностью воздуха?
2. Что называют абсолютной влажностью воздуха? Какая формула выражает смысл этого понятия? В каких единицах ее выражают?
3. Что такое упругость водяного пара?
4. Что называют относительной влажностью воздуха? Какие формулы выражают смысл этого понятия в физике и метеорологии? В каких единицах ее выражают?
5. Относительная влажность воздуха 70 %, что это значит?
6. Что называют точкой росы?
7. С помощью каких приборов определяют влажность воздуха?
8. Каковы субъективные ощущения влажности воздуха человеком?
9. Начертив рисунок, объясните устройство и принцип работы волосяного и конденсационного гигрометров и психрометра.

#### V. Решение задач

1. Плотность водяного пара при температуре 50 °С равна 83 г/м<sup>3</sup>. Насыщенный это пар или ненасыщенный?

Дано:  $t_0 = 50 \text{ }^\circ\text{C}$

$T = 323 \text{ }^\circ\text{K}$

$c = 83 \text{ г/м}^3 = 83 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$

Найти:  $P - ?$

**Решение:** Чтобы ответить на вопрос задачи, необходимо определить давление водяного пара при данной температуре.

Согласно уравнению Менделеева-Клапейрона:

$$PV = \frac{m}{\mu} RT \Rightarrow P = \frac{m}{\mu V} RT \quad P = \frac{\rho}{\mu} RT.$$

$\mu = 18 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$  – молярная масса водяного пара, которая равна молярной массе воды  $\text{H}_2\text{O}$ .

$$P = \frac{83 \cdot 10^{-3}}{18 \cdot 10^{-3}} \cdot 8,31 \cdot 323 = 12,4 \text{ Па}.$$

Следовательно, при температуре 50 °С давление насыщенного пара  $\approx 12,577 \text{ кПа}$ .

Определим по таблице давление насыщенного пара воды при температуре 50 °С. Оно равно 12,3 кПа, что меньше давления пара, рассчитанного в задаче, следовательно, пар является перенасыщенным.

(Ответ:  $P \approx 12,4 \text{ кПа}$  – пар перенасыщенный.)

2. Давление насыщенного пара спирта при 0 °С равно 1,6 кПа, а при 60 °С – 46,6 кПа. Сравнить значения плотности пара при этих температурах.

Дано:  $t_1 = 0 \text{ }^\circ\text{C}$

$T_1 = 273 \text{ }^\circ\text{K}$

$P_1 = 1,6 \text{ кПа} = 1,6 \cdot 10^3 \text{ Па}$ .

$t_2 = 60 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $T_2 = 333 \text{ }^\circ\text{K}$

$P_2 = 46,6 \text{ кПа} = 4,66 \cdot 10^4 \text{ Па}$ .

**Решение:**

Плотность пара можно определить из уравнения Менделеева-Клапейрона, учитывая, что плотность

$$\rho = \frac{m}{M} \Rightarrow P = \frac{m}{\mu V} \cdot RT = \frac{\rho}{\mu} RT; \quad \rho = \frac{P\mu}{RT}.$$

С увеличением давления и температуры плотность пара увеличивается. Найдем отношение плотности при двух значениях давления  $P$  и температуры  $T$ , учитывая, что молярная масса не менялась.

$$\rho_1 = \frac{P_1 \mu}{RT_1}; \quad \rho_2 = \frac{P_2 \mu}{RT_2} \Rightarrow \frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{P_2 T_1}{T_2 P_1}; \quad \frac{\rho_2}{\rho_1} \approx 24.$$

т. е. при  $t^\circ = 60^\circ\text{C}$  плотность паров спирта примерно в 24 раза больше плотности паров спирта при  $0^\circ\text{C}$ . (Ответ:  $\approx 24$ .)

3. При каком давлении вода будет кипеть при  $21^\circ\text{C}$ ? (Ответ: Вода будет кипеть при температуре  $21^\circ\text{C}$  при давлении 2,49 кПа.)

4. Может ли вода находиться в жидком состоянии при температуре  $360^\circ\text{C}$ ;  $380^\circ\text{C}$ ? (Ответ: при температуре  $360^\circ\text{C}$  вода может находиться в жидком состоянии, а при температуре  $380^\circ\text{C}$  вода находится в газообразном состоянии.)

5. В каком состоянии вещества плотность повышается с повышением температуры и почему это происходит? (Ответ: Плотность вещества повышается с повышением температуры в состоянии насыщенного пара, т. к. с увеличением температуры скорость движения частиц увеличивается, испарение происходит быстрее. Поэтому плотность насыщенного пара начинает повышаться и динамическое равновесие между жидкостью и паром наступает при большей плотности пара и при большей температуре.)

6. Почему в холодных помещениях часто бывает сыро? (Ответ: При низких температурах относительная влажность воздуха велика, а иногда достигает и 100 %, т. е. весь водяной пар, содержащийся в воздухе, является насыщенным. Поэтому стены, пол и т. п. в холодном помещении покрываются влагой, которая медленно испаряется.)

7. Почему зимой оконные стекла потеют, если в комнате много людей? (Ответ: Большое скопление людей в комнате повышает содержание водяного пара в воздухе, который близок к насыщению. В таком состоянии достаточно небольшого охлаждения воздуха, чтобы пар начал конденсироваться. Попадая на оконные стекла, пар конденсируется, т. е. идет процесс перехода вещества (водяного пара) из газообразного состояния в жидкое.)

8. Определите абсолютную влажность воздуха, если парциальное давление пара в нем 14 кПа, а температура  $60^\circ\text{C}$ . (Ответ:  $c \approx 9,1 \cdot 10^{-2} \text{ кг/м}^3$ .)

9. По гигрометру обнаружено появление росы при температуре  $10^\circ\text{C}$ . Какова относительная влажность воздуха, если его температура  $15^\circ\text{C}$ ? (Ответ:  $\varphi = 71\%$ .)

10. Показания сухого термометра в психрометре  $15^\circ\text{C}$ , влажного –  $12^\circ\text{C}$ . Определите относительную влажность воздуха. (Ответ:  $\varphi = 71\%$ .)

#### Домашнее задание

П. 74, задачи на с. 191 (5-6).

### Урок 77. Кипение жидкости

Цель: объяснить процесс кипения на основе молекулярно-кинетической теории.

#### Ход урока

#### I. Проверка домашнего задания. Повторение изученного

1. Какими способами из ненасыщенного пара можно получить насыщенный?
2. Почему давление насыщенного пара при определенной температуре является максимальным давлением, которое может иметь пар при этой температуре?
3. Почему давление насыщенного пара быстрее растет при увеличении температуры, чем давление идеального газа?

4. Сформулируйте определение относительной влажности воздуха.
5. Почему жару значительно труднее переносить при высокой влажности воздуха?

## II. Лабораторная работа «Измерение относительной влажности воздуха при помощи термометра»

*Приборы и материалы:* 1) термометр лабораторный от 0 до 100 °С; 2) кусочек марли или ваты; 3) стакан низкий с водой комнатной температуры; 4) таблица психрометрическая.

### *Ход работы*

1. Измерьте температуру воздуха в классе. Результат измерения запишите в тетрадь.

1. Смочите кусочек марли или ваты водой и оберните им резервуар термометра. Подержите влажный термометр некоторое время в воздухе. Как только понижение температуры прекратится, запишите его показания.

2. Найдите разность температур «сухого» и «влажного» термометров и с помощью психрометрической таблицы определите относительную влажность воздуха в классе.

4. Результаты измерений и вычислений запишите в тетрадь.

5. Ответьте на вопросы:

- Почему температура «влажного» термометра ниже, чем «сухого»?
- От чего зависит разность температур обоих термометров?
- В каком случае температура «влажного» термометра будет равна температуре «сухого»?
- Как зависит разность температур обоих термометров от давления водяного пара в воздухе? Почему?

## III. Изучение нового материала

### *Эксперимент*

В колбу наливается 100 см<sup>3</sup> воды комнатной температуры, вставляется термометр, который должен находиться в середине объема, занимаемого водой.

На доске записываются вопросы:

1. Какие явления наблюдаются в нагреваемой жидкости?
2. Выяснить, при какой температуре закипит вода и какие наблюдаются явления в процессе кипения.
3. Изменяется ли температура кипения?

В стеклянной колбе, в которую налили воду, стенки и дно покроются пузырьками. Это воздух, растворенный в воде. При увеличении температуры пузырьки, заполненные воздухом и паром, увеличиваются в размерах и становятся многочисленнее.

Когда пузырек станет достаточно большим, действующая на него архимедова сила со стороны воды заставит его оторваться. Поднимающийся пузырек, попадая в верхние, более холодные, слои воды, уменьшается в размере, так как содержащийся в нем пар конденсируется, давление падает и пузырек захлопывается. Наконец, когда вода достаточно нагреется, поднимающиеся пузырьки достигают поверхности, выбрасывая пар во внешнее пространство.

Кипение – это переход жидкости в пар, происходящий с образованием пузырьков пара по всему объему жидкости или на поверхности сосуда.

Термометр все время, пока вода кипит, показывает одну и ту же температуру (около 100 °С). Эта температура не изменится, пока вся вода не выкипит.

Если термометр поместить в пар над водой, то он будет показывать ту же температуру, что и термометр в жидкости во время всего процесса кипения.

Значит, кипение происходит при такой температуре, когда давление насыщенных паров сравнивается с давлением внутри жидкости.

Температура кипения жидкости зависит от внешнего давления.

Чем больше внешнее давление, тем выше температура кипения. Так, в паровом котле при давлении  $1,6 \cdot 10^6$  Па, вода не кипит и при температуре  $200^\circ\text{C}$ . При подъеме в горы атмосферное давление уменьшается, поэтому уменьшается температура кипения. На высоте 7134 м давление приблизительно  $4 \cdot 10^4$  Па. Вода кипит примерно при  $70^\circ\text{C}$ . Сварить мясо в таких условиях невозможно. У каждой жидкости своя температура кипения.

Различие температур кипения веществ широко применяется в технике. При нагревании нефти раньше всего испаряются наиболее ценные, летучие ее части (бензин), которые таким образом отделяют от «тяжелых» остатков (масел, мазута).

### Дополнительный материал

В начале пятидесятых годов нынешнего столетия молодой сотрудник Мичиганского университета (США) Дональд Глейзер придумал новый тип прибора, регистрирующего элементарные частицы. Он получил название пузырьковой камеры.

Основная часть модели камеры – стеклянная колба с эфиром объемом несколько кубических сантиметров. Жидкость нагревается и находится под давлением около 20 атм. Специальное устройство позволяет быстро сбрасывать давление. Если во время «ожидания» пролетала заряженная частица, то вдоль следа появлялись пузырьки пара. Сфотографировав след, можно было снова повысить давление, пузырьки исчезали – и прибор снова в работе.

Почему пузырьки появлялись именно на пути частицы?

Возьмем две пробирки. Одну из них вымоем особенно тщательно, проследим, чтобы на стенках не было царапин или посторонних частиц, и напомним ее дистиллированной водой (приблизительно  $10\text{ см}^3$ ). Во вторую пробирку нальем такое же количество, но водопроводной воды и еще бросим кусочек мела. Будем подогревать пробирки в одинаковых условиях и при отсутствии прямого соприкосновения с огнем. Оказывается, вода в них будет кипеть по-разному.

В пробирке с водопроводной водой кипение начнется раньше, и процесс этот будет происходить достаточно спокойно и непрерывно. Пузырьки пара образуются в основном на кусочке мела. Что касается пробирки с дистиллированной водой, то процесс кипения в ней начнется позже (при большой температуре) и будет происходить неравномерно. В жидкости образуются большие пузырьки, их появление и схлопывание сопровождается громким треском.

В лаборатории удастся очистить сосуд и воду (используется дважды дистиллированная вода) так хорошо, что кипение не наступает вплоть до температуры  $140^\circ\text{C}$ . Если в такую воду, ее называют перегретой, бросить крупинку, произойдет взрыв – так быстро образуются пузырьки с паром. Химики хорошо знают это свойство жидкости. Для того чтобы процесс кипения происходил равномерно, без взрыва, в сосуд помещают так называемые «кипелки» – обломки стеклянных или фарфоровых трубок, кусочки мрамора и т. п.

Объяснение описанных выше свойств связано с наличием у жидкости поверхностного натяжения. Поверхность жидкости можно представить себе как растянутую упругую пленку. Пленка стремится сжаться – силы поверхностного натяжения стремятся раздавить образовавшийся пузырек. Дополнительное давление, обусловленное этими силами, тем больше, чем меньше радиус пузырька, так что процесс кипения

подавляется в самом зародыше. Именно поэтому однородную жидкость удается перегреть. В то же время любые неоднородности как в самой жидкости, так и связанные с посторонними включениями облегчают кипение. Такие неоднородности образуются, в частности, на пути заряженной частицы, вот почему она становится местом образования первых пузырьков. Теперь понятно, что важнейшее условие работы камеры Глейзера – это однородность эфира и чистота ампулы.

#### **IV. Повторение изученного**

1. Что называется кипением?
2. Сделав рисунок, объясните физический процесс кипения.
3. Запишите и объясните условия кипения жидкости.
4. От чего зависит температура кипения жидкости?
5. Температура жидкости во время кипения не изменяется, почему?
6. В чем заключается принцип действия скороварки?

#### **V. Решение экспериментальных задач**

1. Поставьте стакан, наполненный водой, на подставку, а второй (пустой) – на стол. Можно ли с помощью полоски сукна или другой материи перелить воду из верхнего стакана в нижний? Где подобное используется на практике?

2. В глубокую тарелку налейте воды и бросьте на поверхность 8-10 спичек. Возьмите кусок мыла, уголок которого размочите в воде другого сосуда. Затем размоченным уголком мыла коснитесь воды в центре тарелки. Спички расходятся. Почему?

#### **Домашнее задание**

П. 73, задачи на с. 191 (7).

### **Урок 78. Поверхностное натяжение жидкости**

*Цель:* объяснить особенности взаимодействия молекул поверхностного слоя.

Дать понятие «поверхностное натяжение».

#### **Ход урока**

#### **I. Проверка домашнего задания. Повторение изученного**

1. Сформулируйте определение процесса кипения.
2. При какой температуре кипит жидкость?
3. При каком условии пузырьки в жидкости начинают увеличиваться в объеме?
4. Почему их объем увеличивается при подъеме в жидкости?
5. Почему температура остается постоянной в процессе кипения?
6. Как температура кипения зависит от давления воздуха над жидкостью?
7. Какая жидкость называется перегретой?

#### **II. Самостоятельная работа**

(См. раздел «Самостоятельные и контрольные работы».)

#### **III. Изучение нового материала**

##### **Эксперимент 1**

Пускание мыльных пузырей.

##### **Эксперимент 2**

Плавание иглы на поверхности воды.

##### **Эксперимент 3**

Пробирку заполняют водой, прикрывают листком бумаги и перевертывают. При этом держат строго в вертикальном направлении, листок убирают. И вода не проливается. Почему?



Многочисленные наблюдения и опыты показывают, что жидкость принимает такую форму, при которой ее свободная поверхность имеет наименьшую площадь. В своем стремлении сократиться поверхностная пленка придавала бы жидкости сферическую форму, если бы не притяжение к Земле. Чем меньше капля, тем большую роль играют силы поверхностного натяжения. Поэтому маленькие капельки росы близки по форме к шару, при свободном падении дождевые капли почти строго шарообразны.

#### **Эксперимент 4**

Опыт Плато. Происхождение сил поверхностного натяжения.

Молекулы жидкости, притягиваемые друг к другу силами межмолекулярного притяжения, стремятся сблизиться. Каждая молекула на поверхности притягивается остальными молекулами, находящимися внутри жидкости, и поэтому имеет тенденцию к погружению внутрь. Тка как жидкость текуча, она принимает такую форму, при которой число молекул на поверхности минимально. А минимальную поверхность при данном объеме имеет шар. Площадь поверхности уменьшается и воспринимается как поверхностное натяжение.

Силу, которая действует вдоль поверхности жидкости перпендикулярно линии, ограничивающей эту поверхность, и стремится сократить ее до минимума, называют *силой поверхностного натяжения*.

### **IV. Лабораторная работа «Изменение поверхностного натяжения воды»**

#### **Вариант 1**

*Цель работы:* убедиться в существовании поверхностного натяжения жидкости.

*Приборы и материалы:* три кристаллизатора; сосуд с дистиллированной водой; мыльный раствор сахара в воде; две чистые пипетки; две тонкие лучинки (спички «без головок»); пробирка с крошками пробки.

#### **Ход работы**

1. Налейте в один из кристаллизаторов дистиллированную воду. На ее поверхность насыпьте крошки натертой пробки так, чтобы они ровным слоем покрыли поверхность. С помощью чистой пипетки введите на середину поверхности воды небольшую каплю мыльного раствора. Зарисуйте то, что вы наблюдаете. Используя табличные данные, объясните причину быстрого перемещения частичек пробки.

2. Налейте во второй кристаллизатор дистиллированную воду. На середину ее поверхности положите небольшую лучинку. С помощью пипетки введите вблизи лучинки раствор мыла. Как при этом поведет себя лучинка? Ответ обоснуйте.

3. Налейте в третий кристаллизатор дистиллированную воду. На середину ее поверхности положите небольшую лучинку. С помощью другой пипетки введите вблизи лучинки раствор сахара. Как при этом она себя поведет? Ответ обоснуйте.

Результаты наблюдений оформите в виде таблицы.

№ опыта	Схематический рисунок	Объяснение причины наблюдаемого

#### **Домашнее задание**

Прочитать конспекты в тетради.

## Урок 79. Лабораторная работа «Исследование зависимости коэффициента поверхностного натяжения жидкости от температуры и природы граничащих сред»

**Приборы и материалы:** 1) стаканы низкие с холодной и горячей водой; 2) пробирка химическая с тальком, закрытая пробкой; 3) кусочек сахара; 4) кусочек мыла; 5) кусочек марли; 6) кусочек пластилина; 7) петля проволоочная.

### Ход урока

#### I. Порядок выполнения работы

1. Скатайте из кусочка пластилина шарик диаметром 2-3 мм. Положите его при помощи проволоочной петли сначала на поверхность холодной воды, а затем горячей. Сравните результаты опытов и объясните их.

2. Ответьте на вопросы:

- Зависит ли коэффициент поверхностного натяжения воды от температуры?
- По какому признаку можно судить об этом?
- Посыпьте тальком поверхность холодной воды в стакане. Для этого закройте отверстие пробирки кусочком марли и просейте тальк над водой.
- Коснитесь поверхности воды сначала кусочком мыла, а затем кусочком сахара. Что при этом наблюдается?
- Как изменится коэффициент поверхностного натяжения воды при растворении в ней мыла?
- Как изменится коэффициент поверхностного натяжения воды при растворении в ней сахара?

Сила поверхностного натяжения, действующая на границу поверхностного слоя длиной  $l$  равна  $F = \alpha l$ , где  $\alpha$  – коэффициент поверхностного натяжения (Н/м).

Существует много способов измерения поверхностного натяжения жидкостей. Можно к чувствительному динамометру прикрепить медную проволоку и подставить под проволоку сосуд с водой так, чтобы проволока коснулась поверхности воды. Теперь если медленно опускать сосуд с водой или поднимать динамометр, то вместе с проволокой поднимается обволакивающая ее водяная пленка, а показания динамометра увеличиваются и достигают максимального значения в момент разрыва водяной пленки и проволоки. Если из показаний динамометра вычесть вес проволоки, то получим исходную силу. Зная длину проволоки, можно найти  $\alpha$ .

#### II. Повторение изученного

1. Какими свойствами обладает поверхностный слой жидкости?
2. Что называют поверхностным натяжением?
3. Сделав рисунок, установите физический смысл поверхностного натяжения как величины, связанной с энергией поверхностного слоя жидкости.
4. Приведите примеры действия сил поверхностного натяжения.
5. Что называется коэффициентом поверхностного натяжения? От чего он зависит? В каких единицах измеряется коэффициент поверхностного натяжения в СИ?
6. Что называют силой поверхностного натяжения? Какая формула выражает смысл этого понятия?
7. Как изменится сила поверхностного натяжения воды при растворении в ней мыла?
8. Какую форму принимают капли жидкости в условиях невесомости? Почему?

#### Домашнее задание

П. 64, 65. Задачи на с. 305 (2; 3); с. 309 (1,2).

## Дополнительный материал

### Моющие средства

Первое мыло, самое простое моющее средство, было получено на Ближнем Востоке более 5000 лет назад. Поначалу оно использовалось, главным образом, для стирки и обработки язв и ран. И только в I веке н. э. человек стал мыться с мылом.

Моющими средствами называются натуральные и синтетические вещества с очищающим действием, в особенности мыло и стиральные порошки, применяемые в быту, промышленности и сфере обслуживания.

Мыло получают в результате химического взаимодействия жира и щелочи. Скорее всего, оно было открыто по чистой случайности, когда над костром жарили мясо, и жир стекал на золу, обладающую щелочными свойствами.

Производство мыла имеет давнюю историю, а вот первое синтетическое моющее средство появилось только в 1916 году. Изобретение немецкого химика Фрица Пюнтера предназначалось для промышленного использования; бытовые синтетические моющие средства, более или менее безвредные для рук, стали выпускать в 1933 году. С тех пор был разработан целый ряд синтетических моющих средств (СМС) узкого назначения, а их производство стало важной отраслью химической промышленности.

Именно из-за поверхностного натяжения вода сама по себе не обладает достаточным чистящим действием. Вступая в контакт с пятном, молекулы воды притягиваются друг к другу, вместо того чтобы захватывать частицы грязи. Другими словами они не смачивают грязь.

Мыло и синтетические моющие средства содержат вещества, повышающие смачивающие свойства воды за счет уменьшения силы поверхностного натяжения. Эти вещества называются поверхностно-активными (ПАВ), поскольку действуют на поверхности жидкости.

Молекулы ПАВ можно представить в виде головастиков. Головами они «цепляются» за воду, а хвостиками – за жир. Когда ПАВ смешиваются с водой, их молекулы на поверхности обращены «головами» вниз, а их «хвостики» торчат из воды. «Раздробив» таким образом поверхность воды, эти молекулы значительно уменьшают эффект поверхностного натяжения, тем самым помогая воде проникать в ткань. Этим же хвостиками молекулы ПАВ захватывают попадающиеся им частицы жира.

### Домашнее задание

Прочитать конспекты в тетради.

## Урок 80. Решение задач

*Цель урока:* научить решать задачи.

### Ход урока

#### I. Поверхностное натяжение

1. Соломинка длиной 8 см плавает на поверхности воды, температура которой  $18^{\circ}\text{C}$ . Со одну сторону от соломинки наливают мыльный раствор, и соломинка приходит в движение. В какую сторону? Под действием какой силы? ( $2,6 \cdot 10^{-3} \text{ Н}$ )

2. Каким усилием можно оторвать тонкое металлическое кольцо от мыльного раствора, если диаметр кольца 15,6 см, масса 7 г и кольцо соприкасается с раствором по окружности. ( $0,11 \text{ Н}$ )

3. Капля воды вытекает из вертикальной стеклянной трубки диаметром 1 мм. Найти силу тяжести капли, если температура воды  $20^{\circ}\text{C}$ . ( $11 \cdot 10^{-2} \text{ Н}$ )

4. На сколько давление воздуха внутри мыльного пузыря больше атмосферного давления, если диаметр пузыря 10 мм? (На 32 Па)

5. Из капельницы накапали равные массы сначала холодной воды, затем горячей воды. Как и во сколько раз изменится коэффициент поверхностного натяжения воды, если в первом случае образовалось 40, а во втором – 48 капель. Плотность воды считать оба раза одинаковой. (*Уменьшится в 1,2 раза*)

6. Найти коэффициент поверхностного натяжения воды, если в капилляре с диаметром 1 мм она поднимется на высоту 32,6 мм ( $80 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$ )

7. Какой будет длина столба воды в капиллярной трубке с внутренним диаметром 0,6 мм, если трубку опустить в воду перпендикулярно к поверхности? Под углом  $13^{\circ}$  к поверхности? (*4,9 см, 22 см*)

8. Две капиллярные трубки радиусом 0,1 мм и 1 мм соответственно опущены в сосуд со ртутью. На сколько уровень ртути в капиллярах будет ниже уровня ртути в сосуде. (*7 см, 0,7 см*)

9. В чашечном ртутном барометре с диаметром канала 2 мм, высота ртутного столба 760 мм. Каково атмосферное давление? ( $760 + 8$ )

## ТВЕРДОЕ ТЕЛО

### Урок 81. Структура твердых тел

*Цель:* сформировать понятия «кристаллическое тело», «аморфность». Рассмотреть их свойства.

#### Ход урока

#### I. Изучение нового материала

Большинство веществ в умеренном климате Земли находятся в твердом состоянии. Твердые тела сохраняют не только форму, но и объем.

По характеру относительного расположения частиц твердые тела делят на три вида: кристаллические, аморфные и композиты.

При наличии периодичности в расположении атомов (дальнего порядка) твердое тело является кристаллическим.

Если рассмотреть при помощи лупы или микроскопа крупинки соли, то можно заметить, что они ограничены плоскими гранями. Наличие таких граней – признак нахождения в кристаллическом состоянии.

Тело, представляющее собой один кристалл, называется *монокристаллом*. Большинство кристаллических тел состоит из множества расположенных беспорядочно мелких кристаллов, которые срослись между собой. Такие тела называются *поликристаллами*. Кусок сахара – поликристаллическое тело. Кристаллы различных веществ имеют разнообразную форму. Размеры кристаллов тоже разнообразны. Размеры кристаллов поликристаллического типа могут изменяться с течением времени. Мелкие кристаллы железа переходят в крупные, этот процесс ускоряется при ударах и сотрясениях, он происходит в стальных мостах, железнодорожных рельсах и т. д., от этого прочность сооружения с течением времени уменьшается.

Очень многие тела одинакового химического состава в кристаллическом состоянии в зависимости от условий могут существовать в двух или более разно-

видностях. Это свойство называется полиморфизмом. У льда известно до десяти модификаций. Полиморфизм углерода – графит и алмаз.

Существенным свойством монокристалла является *анизотропия* – неодинаковость его свойств (электрические, механические и т. д.) по различным направлениям.

Поликристаллические тела *изотропны*, т. е. обнаруживают одинаковые свойства по всем направлениям. Объясняется это тем, что кристаллы, из которых состоит поликристаллическое тело, ориентированны друг по отношению к другу хаотически. В результате ни одно из направлений не отличается от других.

Существует четыре типа кристаллов: молекулярные, ковалентные (или атомные), ионные и металлические. Тип кристалла определяется характером взаимодействия атомов и молекул, образующих кристалл.

К *молекулярным* кристаллам относятся кристаллы водорода, аргона, брома. Прочность этих кристаллов не велика.

*Ковалентные* кристаллы: алмаз, полупроводники кремний и германий.

*Ионные* кристаллы NaCl, AgBr.

*Металлические кристаллы. Металлы*

*Аморфные тела.* Аморфные тела изотропны. Признаком аморфного тела являются неправильная форма поверхности при изломе. Аморфные по происшествию тела после длительного промежутка времени все же меняют свою форму под действием силы тяжести. Этим они похожи на жидкости. При повышении температуры такое изменение формы происходит быстрее. Аморфное состояние неустойчиво, происходит переход аморфного состояния в кристаллическое. (Стекло мутнеет.)

Беспорядок в расположении атомов аморфных тел приводит к тому, что среднее расстояние между атомами по разным направлениям одинаково, поэтому они изотропны.

Сходство с жидкостями объясняется тем, что атомы и молекулы аморфных тел, подобно молекулам жидкости, имеют время «оседлой жизни». Определенной температуры плавления нет, поэтому аморфные тела можно рассматривать как переохлаждение жидкости с очень большой вязкостью. Отсутствие дальнего порядка в расположении атомов аморфных тел приводит к тому, что вещество в аморфном состоянии имеет меньшую плотность, чем в кристаллическом.

*Композиты.* Созданы композиционные материалы, механические свойства которых превосходят естественные материалы. Композиционные материалы (композиты) состоят из матрицы и наполнителей. В качестве матрицы применяются полимерные, металлические, углеродные или керамические материалы. Наполнители могут состоять из нитевидных кристаллов, волокон или проволоки. В частности, к композиционным материалам относят железобетон и железографит.

*Железобетон* – один из основных видов строительных материалов. Он представляет собой сочетание бетона и стальной арматуры.

*Железографит* – металлокерамический материал, состоящий из железа (95–98 %) и графита (2–5 %). Из него изготавливают подшипники, втулки для разных узлов машин и механизмов.

*Стеклопластик* – также композиционный материал, представляющий собой смесь стеклянных волокон и отвердевшей смолы.

Кости человека и животных представляют собой композиционный материал, состоящий из двух совершенно различных компонентов: коллагена и минерального вещества.

*Коллаген* – один из главных компонентов соединительной ткани. (Из него в основном состоят наши сухожилия.) Большая часть минерального компонента кости – соли кальция. Атомы кальция составляют 22 % общего количества атомов кости. В остальных тканях тела (мышцах, мозге, крови и т. д.) количество атомов кальция близко к 12–13 %. Если кость подержать достаточно долго в 5%-м растворе уксусной кислоты, то весь минеральный компонент, состоящий в основном из коллагена, станет эластичным. Как резиновый жгут, кость можно будет свернуть в кольцо.

## II. Повторение изученного

1. Чем отличаются кристаллические тела от аморфных?
2. Перечислите основные свойства кристаллических тел.
3. Перечислите основные свойства аморфных тел.
4. Что называют монокристаллом?
5. Какие тела называют поликристаллическими?
6. Что такое анизотропия? изотропность?
7. Приведите примеры монокристаллических, поликристаллических и аморфных тел.
8. Почему во время процесса плавления температура кристаллического тела не изменяется?
9. Почему у аморфных тел нет определенной температуры плавления?

## Домашнее задание

### 1. Лабораторная работа «Получение кристаллов льда»

*Приборы и материалы:* лупа, небольшой кусок стекла, вода.

#### *Ход работы*

1. На небольшое стекло поместите большую каплю воды. Быстро охладите стекло, прижав его к снегу или поместив в морозильную камеру холодильника. С помощью лупы рассмотрите то, что получилось на стекле. Сделайте зарисовки. Объясните причину наблюдаемого явления.

2. Для более подготовленных учеников – вырастить кристалл самостоятельно в домашних условиях.

#### Дополнительный материал

### *Жидкие кристаллы*

В 1889 году австрийским ботаником Ф. Рейницером и немецким физиком О. Лиманом были открыты органические вещества, которые обладают свойством жидкости – текучестью, но сохраняют определенную упорядоченность в расположении молекул и анизотропию свойств, характерную для монокристаллов. Эти вещества получили название жидких кристаллов.

Как же могут существовать жидкие кристаллы, совмещающие в себе прямо противоположные свойства жидкости и металла? Дело в том, что жидкость, оставаясь в целом изотропной, может состоять из анизотропных молекул. Молекулы, из которых состоит жидкость, имеют удельную форму в виде палочек. Каждая отдельная молекула в этом случае – анизотропна. Например, она может пропускать свет, который распространяется вдоль палочки, и поглощать его, если он распространяется поперек этого направления. Но в жидкости все молекулы-палочки расположены хаотически, и в среднем свет поглощается, проходя по разным направлениям, одинаково.

Такую ситуацию можно представить, если высыпать коробок спичек в таз с водой и хорошо перемешать их. Тогда мы увидим, что поверхность воды со спичками будет

изотропной, т. е. по любому направлению мы пересечем приблизительно одинаковое количество спичек, как вдоль, так и поперек их длины.

Представим теперь, что каждая спичка обладает магнитными свойствами, подобно магнитной стрелке. Поместим таз в силовое магнитное поле, направленное вдоль поверхности воды. Тогда все спички своими головами вытянутся в одну сторону, и поверхность приобретет анизотропные свойства – направления вдоль и поперек спичек будут обладать различными свойствами. Приобретая анизотропные свойства, жидкость сохранила свои основные свойства:

Воду со спичками можно перелить в другой таз, и она примет форму того сосуда, в который ее нальют, спички могут свободно двигаться.

Аналогичные процессы происходят и в некоторых жидкостях, состоящих из анизотропных молекул. Под действием внешних воздействий, в частности, электрического поля, тонкие слои такой жидкости приобретают анизотропные свойства, которое можно использовать в технике. Например, помещая такую жидкость в тонкий зазор толщиной в 0,1–0,01 мм между двумя стеклянными пластинами, на которых в одном направлении нацарапаны микроскопические бороздки, добиваются того, что все молекулы выстраиваются вдоль этих бороздок. Такая плоская сборная пластинка (ячейка) хорошо пропускает падающий на нее свет. Если при помощи прозрачных электродов создать на отдельных ее участках электрическое поле, то ориентация молекул в этих местах изменится и изменится способность пропускать свет.

Для переориентации молекул в тонком слое жидкого кристалла требуются очень малые затраты электрической энергии, и этот процесс происходит достаточно быстро – за сотые и даже тысячные доли секунды. При помощи слабых электрических сигналов можно управлять тем, как слой жидкого кристалла пропускает свет.

Такой принцип реализован в буквенно-цифровых индикаторах (электронные часы, микрокалькуляторы, термометры), его используют для создания экранов телевизоров, плоских дисплеев компьютеров информационных стендов на железнодорожных вокзалах и в аэропортах.

Некоторые жидкие кристаллы меняются при изменении температуры. Это свойство используют в медицине для определения участков тела с повышенной температурой и в технике для контроля качества микросхем.

Реальные процессы, которые происходят в жидкокристаллических ячейках, значительно сложнее и многообразнее, чем описанная выше модель.

Поэтому в настоящее время жидкие кристаллы интенсивно исследуются учеными, а инженеры находят все более широкие и интересные возможности их применения в самых разнообразных устройствах.

### ***Выращивание кристаллов (один из методов)***

Самый простой, но очень важный метод выращивания кристаллов – выращивание из растворов. К нему относится, в первую очередь, выращивание кристаллов путем постепенного снижения температуры раствора. Метод хорош тем, что не требует сложной аппаратуры и позволяет выращивать кристаллы очень многих веществ. Однако он пригоден только для хорошо растворимых соединений.

Другой способ – испарение растворителя.

При этом создается небольшое пересыщение раствора, за счет которого и идет кристаллизация.

Установка представляет собой сосуд из органического стекла емкостью около 750 мл. В него было налито примерно 600 мл насыщенного раствора медного купороса. По

мере испарения в сосуд подливали новые порции раствора. Верхнюю часть стенок сосуда необходимо смазать тонким слоем вазелинового масла, для предотвращения появления кристаллов – паразитов.

Первоначально из поликристаллической массы медного купороса отбирается семь кристаллов более или менее правильной формы. Каждый опускается на тонкой (0,15 мм) леске в сосуд с насыщенным раствором медного купороса. По мере роста удаляются неудачные кристаллы, обросшие паразитами и потерявшие типичную для монокристаллов форму. Через три недели остаются только три лучших кристалла, а через месяц всего один. Он был уже довольно велик, поэтому линейный рост его замедлился из-за большой поверхности кристаллизации. Вместо обычного в таких случаях перемешивания раствора, вращаем сам кристалл. Для этого подвешиваем его на леске (длиной около 0,7 м), конец которой укрепляем на оси микродвигателя. За 10-12 секунд работы двигателя леска закручивается настолько, что после закрепления оси обеспечивает медленное вращение монокристалла в течение примерно получаса. На протяжении всего времени эксперимента сосуд был прикрыт целлофаном, чтобы в него не попадала пыль.

## Урок 82. Лабораторные работы

### Ход урока

#### I. Лабораторная работа «Изучение образцов твердых тел»

*Приборы и материалы:* лупа, коллекция минералов и горных пород, металлов и сплавов, пробирка с песком.

#### *Ход работы*

1. Осмотрите внешний вид минералов, горных пород, металлов и сплавов. Обратите внимание на их форму, цвет и блеск.

2. С помощью лупы рассмотрите структуру образцов горных пород (гранита, песчаника, известняка, мрамора и др.), металлов, песчинок.

3. Результаты наблюдений запишите в тетрадь.

#### II. Лабораторная работа «Получение кристаллов из паров»

*Приборы и материалы:* пробирка, порошок нашатыря, спиртовка, лупа.

#### *Ход работы*

1. Насыпьте в пробирку немного порошка натрия и осторожно введите пробирку в пламя спиртовки, пробирку держите наклонно, открытым концом от себя. Через некоторое время прекратите нагревание.

2. Рассмотрите внимательно с помощью лупы то, что образуется на стенках пробирки.

3. Объясните наблюдаемое явление. Зарисуйте результаты наблюдений в тетради.

#### Домашнее задание

П. 75, 76.

## Урок 83. Механические свойства тел

*Цель урока:* сформировать понятие упругость и пластическая деформация, научить решать задачи на закон Гука.

### Ход урока

#### I. Повторение изученного. Проверка домашнего задания

1. На какие три вида по характеру относительного расположения частиц делятся твердые тела?



2. Чем определяется принадлежность твердых тел к одному из этих видов?
3. Чем характеризуется пространственное расположение частиц в критической решетке?
4. Какие точки называются узлами кристаллической решетки?
5. В чем отличие моно- и поликристаллов?
6. Перечислите основные типы кристаллических решеток.
7. Приведите пример полиморфизма.
8. Что такое анизотропия и изотропия?
9. Какие кристаллы анизотропные, а какие изотропны?

## II. Изучение нового материала

Растяжение и сжатие приводят к деформации тела. *Деформация тела* – изменение его размеров или формы (сдвиги, изгибы, кручение).

При деформации возникает сила упругости, она направлена в сторону, противоположную направлению частиц тела при деформации. Но не всегда деформация приводит к появлению сил упругости. Пластичные тела не восстанавливают своей формы после прекращения действия силы.

## III. Фронтальная лабораторная работа «Наблюдение упругих и пластических деформаций тел»

*Приборы и материалы:* 1) резина ученическая (ластик); 2) брусок металлический размером 40 x 25 x 8 мм; 3) брусок пластилиновый размером 30 x 20 x 8 мм.

### *Ход работы*

1. Растяните, затем согните ластик.
2. Ответьте на вопросы:
  - Как направлены силы, действующие на ластик при его растяжении и сжатии?
  - Как направлена сила упругости, возникающая в ластике при деформации, относительно направления смещения его частиц?
  - Как изменялись длина и площадь поперечного сечения ластика при его растяжении и сжатии?
  - Восстанавливается ли форма ластика после снятия нагрузки?
3. Положите ластик на стол и прижмите его бруском. Перемещая брусок горизонтально, наблюдайте деформацию сдвига.
4. Ответьте на вопросы:
  - Как направлены силы, действующие на ластик при деформации сдвига?
  - Как смещались слои ластика относительно друг друга при деформации сдвига?
  - Как изменялась деформация сдвига при увеличении нагрузки?
5. Изогните ластик. В каких слоях ластика возникли деформации растяжения, а в каких – сжатия?
6. Скрутите ластик. Из каких ранее рассмотренных деформаций состоит деформация кручения?
7. Подвергните деформации сжатия брусок из пластилина. Восстанавливается ли его форма после снятия нагрузки?

### *Виды деформации*

1. Деформация растяжения. (Испытывают тросы, подъемные механизмы.)

При растяжении и сжатии изменяется площадь поперечного сечения. Эту деформацию характеризуют абсолютным удлинением  $\Delta l = l - l_0$  и относительным удлинением  $C = \frac{\varepsilon_0 C(n-1)}{d_\varphi}$ ;  $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}$ .

2. Деформация сдвига (подвержены заклепки, болты) характеризуется углом? (Абсолютная деформация.)

3. Деформация изгиба (балки и стержни, расположенные горизонтально). Деформацию изгиба можно свести к деформации неравномерного растяжения и сжатия.

4. Деформация кручения (валы машин, винты). Деформацию кручения рассматривают как неоднородный сдвиг.

В любом сечении деформированных тел действуют силы упругости, препятствующие разрыву тела на части. Тело находится в напряженном состоянии, которое характеризуется механическим напряжением:  $\nu = \frac{F}{S} [\text{Па}]$ .

Опыты показывают: при малых деформациях напряжение прямо пропорционально относительному удлинению:  $\nu = E|\epsilon|$  – закон Гука.

$E$  – модуль Юнга, характеризует сопротивляемость материала упругой деформации.

#### IV. Повторение изученного

1. Что такое деформация?

2. Какую деформацию называют упругой? Пластической?

3. Назовите виды деформаций.

4. Объясните, что происходит с телом при его растяжении и сжатии.

5. Что называют абсолютным удлинением тела? Какой формулой выражается смысл этого понятия?

6. Что называют относительным удлинением? Какая формула выражает смысл этого понятия?

7. В чем сходство и различие деформации сдвига и кручения?

8. Охарактеризуйте деформации изгиба. Почему в технике и в строительстве вместо стержней и сплошных брусьев применяют трубы, двутавровые балки, рельсы, швеллеры?

9. К какому виду деформации относится срез?

10. Что называют механическим напряжением? Какая формула выражает смысл этого понятия? Какова единица механического напряжения в СИ?

11. Каков физический смысл модуля упругости? Как следует понимать: модуль упругости стальной проволоки  $2 \cdot 10^{11}$  Па, алюминия  $7 \cdot 10^{10}$  ПА?

12. Запишите формулу закона Гука для одностороннего растяжения или сжатия и как она формулируется?

13. Что такое жесткость? Какова единица жесткости в СИ?

#### V. Решение задач

1. Проволока длиной 5,4 м под действием нагрузки удлинилась на 2,7 мм. Определить относительное удлинение проволоки.

$$\begin{array}{l} \text{Дано: } l_0 = 5,4 \text{ м} \\ \Delta l = 2,7 \text{ мм} = 2,7 \cdot 10^{-3} \text{ м} \end{array}$$

Найти:  $E$

Решение:

относительное удлинение проволоки:  $\epsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$ ,  
где  $\Delta l$  – абсолютное удлинение проволоки.

$$\text{Отсюда } \epsilon = \frac{2,7 \cdot 10^{-3}}{5,4} \approx 5 \cdot 10^{-4}$$

Относительное удлинение – величина безразмерная. (Ответ:  $E = 5 \cdot 10^4$ .)

2. Какова должна быть площадь поперечного сечения стального стержня, чтобы при нагрузке 25 кН растягивающее напряжение равнялось  $6 \cdot 10^7$  Па?

Дано:  $F = 25 \text{ кН} =$   
 $= 25 \cdot 10^3 \text{ Н} = 2,5 \cdot 10^4$   
 $E = 6 \cdot 10^7 \text{ Па}$

Найти:  $S - ?$

Решение:

По определению механического напряжения:  $v = \frac{F}{S}$ ;

$$S = \frac{F}{v} \left[ \frac{H}{\text{Па}} = \frac{H}{\text{Н}/\text{м}^2} = \text{м}^2 \right]; \quad S = \frac{2,5 \cdot 10^4}{6 \cdot 10^7} \approx 0,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2.$$

(Ответ:  $S \approx 0,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$ .)

3. На сколько удлинится медная проволока длиной 3 м и диаметром 0,12 мм под действием гири весом 1,5 Н? Деформацию считать упругой.

Решение: модуль упругости меди (т. е. модуль Юнга) определяем по табли-

Дано:  $l_0 = 3 \text{ м}$   
 $d = 0,12 \text{ мм} = 1,2 \cdot 10^{-4} \text{ м}$   
 $F = P = 1,5 \text{ Н}$   
 $E = 1,2 \cdot 10^{11} \text{ Па}$

Найти:  $\Delta l$ ?

це. Проволока удлинилась под действием гири, следовательно, вес гири равен силе, вызывающей деформацию проволоки. Воспользуемся законом Гука:  $V = E \cdot S$ , учитывая, что механическое напряжение  $v = \frac{F}{S}$ . Относительное удлинение проволоки  $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$

и площадь поперечного сечения проволоки  $S = \frac{\pi d^2}{4}$ , получим  $\frac{F}{S} = E \frac{\Delta l}{l_0}$ , откуда

$$\text{удлинение проволоки: } \Delta l = \frac{F l_0}{ES} = \frac{4 F l_0}{E \pi d^2}; \quad \Delta l = \left[ \frac{H \cdot \text{м}}{\text{Па} \cdot \text{м}^2} = \frac{H \cdot \text{м}}{\text{Н}/\text{м}^2 \cdot \text{м}^2} = \text{м} \right].$$

(Ответ:  $\Delta l = 3,3 \text{ мм}$ .)

5. При какой предельной нагрузке разорвется стальной трос диаметром 1 см, если предел прочности стали 1 ГПа? (Ответ:  $F_{\text{пр}} = 78,5 \text{ кН}$ .)

6. Вычислите модуль упругости для железа, если известно, что железная проволока длиной 1,5 м и сечением  $10^{-6} \text{ м}^2$  под действием силы в 200 Н удлинилась на 1,5 мм. (Ответ:  $E = 2 \cdot 10^{11} \text{ Па}$ .)

7. Верхний конец стержня закреплен, а к нижнему подвешен груз 20 кН. Длина стержня 5 м, сечение  $4 \text{ см}^2$ . Определить напряжение материала стержня и его абсолютное и относительное удлинение, если модуль Юнга для этого стержня равен  $2 \cdot 10^{11} \text{ Па}$ . (Ответ:  $? = 5 \cdot 10^7 \text{ Па}$ ;  $E = 2,5 \cdot 10^4$ ;  $\Delta l = 1,25 \text{ мм}$ .)

9. Найти площадь поперечного сечения алюминиевого прутка, к которому подвешена люстра массой 250 кг, при запасе прочности прутка 4. Предел прочности для алюминия  $1,1 \cdot 10^8 \text{ Па}$ . Какова относительная деформация прутка? (Ответ:  $S = 8,9 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2$ ;  $E = 3,93 \cdot 10^4$ .)

Домашнее задание

Прочитать конспект в тетради.

## Урок 84. Кристаллизация и плавление твердых тел

Цель: объяснить кристаллизацию и плавление на основе молекулярно-кинетической теории.

### Ход урока

#### I. Повторение изученного. Проверка домашнего задания

1. Почему число молекул, приходящееся на единицу поверхности жидкости, не изменяется при увеличении площади?
2. Почему площадь свободной поверхности жидкости минимальна?

- Отличается ли и почему давление воздуха внутри маленького пузыря от атмосферного?
- Охарактеризуйте явление смачивания. При каких условиях жидкость смачивает (не смачивает) поверхность твердого тела?
- Опишите явление капиллярности. Почему смачивающая жидкость образует в капиллярах вогнутый мениск, а несмачивающая – выпуклый.
- Как высота подъема жидкости в капиллярах зависит от их диаметра?
- Почему вспахивание и боронование земли способствует сохранению влаги в почве?

## II. Кратковременная лабораторная работа «Наблюдение капиллярного поднятия жидкости»

*Цель работы:* убедиться в существовании капиллярного подъема жидкости.

*Приборы и материалы:* высокий стакан с подкрашенной водой; две чистые стеклянные трубки с разными диаметрами внутреннего канала; две стеклянные пластинки одинакового размера; спичка.

### Ход работы

1. В стакан с подкрашенной водой опустите две чистые стеклянные трубки. Обратите внимание на форму мениска. Сравните высоту поднятия жидкости от диаметра внутреннего канала.

2. Возьмите две стеклянные пластинки и выполните следующие задания.

1) Расположите пластинки параллельно друг другу, как показано на рис. 142. Обратите внимание на уровень воды между пластинками. В таблице изобразите форму поверхности жидкости вблизи пластинок.

2) Аккуратно приблизьте пластинки друг к другу. Обратите внимание на уровень жидкости между пластинками. В таблице изобразите уровень жидкости и форму поверхности жидкости вблизи пластинок.

3) Удалите пластинки друг от друга на расстояние большее, чем в первом опыте. Обратите внимание на уровень жидкости между пластинками и форму поверхности жидкости вблизи пластинок.

4) Сравните три рисунка. Какой вывод вы можете сделать из анализа проведенного эксперимента?

Для более подготовленных учащихся предлагаются следующие задания (3 и 4).

3. Две стеклянные пластинки расположите так, чтобы угол между ними был мал (рис. 143). Аккуратно опустите обе пластинки в стакан с подкрашенной водой. Обратите внимание на форму мениска. Объясните наблюдаемое явление.

4. Результаты наблюдений оформите в виде таблицы.

№ опыта	Схема	Причины наблюдаемого

## III. Изучение нового материала

*Плавлением* называется превращение вещества из твердого состояния в жидкое.

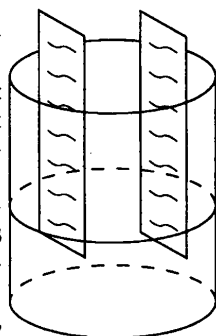


Рис. 142

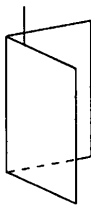


Рис. 143

Чтобы тело расплавилось, не достаточно его нагреть до температуры плавления; необходимо продолжать подводить к нему теплоту, тем самым увеличивать внутреннюю энергию. Во время плавления кристаллического тела температура его не меняется.

Переход кристаллического тела из твердого состояния в жидкое происходит резко, скачком – либо тело твердое, либо жидкость.

Переход вещества из жидкого состояния в твердое называется *отвердеванием*, или *кристаллизацией*.

Наблюдения показали, что кристаллические тела плавятся и отвердевают при одной и той же, определенной для каждого вещества, температуре.

По мере нагревания кристаллического тела средняя энергия его молекул увеличивается за счет увеличения средней кинетической энергии. Увеличивается и потенциальная, т. к. увеличивается амплитуда колебаний молекул около положения равновесия. После достижения температуры плавления вся подводимая энергия идет на совершение работы по разрушению кристаллической решетки, на увеличение потенциальной энергии, т. к. температура не изменяется, то кинетическая энергия остается постоянной.

При отвердевании потенциальная энергия уменьшается, и происходит отдача тепла. Жидкость может быть охлаждена ниже температуры кристаллизации. Это явление называется *переохлаждением*.

### **Эксперимент**

Охлаждение гипосульфита. Гипосульфит расплавляется в пробирке (температура плавления  $48^{\circ}\text{C}$ ) и остается в ней в жидком состоянии при охлаждении даже до комнатной температуры. Но если бросить в пробирку кристаллик гипосульфита, встряхнуть, то начнется быстрая кристаллизация.

Переохлаждение чистой воды нередко наблюдается в природе. Капельки тумана могут не замерзнуть даже при сильных морозах.

Переохлажденная жидкость находится в неустойчивом состоянии и в течение времени под влиянием воздействий переходит в более устойчивое при данной температуре кристаллическое состояние.

Поглощение теплоты при таянии льда и выделении ее при замерзании воды оказывают значительное влияние на изменение температуры воздуха, особенно вблизи водоемов. Во время обильных снегопадов обычно наступает потепление.

Если в бутылку налить воду, то при замерзании объем льда будет больше объема воды и бутылку разорвет. Особенности поведения льда связаны с формой его кристаллической решетки.

Увеличение объема воды при ее замерзании имеет огромное значение в природе. Так как плотность льда меньше, – он плавает в воде, обладает плохой теплопроводностью, поэтому рыбы и другие живые существа не гибнут во время морозов.

Способность воды расширяться при отвердевании должна учитываться при прокладке труб водопровода, водяного отопления.

При увеличении внешнего давления температура плавления вещества повышается.

## **IV. Повторение изученного**

### **Фронтальная лабораторная работа «Плавление кристаллических тел»**

**Цель работы:** определить температуру плавления льда.

**Приборы и материалы:** стакан (пробирка), наполненная льдом, термометр, спиртовка (или другой нагреватель), спички, штатив, часы.

**Ход работы**

1. Расположите приборы, как показано на рис. 144.
2. Зажгите спиртовку и начните наблюдать за изменением температуры льда с течением времени.
3. Обратите внимание на температуру, при которой начнется процесс плавления льда.
4. После того как весь лед расплавился, наблюдайте за изменением температуры еще 5 мин.
5. Погасите спиртовку. Наблюдайте за изменением температуры воды.
6. Результаты наблюдений занесите в таблицу.

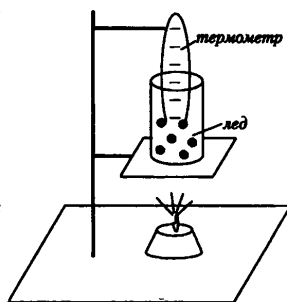


Рис. 144

Время, мин	Температура, °С

7. По данным таблицы постройте график изменения температуры со временем (по оси абсцисс отложите время, по оси ординат – температуру).
8. Определите по графику:
  - а) при какой температуре плавится лед;
  - б) как долго длится плавление льда;
  - в) до какой температуры было нагрето вещество в жидком состоянии.

Результаты анализа графика запишите в тетрадь.

9. Ответьте на следующие вопросы:

- Какой цвет имел лед до начала плавления, во время плавления, после плавления?
- Какова химическая формула льда?

**Домашнее задание**

Прочитать конспекты в тетради.

**Урок 85. Лабораторная работа****«Измерение удельной теплоемкости вещества»**

*Приборы и материалы:* стакан с водой, калориметр, термометр, весы, гири, металлический цилиндр на нити, сосуд с горячей водой.

**Ход работы**

1. Налейте в калориметр воду массой 100-150 г комнатной температуры. Измерьте температуру воды.
2. Нагрейте цилиндр в сосуде с горячей водой. Измерьте ее температуру (эта температура и будет начальной температурой цилиндра). Затем опустите его в калориметр с водой.
3. Измерьте температуру воды в калориметре после опускания цилиндра
4. С помощью весов определите массу алюминиевого цилиндра, предварительно обсушив его.
5. Все данные измерений запишите в таблицу:

Масса воды в калориметре, $m_1$ , кг	Начальная температура воды, $t_1$ , °С	Масса цилиндра, $m_2$ , кг	Начальная температура цилиндра, $t_2$ , °С	Общая температура воды и цилиндра $t$ , °С

6. Рассчитайте:

а) Количество теплоты  $Q_1$ , которое получила вода при нагревании:

$$Q_1 = c_1 m_1 (t - t_1), \quad c_1 - \text{удельная теплоемкость воды.}$$

б) Количество теплоты  $Q_2$ , отданное металлическим цилиндром при охлаждении:  $Q_2 = c_2 m_2 (t - t_2)$ ,  $c_2$  – удельная теплоемкость вещества цилиндра, значение которой надо определить.

Зная, что количество теплоты, полученное водой при нагревании, равно количеству теплоты, отданному цилиндру при охлаждении, можно записать:

$$Q_1 = Q_2, \quad \text{или} \quad c_1 m_1 (t - t_1) = c_2 m_2 (t - t_2).$$

В полученном уравнении неизвестной величиной является удельная теплоемкость  $c_2$ . Подставьте в уравнение значения величин, измеренных на опыте, вычислите  $c_2$  – удельную теплоемкость вещества, из которого изготовлен цилиндр. Сравните ее с табличным значением.

### Урок 86. Контрольная работа по теме «Агрегатные состояния вещества»

См. раздел «Самостоятельные и контрольные работы».

Ответы:

Вариант 1: 1. Г - 50 °С. 2. В. 3 : 2. 3. Д. 250 Дж / (кг · К). 4. А. 33 кДж. 5. Д. 800 кг

Вариант 2: 1. Г. 60 °С. 2. А. 15 кДж. 3. А. 500 Дж (кг · К). 4. Б. 226 кДж. 5. В. 200 ГПа

## ТЕРМОДИНАМИКА

### Урок 87. Внутренняя энергия

Цель: сформулировать понятие внутренней энергии; способы ее изменения.

#### Ход урока

#### I. Изучение нового материала

Существует много способов изменить температуру тела. При одном из них ее меняют, нагревая тело в пламени сгорающего топлива. Теплота, выделившаяся при сгорании топлива, идет на нагревание тела.

С молекулярной точки зрения любое тело состоит из огромного числа мельчайших частиц. Эти частицы находятся в непрерывном движении. Процесс нагревания тела в пламени сгорающего топлива выглядит так. Горение есть химическая реакция соединения двух веществ. Кинетическая энергия молекул продуктов сгорания при этом во много раз превосходит первоначальную кинетическую энергию исходных веществ. Образовавшиеся молекулы сталкиваются с молекулами вещества, помещенного в пламя горелки. Процесс нагревания всегда сопровождается повышением температуры тела. В молекулярно-кинетической теории суммарную кинетическую энергию хаотического движения всех молекул тела относительно его центра масс и суммарную потенциальную энергию взаимодействия этих молекул друг с другом называют внутренней энергией.

Наиболее прост по своим свойствам одноатомный газ. Молекулы газа не взаимодействуют друг с другом, кроме моментов непосредственного столкновения. Поэтому их средняя потенциальная энергия мала и вся энергия представляет собой кинетическую энергию хаотического движения молекул. Это справедливо, если центр масс газа не двигается.

$E_k = \frac{3}{2} kT$  – энергия одного атома.  $U = N\bar{E}_k = \frac{3}{2} kT$  разделим и умножим на  $\mu = m_n N_A$ .

$$U = \frac{3 N_{ma} N_A kT}{2 \mu} = \frac{3 N_{ma} \cdot N_A \cdot k \cdot T}{2 \mu} = \frac{3 m}{2 \mu} RT, \text{ если использовать уравнение Кла-$$

пейрона-Менделеева:  $U = \frac{3}{2} PV$

Внутренняя энергия одноатомного газа – это кинетическая энергия поступательного движения. В отличие от атомов молекулы лишены сферической симметрии, могут вращаться.

Поэтому для двухатомного газа:  $U = \frac{5 m}{2 \mu} RT$

Внутренняя энергия произвольного идеального газа:  $U = \frac{i m}{2 \mu} RT$ .

Изменение внутренней энергии определяется для идеального газа так:

$$\Delta U = \frac{3 m}{2 \mu} R \Delta T; \quad \Delta U = \frac{3 \Delta m}{2 \mu} RT.$$

## II. Повторение изученного

1. Какие тела называются макроскопическими?
2. Что такое внутренняя энергия?
3. Чем отличается внутренняя энергия идеального газа от реального газа?
4. От каких физических величин зависит внутренняя энергия тела?
5. Моль какого газа – водорода или гелия – при одинаковой температуре имеет большую внутреннюю энергию?

## III. Решение задач

1. В стальном баллоне находится гелий массой 0,5 кг при температуре 10°C. Как изменится внутренняя энергия гелия, если его температура повысится до 30°C?

**Дано:**

$$m = 0,5 \text{ кг}; T_1 = 283 \text{ К}$$

$$T_2 = 303 \text{ К}$$

$$m = 4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$$

$$R = 8,31 \text{ Дж/к.моль}$$

**Решение:**

$$U_1 = \frac{3 m}{2 \mu} RT_1; \quad \Delta U = U_2 - U_1 = \frac{3 m}{2 \mu} RT_2 = \frac{3 m}{2 \mu} R(T_2 - T_1);$$

$$U_2 = \frac{3 m}{2 \mu} RT_2; \quad \Delta U = \frac{3 m}{2 \mu} R \Delta T;$$

$$\Delta U = \left[ \frac{\text{кг} \cdot \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot \text{К}}{\text{кг} \cdot \text{моль}} = \text{Дж} \right]; \quad \Delta U = \frac{3}{2} \frac{0,5}{4 \cdot 10^{-3}} \cdot 8,31 \cdot (303 - 283) = 31,2 \text{ кДж}$$

(Ответ: 31,2 кДж.)

Решение задач с. 266–267.

## Домашнее задание

№ 77, стр 223. задача 1.

### Дополнительный материал

М. В. Ломоносов писал: «Нельзя также отрицать движение там, где глаз его не видит. Кто будет отрицать, что движутся листья и ветви в лесу при сильном ветре, хотя глазами он не заметит никакого движения. Как здесь из-за отдаленности, так и в горячих телах; вследствие малости частичек вещества, движение скрыто от взоров».



Из трудов английского физика и химика Роберта Бойля «Когда кузнец поспешно выковывает гвоздь или какую-нибудь вещь из железа, металл при этом необыкновенно сильно нагревается, и так как здесь, кроме сильных ударов молотка, ничего особенного не происходит, то эти удары приводят частицы железа в движение; железо, будучи предварительно холодным, делается благодаря внутренним движениям частиц «При вколачивании гвоздя в дерево шляпка его только после большого числа ударов молотка немного нагревается. Но когда гвоздь вбит, то достаточно нескольких ударов, чтобы нагреть шляпку. Действительно, в первом случае каждый удар молотка вгоняет гвоздь в дерево, производя таким образом поступательное движение всего гвоздя по известному направлению. Во втором случае, когда движение гвоздя прекратилось, эти удары, не будучи способны ни к тому, чтобы дальше вгонять гвоздь, ни к тому, чтобы разбить его на части, идут только на то, чтобы приводить в движение частицы гвоздя, а это движение и составляет сущность теплоты».

## Урок 88. Работа газа при изопроцессах

*Цель.* сформировать понятие работы газа. Вывести формулу для расчета работы газа.

### Ход урока

#### I. Повторение изученного

1. Сформулируйте определение внутренней энергии тела.
2. Зависит ли внутренняя энергия тела от его движения и положения относительно других тел?
3. От каких параметров зависит внутренняя энергия идеального газа?
4. Как изменяется температура тела, если оно отдает энергии больше, чем получает извне?
5. Дайте определение числа степеней свободы.
6. Как можно изменить внутреннюю энергию жидкости, газа?

#### II. Изучение нового материала

Для дальнейшего рассмотрения термодинамических процессов нужно детально исследовать, в результате каких внешних воздействий может меняться состояние любой термодинамической системы. Имеется два существенно различных вида воздействий, которые приводят к изменению состояния системы, т. е. к изменению термодинамических параметров – давления  $p$ , объема  $V$ , температуры  $T$ , характеризующих состояние. Одно из них – это совершение работы.

В механике работа определяется, как произведение модулей силы и перемещения и косинуса угла между направлением силы и перемещения.

В термодинамике рассматривается перемещение частей макроскопического тела друг относительно друга. При совершении работы изменяется объем тела, скорость тела остается равной нулю, но скорость молекул тела (газа) меняется. Меняется и температура тела.

Работу газа можно записать в виде формулы:  $A = \pm p \Delta V$ .

При рассмотрении  $\Delta V > 0$  газ совершает положительную работу, отдает энергию окружающим телам.

#### *Эксперимент*

Пластиковую бутылку нагнетают, давление воздуха в бутылке увеличивается, пробка вылетает. Газ совершил работу и охладился, в бутылке образовался туман.

При сжатии  $\Delta V < 0$ , работа, совершаемая газом, отрицательная. Внутренняя энергия газа при сжатии увеличивается.

Работа газа при изопроцессах:

1.  $V = \text{const} \Rightarrow A = 0$ . Работа не совершается.
2.  $P = \text{const}$ .

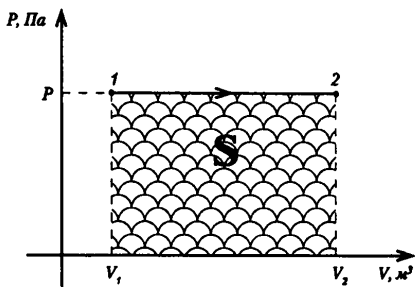


Рис. 149

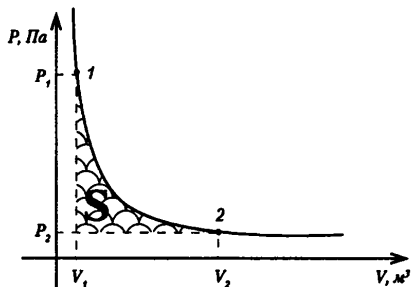


Рис. 150

Работа газа численно равна площади прямоугольника.

Работа определяется:  $A = \frac{m}{\mu} RT \cdot \ln \frac{V_2}{V_1}$ .

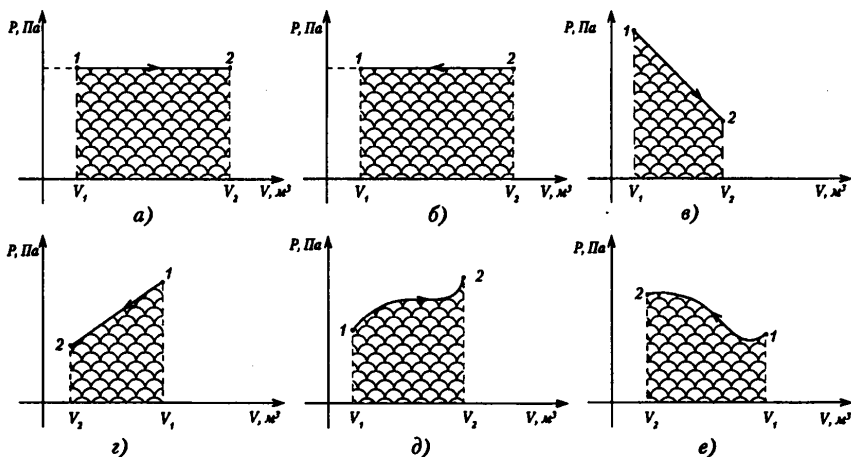


Рис. 151

### III. Закрепление изученного

1. Почему газ при сжатии нагревается?
2. Чему равна работа внешних сил, действующих на газ?
3. Чем отличается работа, совершаемая внешними телами над газом, от работы газа над внешними телами?
4. Совершается ли работа в процессе изобарного сжатия или при расширении газа?
5. Объяснить, как графически определяют работу изобарного расширения газа? При изохорном процессе? Работу изотермического расширения газа?

## IV. Решение задач

1. Воздух находится под давлением  $3 \cdot 10^5$  Па и занимает объем  $0,6 \text{ м}^3$ . Какая работа будет совершена при уменьшении его объема до  $0,2 \text{ м}^3$ ?

**Дано:**

$$P = \text{const}$$

$$P = 3 \cdot 10^5 \text{ Па};$$

$$V_1 = 0,6 \text{ м}^3;$$

$$V_2 = 0,2 \text{ м}^3.$$

**Найти:**  $A$  - ?

**Решение:**

Воздух сжимают, следовательно, внешние силы совершают положительную работу, а сам газ – отрицательную, так как  $\Delta V < 0$ ,  $A = P \Delta V$  – работа над газом.

$$A = -3 \cdot 10^5 \cdot (0,2 - 0,6) = 1,2 \cdot 10^5 \text{ Дж.}$$

Возможно формулу работу записать в таком виде:

$A = P \Delta V = P \cdot (V_1 - V_2)$ , показывая тем самым, что работа внешних сил положительна. (Ответ:  $A = 1,2 \cdot 10^5$  Дж.)

2. Газ, расширяясь изобарно, совершает работу  $0,2 \text{ кДж}$  при давлении  $2 \cdot 10^5$  Па. Определите первоначальный объем газа, если его конечный объем оказался равным  $2,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ . (Ответ:  $V_1 = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 = 1,5 \text{ л}$ .)

3. Какую работу совершает идеальный газ в количестве 2 кмоль при его изобарном нагревании на  $5 \text{ }^\circ\text{C}$ ? (Ответ:  $A' = 83,1 \text{ кДж}$ .)

4. В цилиндр заключен кислород массой  $1,6 \text{ кг}$  при температуре  $17 \text{ }^\circ\text{C}$  и давлении  $4 \cdot 10^5$  Па. До какой температуры нужно изобарно нагреть кислород, чтобы работа по расширению была равна  $4 \cdot 10^4$  Дж? (Ответ:  $T_2 = 386 \text{ }^\circ\text{C}$  или  $t = 113 \text{ }^\circ\text{C}$ .)

5. На рисунке 152 приведен график зависимости давления газа от объема. Найдите работу газа при расширении. (Ответ:  $A' = 3,5 \text{ кДж}$ .)

6. Воздух, занимающий при давлении  $200 \text{ кПа}$ , объем  $200 \text{ л}$ , изобарно нагрели до температуры  $500 \text{ }^\circ\text{K}$ . Масса воздуха  $0,58 \text{ кг}$ . Определить работу воздуха. Масса моля воздуха  $0,029 \text{ кг/моль}$ . (Ответ:  $A' = 4,31 \cdot 10^4$  Дж.)

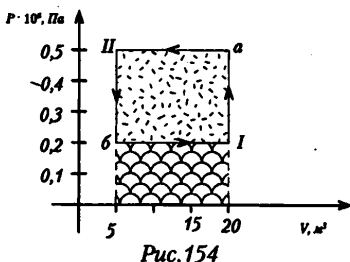
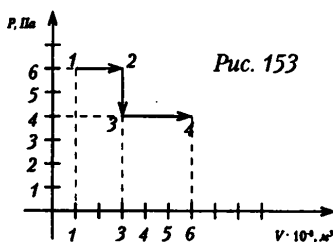
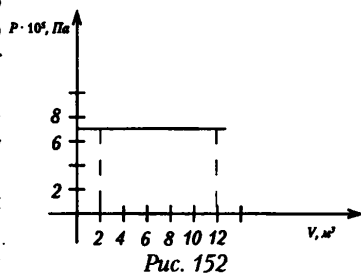
7. Газ занимал объем  $0,01 \text{ м}^3$  и находился под давлением  $0,1 \text{ МПа}$  при температуре  $300 \text{ }^\circ\text{K}$ . Затем газ был нагрет без изменения объема до температуры  $320 \text{ }^\circ\text{K}$ , а после этого нагрет при постоянном давлении до температуры  $350 \text{ }^\circ\text{K}$ . Найдите работу, которую совершил газ, переходя из первоначального состояния (1) в конечное (3). (Ответ:  $A' = 100$  Дж.)

8. Идеальный газ переходит из состояния (1) в состояние (4) так, как показано на рисунке 153. Вычислите работу, совершаемую газом. (Ответ:  $A' = 2,4 \text{ кДж}$ .)

9. Один моль газа переводится из первого состояния во второе двумя способами, соответствующие им графики Ia и II показаны на рисунке. В каком случае совершается большая работа?

**Домашнее задание**

П.78, задачи на с. 223 (2, 3).



## Урок 89. Количество теплоты

*Цель урока:* вспомнить процесс теплообмена.

### Ход урока

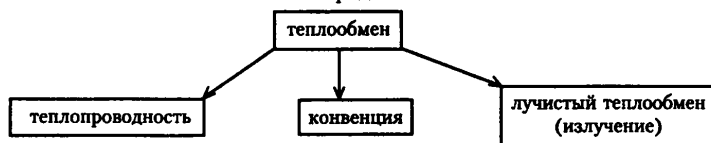
#### I. Повторение изученного

1. Почему газы при сжатии нагреваются?
2. Чему равна работа внешних сил, действующих на газ?
3. Совершается ли работа в процессе изобарного сжатия или расширения газа?
4. Объясните, как графически определяют работу изобарного расширения газа?
5. Чему равна работа при изохорном процессе?
6. Как определяют работу изотермического расширения газа?

#### II. Изучение нового материала

Изменить внутреннюю энергию газа можно не только совершая работу, но и нагревая газ.

Процесс передачи энергии от одного тела к другому без совершения работы называют теплообменом или теплопередачей.



При теплообмене энергия всегда передается от более нагретого к менее нагретому. Обратный процесс самопроизвольно (сам по себе) никогда не происходит, то есть теплообмен необратим. Энергия, переданная системе или полученная системой при теплообмене, называется количеством теплоты.

#### Демонстрации

1. Сравнение теплопроводности различных веществ. К штативам подвешивают медный и стеклянный стержни одинаковых размеров, прикрепляют пластилином гвоздики, и нагревают концы.

2. Наблюдение теплообмена в воде. В колбу с холодной водой опускают «марганцовку» и нагревают на спиртовке. Наблюдают движение окрашенной воды.

Количество теплоты обозначается буквой  $Q$  [Дж]. Если система (тело) получает тепло, то  $Q > 0$ , если система отдает тепло, то  $Q < 0$ .

К тепловым явлениям относятся:

1. Нагревание, охлаждение.
2. Испарение, конденсация.
3. Кипение.
4. Плавление, кристаллизация.

Процесс	формула	
Нагревание или охлаждение	$Q = cm\Delta t$	$c$ – удельная теплоемкость вещества [Дж/кг·°С], $m$ – масса [кг], $\Delta t$ – изменение температуры [°С]
Кипение или конденсация	$Q = Lm$	$L$ – удельная теплота парообразования [Дж/кг]
Плавление или кристаллизация	$Q = lm$	$l$ – удельная теплота плавления вещества [Дж/кг]
Сгорание топлива	$Q = qm$	$q$ – удельная теплота сгорания топлива [Дж/кг]

### III. Повторение изученного

1. Что называют теплопередачей или теплообменом?
2. Что называют количеством теплоты?
3. Напишите формулу для подсчета количества теплоты, необходимого для нагревания тела или отданного телом при его охлаждении.
4. Что называют удельной теплоемкостью вещества?
5. Что называют удельной теплотой парообразования?
6. Что называют удельной теплотой плавления?
7. Что называют удельной теплотой сгорания топлива?

### IV. Решение задач

1. В калориметр с теплоемкостью 63 Дж/К было налито 250 г масла при 12°C. после опускания в масло медного тела массой 500 г при температуре 100°C установилась общая температура 33°C. какова удельная теплоемкость масла. (2200 Дж/кг К)

2. Бытовой газовый водонагреватель проточного типа имеет полезную мощность 21 кВт и КПД 80%. Сколько времени будет наполняться ванна вместимостью 200 л водой, нагретой в нагревателе на 24°C, и каков расход газа (в литрах) за это время? При сгорании 1 м<sup>3</sup> природного газа выделяется 36 МДж. (16 мин, 120 л)

3. Колбу с 600 г воды при 10°C нагревают на спиртовке с КПД 35%. Через сколько времени вода закипит? Сколько воды ежесекундно обращается в пар при кипении, если в 1 мин сгорает 2 г спирта? Теплоемкость колбы 100 Дж/кг. (12 мин, 0,15 г)

4. Сколько дров надо сжечь в печи с КПД 40%, чтобы из снега, взятого при температуре 10°C, получить воду при 20°C? (22 кг)

5. В стальной сосуд массой 300 г налили 1,5 л воды при 17°C. В воду опустили кусок мокрого снега массой 200 г. Когда снег растаял, установилась температура 7°C. сколько воды было в комке снега? (23 г)

#### Домашнее задание

П.78, задачи на с. 223 (4).

## Урок 90. Решение экспериментальных задач

*Цель:* научиться решать экспериментальные задачи.

### Ход урока

Класс делится на несколько групп, каждая получает задание (наиболее подготовленная – без инструктажа).

1. Предел измерения термометра равен 50°C. Разработайте способ измерения температуры воды в сосуде, если температура превышает этот предел.

*Возможное решение.* В сосуд с горячей водой погружают тело с известной удельной теплоемкостью. После нагревания его переносят в калориметр с холодной водой. Используя уравнение теплового баланса, рассчитывают первоначальную температуру тела, т.е. температуру воды в сосуде. Результат проверяется контрольным термометром и делается вывод.

2. В пробирку примерно на треть объема насыпана свинцовая дробь, а одна треть пробирки занята водой. В другой такой же пробирке налита одна вода до того же уровня, что и в первой. В какой пробирке вода закипит быстрее?

*Рекомендации.* Лучше нагревать обе пробирки одновременно на спиртовках, дающих одинаковое пламя. При этом быстрота подвода количества теплоты к

каждой пробирке одинаковая. При решении сопоставляются удельные теплоемкости, а также плотности воды и свинца. Проводится теоретический анализ.

**3.** Изучить принцип действия термоса. Провести опыт, иллюстрирующий зависимость скорости утечки теплоты со временем через стенки термоса. Начертить график этой зависимости. Как изменится график, если использовать вместо термоса банку?

*Рекомендации.* В термос заливают кипяток (соблюдайте осторожность). Измеряют температуру жидкости через 10 мин, 15 мин, 30 мин и строят график зависимости температуры от времени.

Затем в банку заливают такой же массы и начальной температуры воду. И повторяют измерения воды через те же промежутки времени. Вычерчивают новый график той же зависимости и сопоставляют ход графиков, объясняя их отличие.

**4.** В стакан с горячей водой опущены две пробирки: одна с песком, другая с древесными опилками. Используя термометры и секундомер, сравните теплопроводность песка и древесных опилок в рыхлом и уплотненном состоянии.

**5.** Имея спиртовку и два одинаковых парафиновых шарика, проверить зависимость скорости передачи тепла от площади соприкосновения нагретой пластины и ненагретой. Построить график данной зависимости.

**Домашнее задание**

П. 78, задачи на с. 223 ( 5).

## Урок 91. Решение задач

*Цель:* научиться решать задачи.

### Ход урока

**1.** В ведро налито  $V_1 = 5$  л воды, температура которой  $t_1 = 9$  °С. Сколько литров кипятка  $V_2$  нужно долить в ведро, чтобы температура воды стала  $t = 30$  °С? Атмосферное давление нормальное. Теплообменом воды с окружающими телами пренебречь.

**2.** После опускания в воду, имеющую температуру  $t_1 = 10$  °С, тела, нагретого до  $t_2 = 100$  °С, через некоторое время установилась одинаковая температура  $t_3 = 40$  °С. Какой станет температура  $t$  воды, если, не вынимая первого тела, в нее опустить еще одно тело, также нагретое до  $t_2 = 100$  °С? Теплообменом упомянутых тел и воды с прочими телами пренебречь.

**3.** Для определения удельной теплоемкости металлического сплава производится следующий опыт: образец сплава массой  $m = 200$  г погружается на длительное время в кипящую воду, температура которой  $t = 100$  °С, а затем быстро переносится в теплоизолированный калориметр, содержащий  $m_0 = 300$  г воды при температуре  $t_0 = 20$  °С. В результате температура воды в калориметре возрастает на  $\Delta t = 30$  °С, после чего рост ее прекращается. Найдите удельную теплоемкость образца. Удельная теплоемкость воды  $c_0 = 4200$  Дж/(кг·К). Теплоемкостью калориметра пренебречь.

**4.** В калориметр поместили  $m_1 = 0,3$  кг воды при температуре  $t_1 = 80$  °С и кусок льда массой  $m_2 = 100$  г и температурой  $t_2 = -5$  °С. Найти конечную температуру  $t$  смеси. Удельные теплоемкости воды и льда равны соответственно:  $c_1 = 2100$  Дж/(кг·К), и  $c_2 = 4200$  Дж/(кг·К), удельная теплота плавления льда  $l = 3,3 \cdot 10^5$  Дж/кг. Теплоемкостью калориметра пренебречь.

5. Какое количество  $Q$  теплоты следует сообщить  $m=5$  кг меди, взятой при температуре  $t_1 = 13^\circ\text{C}$ , чтобы нагреть ее до плавления и расплавить? Температура плавления меди  $t_2 = 1083^\circ\text{C}$ , удельная теплоемкость меди  $c=390$  Дж/(кг·К), удельная теплота плавления меди  $l=1,75 \cdot 10^5$  Дж/кг.

6. На нагреватель поставили открытый сосуд с водой. Через  $t_1=40$  мин после начала кипения в сосуд добавили воду, масса которой равна массе выкипевшей за это время воды. При неизменных условиях нагрева вода в сосуде снова закипела спустя  $t_2=3$  мин. Какова была первоначальная температура  $t$  добавленной воды? Удельная теплоемкость воды  $c=4,2 \cdot 10^3$  Дж/(кг·К), удельная теплота парообразования воды  $r=2,26 \cdot 10^6$  Дж/кг, атмосферное давление нормальное. Потерями тепла пренебречь.

7. Стальной осколок, падая с высоты  $H=500$  м, имел у поверхности Земли скорость  $v=59$  м/с. На сколько  $\Delta t$  повысилась температура осколка, если считать, что вся работа сил сопротивления воздуха привела только к нагреванию осколка? Удельная теплоемкость стали  $c=460$  Дж/(кг·К). Ускорение свободного падения  $g=10$  м/с<sup>2</sup>.

8. При изготовления льда в холодильнике потребовалось  $t_1=5$  мин, чтобы охладить воду от  $t_0=4^\circ\text{C}$  и еще  $t_2=1$  час 40 мин, чтобы превратить ее в лед. Определите из этих данных удельную теплоту плавления  $l$  льда. Удельная теплоемкость воды  $c=4200$  Дж/(кг·К). Считайте, что в процессе охлаждения воды и ее замораживания скорость отвода тепла была постоянной.

9. Свинцовая пуля ударяется о препятствие и останавливается. Скорость пули перед ударом  $v=330$  м/с. Какая часть  $\Delta m/m$  пули расплавится, если вся теплота, выделяющаяся при ударе, поглощается пулей? Температура пули перед ударом  $t_0=27^\circ\text{C}$ , удельная теплоемкость свинца  $c=125$  Дж/(кг·К) и удельная теплота плавления свинца  $l=2,5 \cdot 10^4$  Дж/кг. Температура плавления свинца  $t=327^\circ\text{C}$ .

10. Имеется  $m=1$  кг воды, переохлажденной до  $t_1=-10^\circ\text{C}$ . При некотором возмущении часть воды превращается в лед с температурой  $t_2=0^\circ\text{C}$ . Какова масса  $m_1$  образовавшегося льда? Удельная теплоемкость воды  $c=4200$  Дж/(кг·К), удельная теплота плавления льда  $l=3,3 \cdot 10^5$  Дж/кг.

Домашнее задание

П. 76-78.

## Урок 92. I закон термодинамики

Цель: сформулировать I закон термодинамики.

### Ход урока

#### I. Повторение изученного

1. Как можно преобразовать хаотическое движение молекул газа в направленное движение макроскопического тела?
2. От каких величин зависит работа, совершаемая силой давления газа?
3. Какую по знаку работу совершает газ при расширении и при сжатии?
4. Какой геометрический смысл имеет работа?
5. Газ, занимающий объем  $V_1$  и имеющий давление  $p$ , расширяется до объема  $V_2$  один раз изобарно, другой – изотермически. В каком случае работа расширения газа больше? Докажите ответ графически.

## II. Лабораторная работа «Вычисление изменения внутренней энергии тела при совершении работы»

*Приборы и материалы:* 1) пробирка химическая, закрытая пробкой; 2) термометр лабораторный от 0 до 100 °С; 3) цилиндр измерительный с носиком 100 мм с холодной водой; 4) лист бумаги; 5) таблица «Удельная теплоемкость веществ».

### *Порядок выполнения работы*

1. Налейте в пробирку немного воды (8-10 г) и измерьте ее температуру.
2. Закройте пробирку пробкой и заверните в бумагу. Энергично встряхивайте воду в пробирке в течение 30-40 с.
3. Откройте пробирку и снова измерьте температуру воды.
4. Вычислите изменение внутренней энергии воды.
5. Результаты измерений и вычислений запишите в тетрадь.
6. Ответьте на вопросы:
  - Как изменялась внутренняя энергия воды во время опыта?
  - Каким способом вы изменяли внутреннюю энергию воды в опыте?
  - Зачем пробирку с водой необходимо было заворачивать в бумагу во время опыта?
  - Что можно сказать о зависимости изменения внутренней энергии тела от совершенной работы?

## III. Изучение нового материала

Исторический процесс изучения тепловых явлений, приведший к формулировке закона сохранения энергии, был длительным и трудным. Различны были методы исследования тепловых и механических явлений, способы измерения единиц таких величин, как количество теплоты и работа.

Прогресс в познании природы теплоты был достигнут, когда было доказано, что при теплообмене сохраняется энергия.

Нагревание тела может происходить без сообщения ему какого-либо количества теплоты, а только за счет совершения работы.

В больших масштабах такое явление наблюдал в 1798 г. Б. Румфорд. При сверлении пушечного ствола, которое производили с помощью лошадей, вращавших большое сверло, Румфорд успевал вскипятить поставленный на ствол котел с водой. Румфорд предположил, что вода нагревается в процессе совершаемой при сверлении работы.

Используя сухие кусочки дерева, можно добыть огонь, т. е. нагреть дерево до температуры, превышающей температуру его воспламенения.

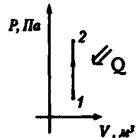
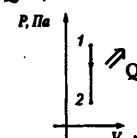
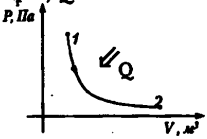
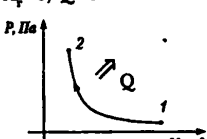
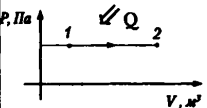
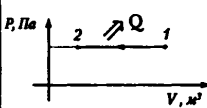
Все перечисленные примеры показали, что количество теплоты сохраняется только при теплообмене, когда не совершается работа. Количество теплоты представляет собой величину, родственную работе. Повышение температуры тела может быть вызвано как совершением работы, так и передачей количества теплоты.

Количество теплоты, как и работу, надо считать мерой изменения энергии системы и выражать ее в тех же единицах, что и работу, т. е. в джоулях.

В середине XIX в. Д. Джоулем были проведены первые опыты, доказывающие эквивалентность количества теплоты, переданного телу, и работы.

В механике закон сохранения был получен из законов Ньютона. Общий закон сохранения энергии, включающий все ее формы, является опытным законом. Он был открыт немецким ученым Р. Майером в середине XIX века, английским ученым Д. Джоулем и получил наиболее полную трактовку в трудах немецкого ученого Г. Гельмгольца.



Название процесса	График	Запись закона	Изменение внутренней энергии	Физический смысл записи I закона термодинамики
Изохорный $V = \text{const}$	Нагревание $Q > 0, A = 0$ 	$\Delta U = Q$	$\Delta U > 0$	Внутренняя энергия газа увеличивается за счет подвода тепла
	Охлаждение $Q < 0, A = 0$ 	$\Delta U = -Q$	$\Delta U < 0$	Внутренняя энергия газа уменьшается за счет того, что газ отдает тепло окружающей среде
Изотермический $T = \text{const}$	Расширение $A_r > 0, Q > 0$ 	$Q = A_r$	$\Delta U = 0$	Все переданное газу тепло идет на совершение им же работы.
	Сжатие $A_r < 0, Q < 0$ 	$A_{\text{вн.с}} = -Q$	$\Delta U = 0$	При совершении работы внешними силами газ отдает тепло окружающей среде
Изобарный $P = \text{const}$	Нагревание (расширение) $A_r > 0, Q > 0$ 	$Q = \Delta U + A_r$	$\Delta U > 0$	Подводимое к газу тепло идет на увеличение его внутренней энергии и на совершение газом работы
	Охлаждение (сжатие) $A_r < 0, Q < 0$ 	$\Delta U = -A_r - Q$	$\Delta U < 0$	Внутренняя энергия уменьшается за счет того, что над газом совершается работа и газ отдает тепло окружающей среде

Адиабатный $Q=0$	расширение $A_r > 0$	$\Delta U = -A_r$	$\Delta U < 0$	Внутренняя энергия газа уменьшается за счет того, что сам газ совершает работу. Газ охлаждается.
	сжатие $A_r < 0$	$\Delta U = A_{м.с.}$	$\Delta U > 0$	

**I закон термодинамики**

$$\Delta U = A + Q$$

Изменение внутренней энергии системы при переходе ее из одного состояния в другое равно сумме работы внешних сил и количества теплоты, переданной системе.

$$Q = \Delta U + A$$

Количество теплоты, переданное системе, идет на изменение ее внутренней энергии и на совершение системой работы над внешними телами.

Применение I закона для изопроцессов (см. таблицу).

**IV. Повторение изученного**

1. Как формулируют закон сохранения энергии?
2. В чем состоит эквивалентность количества теплоты, механической работы, затраченной энергии?
3. Что называют первым законом термодинамики? Как записывают и формулируют этот закон?
4. Как записывается первый закон термодинамики для изотермического, изохорного, изобарного и адиабатного процессов?
5. Какой процесс называют адиабатным? При каких условиях он осуществляется?

**V. Решение задач**

1. При изотермическом расширении идеальным газом совершена работа 15 кДж. Какое количество теплоты сообщено газу?

**Дано:**

$$A = 15 \text{ кДж} = 1,5 \cdot 10^4 \text{ Дж}$$

$$T = \text{const}$$

**Найти:**  $Q$  - ?

**Решение:**

При изотермическом процессе ( $T = \text{const}$ ) внутренняя энергия газа не меняется, то есть  $\Delta U = 0$ . Тогда газ совершает механическую работу за счет сообщенного ему количества теплоты:  $Q = A$ .

Таким образом, газу сообщено количество теплоты, равное  $Q = 1,5 \cdot 10^4 \text{ Дж} = 15 \text{ кДж}$ .  
(*Ответ:*  $Q = 15 \text{ кДж}$ .)

2. В закрытом баллоне находится газ. При охлаждении его внутренняя энергия уменьшилась на 500 кДж. Какое количество теплоты отдал газ? Совершил ли он работу?

**Дано:**  $\Delta U = -500$  Дж;**Найти:**  $Q$  - ?  $A$  - ?**Решение:**

Газ находится в закрытом баллоне, следовательно, объем газа не меняется, то есть  $V = \text{const}$  и  $\Delta U = 0$ .

Газ работу не совершает, т. к.  $A = P \Delta U \Rightarrow A = 0$ .

Тогда при изменении внутренней энергии газ отдает количество теплоты, равное  $Q = -500$  Дж (знак «-» показывает, что газ выделяет количество теплоты).

(*Ответ:*  $Q = -500$  Дж;  $A = 0$ .)

3. Вычислите увеличение внутренней энергии кислорода массой 0,5 кг при изохорном повышении его температуры на 15 °С.

**Дано:**  $m = 0,5$  кг $V = \text{const}$  $\Delta t = 15$  °С $\Delta T = 15$  °С $C_p = 920$  Дж/кг · °К**Найти:**  $\Delta U$  - ?**Решение:**

Согласно первому закону термодинамики:  $\Delta U = Q + A$

Работа газа  $A = P \Delta U = 0$ , т. к.  $V = \text{const}$ ,  $\Delta U = 0$ .

То есть  $\Delta U = Q$  – внутренняя энергия газа увеличилась за счет получения количества теплоты.

Количество теплоты, полученное кислородом:

$$Q = C_p \cdot m \cdot \Delta T,$$

где  $C_p$  – удельная теплоемкость кислорода при постоянном давлении (находят из таблиц).

Следовательно,  $\Delta U = C_p \cdot m \cdot \Delta T$ ;  $\Delta U = 920 \cdot 0,5 \cdot 15 = 6900$  Дж.

(*Ответ:*  $\Delta U = 6900$  Дж = 6,9 кДж.)

4. В цилиндре под поршнем находится 1,25 кг воздуха. Для его нагревания на 4 °С при постоянном давлении было затрачено 5 кДж теплоты. Определите изменение внутренней энергии воздуха, молярная масса которого 0,029 кг/моль.

(*Ответ:*  $\Delta U = 3567$  Дж = 3,567 кДж.)

5. В теплоизолированном цилиндре с поршнем находится азот массой 0,3 кг при температуре 20 °С. Азот, расширяясь, совершает работу 6705 Дж. Определите изменение внутренней энергии азота и его температуру после расширения ( $C_v = 745$  Дж/кг · °К)

**Дано:**  $m = 0,3$  кг $t = 20$  °С $T_1 = 293$  °К $A' = 6705$  Дж $C_v = 745$  Дж/кг · °К**Найти:**  $\Delta U$  - ? $T_2$  - ?**Решение:**

Расширение азота происходит в теплоизолированном цилиндре, поэтому  $Q = 0$  – нет теплообмена с окружающей средой и первый закон термодинамики примет вид:  $\Delta U = A = -A'$ , где  $A$  – работа внешних сил,  $A'$  – работа системы.

Следовательно, внутренняя энергия газа при расширении уменьшается на 6705 Дж, т. е.  $\Delta U = -670$  Дж. Так как мерой изменения внутренней энергии является количество теплоты, то  $\Delta U = C_v m \Delta T$ , или  $\Delta U = C_v m (T_2 - T_1) = C_v \cdot m \Delta T_2 - C_v m \Delta T_1$ , откуда

$$T_2 = \frac{\Delta U + C_v m T_1}{C_v m} \quad T_2 = \left[ \frac{\text{Дж}}{\frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot \text{К}} + ^\circ\text{К} \right].$$

(*Ответ:*  $\Delta U = -6705$  Дж;  $T_2 = 263$  °К; ( $t = -10$  °С).)

7. Для изобарного нагревания газа, количество вещества которого 400 моль, на 300 °К ему сообщили количество теплоты 5,4 МДж. Определите работу газа и приращение его внутренней энергии.

(*Ответ:*  $A' = 9,972 \cdot 10^6$  Дж;  $\Delta U = 4,4$  МДж.)

**Домашнее задание**

П. 80, 81. Задачи с. 223 (9-10).

**Дополнительный материал****Джеймс Прескотт Джоуль (1818-1889)**

Родился Джоуль в Манчестере 24 декабря 1818 г., по профессии был пивоваром. Первые работы Джоуля в физике связаны с изобретением электромагнитных аппаратов, которые были ярким примером превращаемости физических сил. Джоуль был прекрасным экспериментатором. Исследуя законы выделения теплоты электрическим током, он понял, что опыты с гальваническими источниками не дают возможности ответить на вопрос, какой вклад в нагрев проводника вносит переносимая теплота химических реакций, а какой – сам ток.

В результате многочисленных опытов Джоуль пришел к выводу, что теплоту можно получать с помощью механических сил.

В 1843 г. Джоуль нашел механический эквивалент теплоты. Эту величину впоследствии он определял различными способами. Опыты Джоуля просты по идее, но в каждом из них можно найти какую-нибудь экспериментальную тонкость. Например, в последнем, о котором шла речь, для предотвращения движения всей массы воды, к боковым стенкам калориметра в радиальном направлении были прикреплены четыре ряда пластинок; в целях теплоизоляции металлическая ось разделена на две части деревянным цилиндром.

Джоуль внес большой вклад в кинетическую теорию газов, открыв вместе с Томсоном эффект изменения температуры газа при его расширении (Эффект Джоуля-Томсона). Из работ Джоуля непосредственно следовало, что теплота не является веществом, что она состоит в движении частиц. Все это, несомненно, способствовало утверждению и признанию закона сохранения и превращения энергии, открытие которого явилось величайшим завоеванием науки XIX в.

Значение этого закона для науки трудно переоценить. На основе законов сохранения, и в частности закона сохранения и превращения энергии, в науке и технике производятся различные расчеты, предсказываются новые эффекты и явления, с материалистических позиций оцениваются открытия. Если, скажем, новая теория или проект новой установки не противоречат закону сохранения и превращения энергии, то это служит убедительным аргументом в их пользу.

История физики имела дело с сотнями разнообразных, порою очень остроумных машин, предложенных разными авторами в качестве вечного двигателя. Сегодня нам ясно, что работать они не могли, ибо их создание противоречило закону сохранения и превращения энергии. Вот почему сегодня мы говорим о большом методологическом эквилистическом значении закона сохранения энергии. Он указывает на метод исследования, он дает нам возможность предсказать новое.

**Урок 93. Тепловые двигатели**

*Цель:* разъяснить принцип действия теплового двигателя.

**Ход урока****I. Повторение изученного**

1. Как определить изменение внутренней энергии системы согласно первому закону термодинамики?
2. На что расходуется, согласно I закону термодинамики, количество теплоты, подведенное к системе?

3. Какой процесс называется адиабатическим?
4. Сформулируйте I закон термодинамики для адиабатного процесса.
5. За счет какой энергии совершается работа при адиабатичном расширении газа?
6. Почему при адиабатном расширении температура газа падает, а при сжатии возрастает?

## II. Изучение нового материала

Запасы внутренней энергии в океанах и земной коре можно считать практически неограниченными. Но располагать запасами недостаточно. Необходимо за счет энергии уметь приводить в действие устройства, способные совершать работу.

Большая часть двигателей на планете – это тепловые двигатели, т. е. устройства, превращающие внутреннюю энергию топлива в механическую энергию.

### Эксперимент

На электроплитку поставлен высокий химический стакан с водой. Внутри воды находится перевернутая пробирка, частично заполненная водой. Как будет вести себя пробирка?

(*Ответ.* По мере нагревания жидкости прогревается воздух в пробирке. Он расширяется и вытесняет часть воды из пробирки. В результате этого уменьшается сила тяжести системы, состоящей из пробирки и воды в ней. Как только сила тяжести станет меньше выталкивающей силы, произойдет всплытие. После соприкосновения пробирки с наружным воздухом, она немного остынет. Воздух сожмется, и вода зайдет в пробирку, пробирка опустится на дно. И все это неоднократно повторится.)

Мы получили тепловую машину. При каждом цикле совершается положительная работа по преодолению трения пробирки при движении в воде. Если пробирку «нагружать снизу», а «разгружать» сверху, то такую тепловую машину можно использовать для подъема груза.

Если стакан закрыть, то температура верхних слоев воды и воздуха повысится и машина не будет работать.

На этом примере можно проследить общие принципы всех тепловых двигателей.

От плиты получаем тепло  $Q_1$  (нагреватель) и передаем «холодильнику»  $Q_2$  за счет того, что  $Q_1 > Q_2$  и совершается работа. Холодильником служит, как правило, атмосфера или специальное устройство.

Принцип работы теплового двигателя

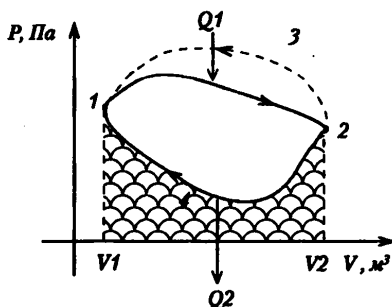
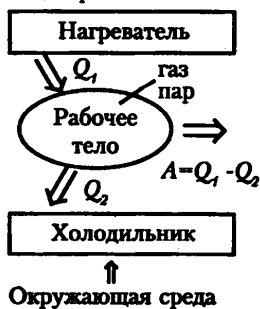


Рис. 155

Тепловая машина работает циклично. Любая тепловая машина состоит из нагрева тела, рабочего тела и холодильника.

$$\eta = \frac{A'}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$$

Так как у всех двигателей некоторое количество теплоты передается холодильнику, то  $\eta < 1$ .

Представляет большой интерес нахождение максимально возможного КПД теплового двигателя. Впервые это сделал французский инженер и ученый Сади Карно.

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

где  $T_1$  – температура нагревателя;  $T_2$  – температура холодильника.

1.  $\eta$  – не зависит от  $Q$ ,  $p$ ,  $V$  топлива.

2.  $\eta$  – является функцией только двух температур.



Рис. 156

### **Применение тепловых двигателей**

Наибольшее значение имеет использование тепловых двигателей (в основном мощных паровых турбин) на тепловых электростанциях, где они приводят в движение роторы генераторов электрического тока. Около 80 % всей электроэнергии в нашей стране вырабатывается на тепловых электростанциях.

Тепловые двигатели (паровые турбины) устанавливают также на атомных электростанциях.

На всех основных видах современного транспорта преимущественно используются тепловые двигатели. На автомобилях применяют поршневые двигатели внутреннего сгорания с внешним образованием горючей смеси. (Карбюраторные двигатели) и двигатели с образованием горючей смеси непосредственно внутри цилиндров (дизели).

На железнодорожном транспорте до середины XX в. основным двигателем была паровая машина. Теперь же главным образом используют тепловозы с дизельными установками и электровозы.

На водном транспорте используются как двигатели внутреннего сгорания, так и мощные турбины для крупных судов.

В авиации на легких самолетах устанавливают поршневые двигатели, а на огромных лайнерах – турбовинтовые и реактивные двигатели, которые также относятся к тепловым двигателям. Реактивные двигатели применяются и на космических ракетах.

Без тепловых двигателей современная цивилизация немислима.

### **Тепловые двигатели и охрана окружающей среды**

Неуклонный рост энергетических мощностей – все большее распространение укрошенного огня – приводит к тому, что количество выделяемой теплоты становится сопоставимым с другими компонентами теплового баланса в атмос-

фере. Это не может не приводить к повышению средней температуры на Земле. Повышение температуры может создать угрозу таяния ледников и катастрофического повышения уровня Мирового океана. Но этим не исчерпываются негативные последствия применения тепловых двигателей. Растет выброс в атмосферу микроскопических частиц – сажи, пепла, измельченного топлива, что приводит к увеличению «парникового эффекта», обусловленного повышением концентрации углекислого газа в течение длительного промежутка времени. Это приводит к повышению температуры атмосферы.

Выбрасываемые в атмосферу токсические продукты горения, продукты неполного сгорания органического топлива – оказывают вредное воздействие на флору и фауну. Особую опасность в этом отношении представляют автомобили, число которых угрожающе растет, а очистка отработанных газов затруждена.

Все это ставит ряд серьезных проблем перед обществом.

Необходимо повышать эффективность сооружений, препятствующих выбросу в атмосферу вредных веществ; добиваться более полного сгорания топлива в автомобильных двигателях, а также увеличения эффективности использования энергии, экономии ее на производстве и в быту.

#### **Домашнее задание**

П. 84, задачи на с. 223 (16).

#### **Дополнительный материал**

##### ***Паровые машины***

Паровая тяга все еще обеспечивает значительную часть необходимой нам энергии. Даже лучшие из современных атомных реакторов – всего лишь источники тепла, преобразующие воду в пар для вращения турбин, соединенных с электрогенераторами.

Первая паровая машина была изобретена в I в. н.э. греческим инженером Геро Александрийским. Но первая паровая машина, нашедшая практическое применение, была создана в 1698 г. английским инженером Томасом Сэвери. Пар охлаждался в камере до образования конденсата. В результате резкого уменьшения объема возникал парциальный вакуум, используемый для откачивания воды из угольных шахт.

##### ***Сила поршня***

В двигателе, изобретенном английским инженером Томасом Ньюкоменом ок. 1710 г., пар внутри цилиндра толкал вверх поршень. Затем цилиндр охлаждали, чтобы сконденсировать пар и вернуть поршень в нижнее положение. При конденсации пара давление в цилиндре падало, и атмосферного давления было достаточно, чтобы поршень опустился вниз. Поэтому Ньюкомен назвал свой двигатель пароатмосферным. Хотя эффективность этого двигателя была выше, чем у машины Сэвери, он работал очень медленно и с низким КПД. Это объясняется тем, что после охлаждения цилиндр нужно было снова нагревать, чтобы заставить пар толкать поршень вверх, иначе он бы сразу конденсировался.

##### ***Двигатель Уатта***

Эту проблему решил шотландский инженер Джеймс Уатт. В созданном им в 1769 г. двигателе пар направлялся в отдельную камеру для конденсации. Так как цилиндр не нужно было поочередно нагревать и охлаждать, тепловые потери двигателя были относительно небольшими. Кроме того, двигатель Уатта был более быстродействующим, поскольку можно было подавать большее количество пара в цилиндр, как только поршень возвращался в свое исходное положение. Благодаря этому и другим усовершенствованиям, придуманным Уаттом, для паровой машины нашлись многочисленные практические применения.

К наступлению викторианской эпохи мощные паровозы совершили революцию в средствах передвижения по суше. Паровые машины также обеспечивали энергию для печатания газет, ткачества и для работы стиральных машин в «паровых» прачечных. Паровые двигатели использовались на площадках аттракционов, а фермеры с помощью паровой тяги пахали землю. Уборщики пользовались работающими на пару пылесосами, а в престижных городских парикмахерских были даже щетки для массажа кожи головы с паровым приводом.

### ***И.И. Ползунов***

Иван Иванович Ползунов родился в 1728 году. Его отец был солдатом.

В 1742 году Иван Иванович окончил первую русскую горнозаводскую школу в Екатеринбурге и стал учеником у главного механика уральских заводов

Когда Ползунову было двадцать лет, его вместе с другими специалистами горнозаводского дела отправили на Колывано-Воскресенские заводы Алтая. Там добывались драгоценные металлы для царской казны.

С 1748 года Иван Иванович Ползунов работал в Барнауле техником по учету выплавки металла, а в 33 года он стал одним из руководителей завода.

Из оборудования на заводе были только воздуходувные мехи и молоты дляковки металла. И их приводили в движение силой воды. Поэтому заводы строили на берегах рек. Если река становилась более мелководной, то производство останавливалось.

Иван Иванович Ползунов решил заменить водяной двигатель и ручной труд на «огненную машину». Для этого он разработал чертежи двухцилиндровой паровой машины.

Для ее изготовления Ползунову пришлось сделать различные инструменты, токарный станок для обработки металла «на водяном ходу». При этом Ползунову удалось изготовить все детали паровой машины всего за 13 месяцев. Некоторые детали весили до 2720 килограммов.

В 1765 году Ползунов разработал специальный поплавковый регулятор уровня в котле.

К сожалению, увидеть машину в работе Ползунову не удалось, он умер за два месяца до пуска машины в эксплуатацию, 27 мая 1766 года. Его паровая машина окупилась всего за два месяца. К сожалению, после небольшой поломки хозяева машины не смогли ее починить.

### ***«Защита окружающей среды от двигателей внутреннего сгорания»***

В цилиндрах двигателя происходит окисление мелкораспыленного и испаренного топлива кислородом воздуха с образованием тепла, углекислого газа и воды. За тысячные доли секунды, отводимые на этот процесс, при каждом такте работы двигателя, часть топлива не успевает сгореть. Продукты его неполного сгорания выбрасываются в атмосферу из выхлопной трубы. Дизели выбрасывают еще и сернистый ангидрид  $SO_2$ , образующийся при горении топлива в цилиндрах. В США, Японии, а также России были установлены предельно допустимые нормы выброса для различных категорий автомобилей.

Из-за загрязнения изменяется климат. Ученые доказали, что изменение климата в XX в. является следствием повышения среднеглобальной приземной температуры воздуха (она повысилась примерно на 0,5 °C). В атмосфере возросла концентрация парниковых газов, углекислоты, метана, хлорфторуглерода, оксида азота. Молекулы этих газов поглощают тепловое излучение поверхности земли и частично направляют его обратно, создавая так называемый парниковый эффект. Из-за изменения климата исчезают и отдельные виды животных и птиц. Например, это случилось с реликтовой чайкой. Уже так много видов животных занесено в красную книгу!



Сейчас создаются различные движения. Гринпис – это экологическое движение, созданное в 1971 году. Его задача – охрана окружающей среды. Штаб-квартира находится в Америке. Гринпис не получает абсолютно никакого финансирования, а его огромный ежегодный бюджет складывается из частных пожертвований и взносов.

## Урок 94. Второй закон термодинамики

*Цель:* показать необратимость процессов в природе.

### Ход урока

#### I. Вопросы для повторения

1. Что называется тепловым двигателем?
2. Что называют нагревателем, холодильником?
3. Какова роль их в работе теплового двигателя?
4. Что называют рабочим телом? Какие вещества используются в качестве рабочего тела в двигателях?
5. По какой формуле определяют работу, совершаемую двигателем?
6. Что называется КПД теплового двигателя?
7. По какой формуле определяется КПД машины Карно?
8. Каков КПД двигателей внутреннего сгорания?

#### II. Самостоятельная работа «Физическое лото»

(См. раздел «Самостоятельные и контрольные работы».)

#### III. Изучение нового материала

Задолго до открытия закона сохранения энергии Французская академия наук приняла в 1775 г. решение не рассматривать проектов вечных двигателей первого рода. Подобные решения были приняты позднее ведущими научными учреждениями других стран.

Под вечным двигателем первого рода понимают устройство, которое могло бы совершать неограниченное количество работы без затраты топлива или других материалов, т. е. без затраты энергии. Таких проектов было создано очень много. Но все они не действовали вечно, именно это привело к мнению, что здесь дело не в несовершенстве отдельных конструкций, а в общей закономерности.

Согласно I закону термодинамики, если  $Q = 0$ , то работа может совершаться за счет убыли внутренней энергии. Если запас энергии исчерпан, двигатель перестал работать. Если система изолирована и не совершается работа, то внутренняя энергия остается неизменной.

Закон сохранения энергии утверждает, что внутренняя энергия при любых ее превращениях остается неизменной, но ничего не говорит о том, какие превращения возможны. Между тем многие процессы, вполне допустимые с точки зрения закона сохранения, в действительности не протекают.

Более нагретое тело само собой остывает, передавая свою энергию более холодным телам. Обратный процесс передачи от более холодного тела к горячему не противоречит закону сохранения, но не происходит. Таких примеров можно привести много. Это говорит о том, что процессы в природе имеют определенную направленность, не как не отраженную в первом законе термодинамики. Все процессы в природе необратимы (старение организмов).

Можно заставить увеличить амплитуду маятника, подтолкнув его, но это произойдет не само собой, это результат более сложного процесса, включающего толчок рукой.

Второй закон термодинамики указывает направление возможных энергетических превращений и тем самым выражает необратимость процессов в природе. Был установлен путем обобщения опыта.

Немецкий ученый Р. Клаузиус сформулировал его так:

*Невозможно перевести тепло от более холодной системы к более горячей при отсутствии одновременных изменений в обеих системах или окружающих телах.*

Английский ученый У. Кельвин сформулировал так:

*Невозможно осуществлять периодически такой процесс, единственным результатом которого было бы получение работы за счет теплоты, взятой от одного источника.*

Иначе говоря, ни один тепловой двигатель не может иметь коэффициент полезного действия, равный единице.

Формулировка второго закона, данная Кельвином, позволяет выразить этот закон в виде утверждения. Невозможно построить вечный двигатель второго рода, т. е. создать двигатель, совершающий работу за счет охлаждения какого-нибудь одного тела.

Вечный двигатель второго рода не нарушает закона сохранения энергии, но если бы он был возможен, мы получили бы практически неограниченный источник работы, черпая ее из океанов и охлаждая их. Однако охлаждение океана, как только его температура становится ниже температуры окружающей среды, означало бы переход теплоты от более холодного к телу более горячему, а такой процесс идти не может.

Второй закон термодинамики указывает направление процессов в природе.

#### IV. Закрепление изученного

1. Какие процессы считаются необратимыми?
2. Сформулируйте второй закон термодинамики.
3. Как связана формулировка второго закона термодинамики с необратимостью тепловых процессов?
4. В чем заключается статистическая интерпретация второго закона термодинамики?

#### Домашнее задание

П. 82. Повторить п. 77–82.

### Урок 95. Зачет по теме «Термодинамика»

*Цель урока:* проверка знаний по теме «Термодинамика».

#### Ход урока

##### I. Групповой зачет

Каждая группа получает задание из четырех качественных задач, включая 1–2 экспериментальные (показать опыт и объяснить наблюдаемое явление или принцип действия установки) и расчетные задачи.

##### Группа 1

1. Первые термометры представляли собой стеклянный баллон с трубкой, опущенной открытым концом в подкрашенную воду. В баллоне находился воздух под давлением, несколько меньшим атмосферного. По положению уровня воды в трубке определялась температура. В чем главный недостаток таких термометров? (*Ответ:* Показания зависели от атмосферного давления.)

2. Почему у глубоководных рыб плавательный пузырь выходит чрез рот наружу, если их извлечь из воды?

(*Ответ:* У глубоководной рыбы давление газов внутри больше атмосферного, поэтому при внешнем атмосферном давлении плавательный пузырь раздувается и выходит через рот наружу.)

3. (э). Почему нагретая медицинская банка присасывается к телу человека? Поставьте банку и объясните принцип ее действия. (*Ответ:* Нагретый пламенем внутри банки воздух, соприкасаясь с ее холодными стенками, охлаждается. Давление внутри становится меньше атмосферного, а поскольку банка плотно прижата к телу и нет сообщения с наружным воздухом, она «присасывается» еще сильнее.)

4. (э). Покажите и объясните, почему из обычной бутылки, перевернутой отверстием вниз, вода выливается прерывистой струей (булькая), а из резиновой медицинской грелки – непрерывной?

*Оборудование:* модель старинного медицинского термометра (колба с тонкой трубкой, сосуд с подкрашенной водой); спирт, палочка с ватой, медицинская банка; бутылка с водой, медицинская грелка с водой, емкость для слива воды.

(*Ответ:* Когда воду выливают из бутылки, на месте вытекшей воды образуется разреженное пространство, вода начинает течь медленнее из-за разности внешнего и внутреннего давлений. Когда эта разность достигает некоторого значения, воздух снаружи в виде пузыря прорывается внутрь, давление выравнивается, и процесс «бульканья» повторяется.

Когда воду выливают из медицинской грелки, то мягкие стенки грелки сжимаются под действием атмосферного давления. Давление на воду постоянно равно наружному.)

5. При изобарном расширении газа на  $0,5 \text{ м}^3$  ему было передано  $0,26 \text{ МДж}$  теплоты. Рассчитать изменение внутренней энергии газа, если давление газа равно  $200 \text{ кПа}$ . (*Ответ:*  $160 \text{ кДж}$ .)

6. С какой скоростью должна лететь пуля, чтобы при ударе о преграду она расплавилась, если температура пули до удара  $57^\circ\text{C}$ ? При ударе в тепло превращается  $40\%$  энергии пули. (*Ответ:*  $548 \text{ м/с}$ .)

## Группа 2

1. Почему в медицинских термометрах используется ртуть, а не спирт или вода? (*Ответ:* У ртути по сравнению с водой и спиртом больше теплопроводность и меньше удельная теплоемкость, поэтому сокращается время измерения температуры.)

2. Иногда из водопроводного крана вытекает вода «белая», будто молоко. Чем это объяснить? (*Ответ:* Воздух растворяется в воде тем лучше, чем больше давление и чем ниже температура. Когда из крана вода вытекает наружу, часть растворенного воздуха выделяется в виде огромного количества мелких пузырьков – вода становится молочной-белой.)

3. Баллоны электрических ламп заполняют азотом при пониженном давлении и температуре. Почему заполнение производят именно при таких условиях? (*Ответ:* Во время работы лампа разогревается и давление газа внутри нее повышается, что может привести к взрыву, если начальное давление будет равно атмосферному.)

4. (э) При открытом зажиме надуйте ртом резиновый шар. Затем пережмите нижнюю трубку зажимом. Почему резиновый шар остается надутым, ведь полость шара сообщается с атмосферой? Если зажим снять, шар сжимается. Почему?

**Оборудование:**

Медицинский термометр; электрическая лампа; установка по рисунку: колба с двумя отверстиями, закрытыми пробками, через которые проходят тонкие стеклянные трубочки, резиновый шар, резиновая трубочка с зажимом.

(*Ответ:* Когда шар надувают, часть воздуха из сосуда вытесняется, и давление в сосуде становится меньше атмосферного. После пережатия трубки зажимом давление на внутреннюю поверхность шара равно атмосферному, а на внешнюю – меньше атмосферного, и он остается надутым. Когда зажим открывают, давление выравнивается, и шар сжимается).

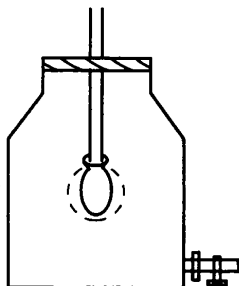


Рис.157

5. Для охлаждения 2 кг воды от  $30^{\circ}\text{C}$  до  $12^{\circ}\text{C}$  в воду бросают кусочки льда при  $0^{\circ}\text{C}$ . Какое количество льда потребуется для охлаждения воды? (*Ответ:* 0,44 кг.)

6. Какое количество теплоты сообщено 1 молью одноатомного газа при его изобарном нагревании на 100 К? (*Ответ:* 2,08 кДж.)

### Группа 3

1. Почему баллоны со сжатым газом взрывоопасны, а трубы с водой под большим давлением – нет? (*Ответ:* Сжимаемость воды мала, поэтому при разрыве трубы ее объем практически не изменяется, и она растекается, не вызывая значительного разлета осколков. При взрыве газового баллона объем газа значительно увеличивается практически мгновенно из-за понижения давления, осколки оболочки приобретают большие скорости и производят значительные разрушения.)

2. Два одинаковых сосуда с водородом соединены горизонтальной трубкой, посередине которой имеется столбик ртути. В одном сосуде газ находится при  $0^{\circ}\text{C}$ , а в другом – при  $20^{\circ}\text{C}$  (рис. 158). Сместится ли ртуть в трубке, если оба сосуда нагреть на  $10^{\circ}\text{C}$ ?

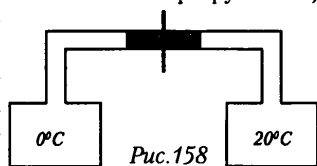


Рис.158

(*Ответ:* Объем газа в сосудах увеличится неодинаково: в левом содержится большее количество молекул водорода, чем в правом.)

3. Почему при вколачивании гвоздя в дерево шляпка его мало нагревается, а когда гвоздь вбит, достаточно нескольких ударов, чтобы сильно нагреть шляпку?

(*Ответ:* Когда гвоздь перемещается, лишь небольшая часть кинетической энергии молотка превращается во внутреннюю энергию гвоздя и шляпка нагревается слабо. Когда же гвоздь неподвижен, то во внутреннюю энергию шляпки гвоздя превращается большая часть кинетической энергии молотка.)

4. (э) Вскипятите воду в бумажной коробке (рис. 159). Почему бумага не загорается?

**Оборудование:** штатив с кольцом; бумажная коробочка; вода; спиртовка.

(*Ответ:* Тепло идет на нагревание воды, и бумажная коробка не нагревается до температуры воспламенения.)

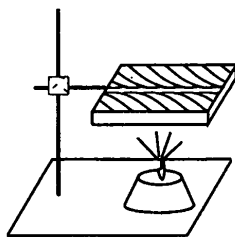


Рис. 159

5. В закрытом сосуде находится 0,5 кг неона под давлением 1 атм при температуре 37 °С. После нагревания давление в сосуде стало 3 атм. Какое количество теплоты было сообщено газу при его нагревании? (*Ответ: 193 кДж.*)

6. На электроплитке мощностью 600 Вт, имеющей КПД 45 %, нагрели 0,5 л воды от 10 °С до 100 °С, при этом 25 г ее обратили в пар. Как долго длилось нагревание? (*Ответ: 15,2 мин.*)

#### Группа 4

1. Почему проколотый мячик не отскакивает от пола при ударе? (*Ответ: При ударе дырявого мяча об пол воздух выходит из него, и кинетическая энергия движения мяча превращается частично в кинетическую энергию движения воздушного потока, и лишь частично – в потенциальную энергию сжатой резины, которая затем превращается в кинетическую энергию обратного движения мяча, - он все-таки чуть-чуть отскакивает.)*

2. Почему при холостых выстрелах ствол пушки нагревается сильнее, чем при стрельбе снарядами? (*Ответ: При стрельбе снарядами большая часть энергии, выделившейся при сгорании пороха, идет на увеличение кинетической энергии снаряда. При холостом выстреле (стрельбе без снаряда) основная часть энергии сгоревшего пороха идет на нагревание ствола пушки.)*

3. Запуск НСЗ показал, что «температура» воздуха на высоте 1000 км достигает нескольких тысяч градусов. Почему же не расплавился спутник, двигаясь на указанной высоте? (Температура плавления железа 1520 °С.) (*Ответ: Вследствие большой разреженности воздух на высоте не может передать спутнику то количество теплоты, которое необходимо для его плавления.)*

4. (э). Перед вами находится самодельная действующая модель теплового двигателя (рис. 160). Назовите его основные части. Каков принцип его действия? Для чего нужен холодильник?

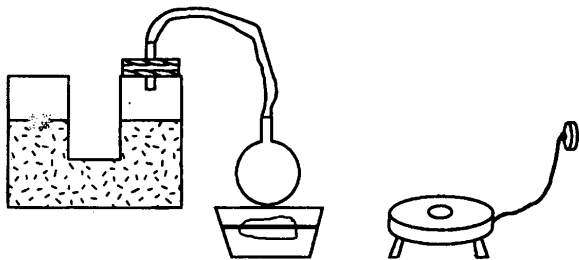


Рис. 160

*Оборудование:* U-образная трубка от прибора «сообщающиеся сосуды»; теплоприемник; чашка со смесью воды и снега (льда); электрическая плитка; поплавок из пробки.

(*Ответ: Электрическая плитка – нагреватель, воздух в теплоприемнике и под пробкой – рабочее тело, тающий лед – холодильник. Теплоприемник подносят к нагретой плитке, воздух расширяется, давит на воду, и поплавок поднимается вместе со столбом воды. Когда теплоприемник подносят к тающему льду, воздух охлаждается и сжимается, поплавок опускается.)*

5. Найти количество теплоты, необходимое для изохорного нагревания 6 моль одноатомного идеального газа на 20 К. (*Ответ: 1496 Дж.*)

6. Объем кислорода массой 320 г, температура которого 127 °С, при изобарном нагревании увеличился вдвое. Найти работу газа при расширении, количество теплоты, которое пошло на нагревание кислорода, и изменение внутренней энергии газа. (*Ответ: 33,2 кДж; 116,3 кДж; 83,1 кДж.*)

**Группа 5**

В каком случае для нагревания металлического шара до одной и той же температуры потребуется больше энергии: если шар висит на нити или если он стоит на подставке? Считать, что подставка и нить энергию не поглощают. (*Ответ:* Для нагревания шара, стоящего на подставке, потребуется больше энергии, так как при расширении от нагревания его центр тяжести перемещается вверх, и необходимо затратить некоторое количество теплоты на увеличение потенциальной энергии шара. У висящего на нити шара центр тяжести при нагревании перемещается вниз. При этом некоторое количество механической энергии превращается в соответствующее количество теплоты. Следовательно, для нагревания висящего шара надо будет затратить меньше энергии.)

2. Сливки на молоке быстрее отстаиваются в холодном помещении. Почему? (*Ответ:* Вследствие ослабления броуновского движения капелек шара.)

3. Океан обладает огромным, практически неисчерпаемым запасом энергии. Почему до сих пор не строят тепловых машин, которые использовали бы эту энергию? (*Ответ:* Нет холодильника.)

4. (э). Налейте стакан до половины водой, положите в него какой-нибудь груз (например, маленькую гайку), закройте листом бумаги и, придерживая рукой, переверните. Несмотря на то что изнутри на бумагу давят воздух, вода и груз, она не отрывается. Объясните явление.

*Оборудование:* стакан, вода, гайка.

(*Ответ:* Когда перевернутый стакан придерживают рукой, бумага смачивается водой и «прилипает» к краям под действием сил поверхностного притяжения. Когда руку убирают, то под тяжестью воды и груза бумажка слегка прогибается, объем воздуха внутри увеличивается и его давление становится меньше атмосферного. Разность между силой внешнего атмосферного давления и давления внутри и силы поверхностного натяжения уравнивает вес содержимого стакана.)

5. При изобарном нагревании одноатомного идеального газа его внутреннюю энергию увеличили на 120 Дж. Определить работу, совершенную газом, и количество теплоты, полученной газом. (*Ответ:* 80 Дж; 200 Дж.)

6. Какую среднюю мощность развивает двигатель мотоцикла, если при скорости движения 108 км/ч расход бензина составляет 3,7 л на 100 км пути, а КПД двигателя – 25 %.  $\rho = 700 \text{ кг/м}^3$ . (*Ответ:* 8,9 кВт.)

**Домашнее задание**

П. 82.

### Урок 96. Контрольная работа по теме «Термодинамика»

(См. раздел «Самостоятельные и контрольные работы».)

*Ответы к контрольной работе*

	Номер вопроса и ответ				
	1	2	3	4	5
Вариант 1	Г	А	Д	Г	Б
Вариант 2	Д	Б	Д	А	Б

**Вариант контрольной работы***Ответы к контрольной работе*

	Ответы к задачам номера задач						
	1	2	3	4	5	6	7
Вариант 1	311 кДж	395 м/с	600 кДж 1000 Дж	720 кг	659,3 кДж	1,5 °С	40 %
Вариант 1	499 кДж	1,5 °С	2,5 кДж	76,4 км	7,5 кДж	3,5 кВт	40 %

**ЭЛЕКТРОДИНАМИКА****Урок 97. Электрический заряд. Квантование заряда**

*Цель:* научиться обнаруживать электрические заряды на телах.

**Ход урока****I. Анализ контрольной работы****II. Изучение нового материала**

Структура Вселенной формируется гравитационным притяжением тел. Но притяжение привело бы к сжатию. Для существования стабильных размеров тел должны существовать силы отталкивания между частицами тела. Такими силами являются силы электромагнитного взаимодействия. Силы электромагнитного взаимодействия частиц тела на много порядков превосходят гравитационные силы. Электромагнитные притяжения и отталкивания возникают лишь между заряженными частицами.

**Эксперимент 1**

Подвесили на нитку кусочек фольги. И поднесем к нему палочку из оргстекла.

— Что вы наблюдаете?

Никаких изменений не происходит.

Значит, тело не обладает зарядами. Натрем палочку из оргстекла о бумагу. Кусочек фольги начал притягиваться. Значит, один из способов сообщить телу электрический заряд – натереть его.

Убедиться, что это не единственный способ зарядить тела.

**Эксперимент 2**

Ударим эбонитовой палочкой о резиновую трубку. Поднесем тела к электрометрам, а затем соединим, стрелки вначале отклонятся, а после соединения проволокой вернуться в первоначальное положение. Эбонитовая палочка и резиновая трубка «зарядилась» разными по знаку зарядами, но одинаковыми по модулю.

Способность частиц (или тел) к электромагнитному взаимодействию характеризует электрический заряд.

Электрический заряд – физическая величина, определяющая силу электромагнитного взаимодействия.

**Эксперимент 3**

Отрежем две полоски бумаги по ширине около 1 см. Сблизим. Взаимодействие отсутствует. Положим на тетрадь и проведем несколько раз ручкой.

Будем сблизать полоски, взяв их в руки, полоски оттолкнутся друг от друга.

#### **Эксперимент 4**

К подвешенной фольге поднести заряженную палочку, фольга притягивается. Если же фольга коснется палочки, фольга будет отталкиваться.

Значит, заряженные тела могут отталкиваться. Это объясняется существованием двух различных зарядов. Один из них положительный, а другой отрицательный.

При соприкосновении одной и той же пластиковой ручки были сообщены бумаге одинаковые заряды.

Следовательно, между электрическими зарядами одинакового знака действуют силы отталкивания, а между зарядами противоположных знаков действуют силы притяжения.

Для обнаружения и измерения электрических зарядов применяют электрометр. По углу отклонения стрелки электрометра можно судить о значении электрического заряда, переданного стержню электрометра.

#### **Эксперимент 5**

Установим два одинаковых электрометра. На стержне одного из них укрепим металлический диск и поставим на него второй такой же с ручкой изолятора. Между дисками положим кусок сукна. Взявшись за ручку, сделаем несколько движений и снимаем верхний диск. Стрелка электрометра отклонится. Верхний диск поднесем ко второму электрометру. Стрелки электрометров отклонились на один и тот же угол, примерно. Теперь соединим проволокой электрометры, стрелки вернуться в первоначальное положение.

Самые точные эксперименты показали, что в результате электронизации тел при соприкосновении на них всегда возникают электрические заряды, равные по модулю и противоположные по знаку.

Электрические заряды могут появиться и при других взаимодействиях, под воздействием света.

Внутри изолированной системы при любых взаимодействиях алгебраическая сумма электрических зарядов остается постоянной:  $q_1 + q_2 + \dots + q_n = \text{const}$ .

Нигде и никогда не исчезает электрический заряд одного знака. Появление положительного электрического заряда всегда сопровождается появлением равного по модулю отрицательного заряда.

### **III. Закрепление изученного**

1. Какие взаимодействия называют электромагнитными?
2. Что такое электрический заряд?
3. В чем сходство и отличие электрического заряда и гравитационной массы?
4. Какой заряд называют элементарным?
5. В чем состоит явление электронной теории?
6. Сформулируйте законы сохранения электронного заряда?
7. Когда он выполняется?

#### **Домашнее задание**

П. 85, 88.

#### **Творческое задание:**

1. Исследуйте в домашних условиях синтетические и натуральные материалы. Какие из них электризуются сильнее?
2. Можно ли на концах эбонитовой палочки получить одновременно два разных по знаку заряда? Дайте теоретическое решение и проверьте его экспериментом.



## Урок 98. Закон Кулона

*Цель:* дать положительную оценку силы взаимодействия зарядов.

### Ход урока

#### I. Повторение. Беседа

1. Чем объясняется электризация тел при соприкосновении?
2. Какие опыты доказывают существование двух видов электрических зарядов?
3. Каков принцип действия электрометра?
4. Какие частицы являются носителями отрицательных и положительных зарядов?
5. Как формируется закон сохранения электрического заряда?
6. Остается ли неизменной масса тела при его электризации?

#### II. Физический диктант. Электризация тел. Закон сохранения электрического заряда

См. раздел «Самостоятельные и контрольные работы».

*Ответы:*

1. Электростатика. 2. Электромагнитное. 3. Электрический заряд. 4. Нет.
5. Можно. 6. Электризация. 7. Нет. 8. Отталкиваются. 9. Да. 10. Нет.

#### III. Изучение нового материала

Взаимодействия неподвижных электрических зарядов изучает электростатика. Основной закон электростатики был установлен экспериментально французским ученым Ш. Кулоном в 1785 г.

Кулон измерял силы взаимодействия заряженных шаров. На тонкой проволоке была подвешена стрелка: палочка с двумя металлическими шарами на концах. Одному сообщался электрический заряд и против него устанавливался другой заряженный шар. По углу поворота стеклянной палочки определялась сила взаимодействия.

Расстояние между шарами было не трудно измерить.

Кулон не мог измерить заряды шаров, но он предположил, что при соприкосновении металлического шара с зарядом  $q$  с незаряженным шаром такого же радиуса электрический заряд делится на две равные части, и в шарах оказываются заряды

$$F = \frac{k|q_1| \cdot |q_2|}{r^2} z$$

Кулоновская сила направлена вдоль прямой, соединяющей оба точечных заряда, подчиняется третьему закону Ньютона.

*Единица* – кулон (1 Кл) – это заряд, проходящий за 1 секунду поперечное сечение проводника при силе тока в 1 А.

$$k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}$$

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \quad \text{– для воздуха}$$

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \quad \text{– для любой среды}$$

$\epsilon$  – электрическая постоянная среды.

Показывает, во сколько раз сила взаимодействия точечных тел в вакууме больше силы их взаимодействия в среде.

$$\epsilon = \frac{F_g}{F_c}$$

Сила Кулона для нескольких зарядов (рис. 162).

#### IV. Повторение изученного

1. Что определяет закон Кулона?
2. Как записывается закон Кулона для взаимодействия зарядов в вакууме?
3. Какая величина характеризует влияние среды на силу взаимодействия между зарядами?
4. Запишите закон Кулона для взаимодействия зарядов с учетом среды в системе СИ?
5. Чему равен коэффициент пропорциональности в законе Кулона?
6. Можно ли электрический заряд делить бесконечно?

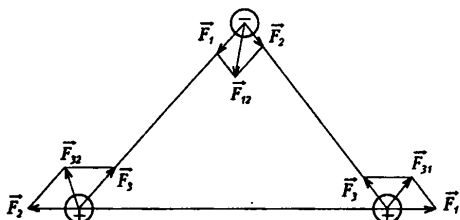


Рис. 162

#### V. Решение задач

1. Маленький шарик массой  $2 \cdot 10^{-3}$  кг, подвешенный на тонкой шелковой нити, несет на себе заряд  $3 \cdot 10^{-7}$  Кл.

На какое расстояние снизу к нему следует поднести другой маленький шарик с зарядом  $5 \cdot 10^{-7}$  Кл, чтобы напряжение нити уменьшилось в 2 раза?

**Дано:**

$$m_1 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$$

$$q_1 = 3 \cdot 10^{-7} \text{ Кл}$$

$$q_2 = 5 \cdot 10^{-7} \text{ Кл}$$

$$T_2 = T_1/2$$

$$g = 9,8 \text{ м/с}^2$$

**Решение:**

На шарик, подвешенный на тонкой нити, действуют две силы: сила напряжения  $m\vec{g}$  и сила напряжения нити  $\vec{T}_1$ . Направления сил противоположны. Шар неподвижен, следовательно,  $T_1 = mg$ . Если на расстоянии  $r$  помещен заряд  $q_2$ , то на шарик действует еще одна сила — Кулона, направленная вверх и

**Найти:**  $r = ?$

$$\text{равная } F = \frac{k|q_1| \cdot |q_2|}{r^2}.$$

Чтобы сила напряжения нити уменьшилась, заряд  $q_2$  должен быть того же знака, что и заряд  $q_1$ .

Запишем условие равновесия шарика в этом случае:  $m\vec{g} + \vec{T}_2 + \vec{F}_k = 0$ , согласно первому закону Ньютона.

Выбери направление оси  $Oy$  вертикально вверх, и запишем это уравнение в проекциях на ось  $Oy$ .

$$-mg + T_2 + F_k = 0;$$

Подставим данные задачи:

$$-mg + \frac{T_1}{2} + \frac{k|q_1| \cdot |q_2|}{r^2} = 0; \quad T_1 = mg, \text{ то } -mg + \frac{mg}{2} + \frac{k|q_1| \cdot |q_2|}{r^2} = 0$$

$$\text{Отсюда: } k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2} - \frac{mg}{2} = 0$$

$$\text{Следовательно, } r = \sqrt{\frac{2k|q_1| \cdot |q_2|}{mg}}; \quad r = \sqrt{\frac{H\kappa\epsilon^2 \cdot \text{Кл} \cdot \text{Кл}}{\text{Кл}^2 \cdot \kappa\epsilon \cdot \frac{\text{М}}{\text{с}^2}}} = \sqrt{\text{м}^2} = \text{м}$$

(Ответ:  $r = 0,37 \text{ м} = 37 \text{ см}$ .)

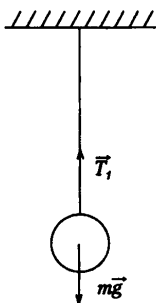


Рис. 163

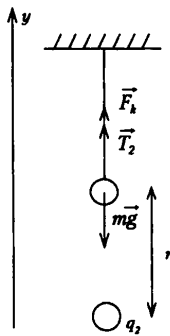


Рис. 164

2. С какой силой взаимодействуют два заряда по 1 Кл каждый на расстоянии 1 км друг от друга в вакууме? (Ответ:  $F = 9$  кН.)

3. Два одинаковых маленьких шарика, обладающих зарядом  $q_1 = 6$  мкКл и зарядом  $q = -12$  мкКл, находятся на расстоянии 60 см друг от друга. Определите силу взаимодействия между ними. Чему будет равен заряд каждого шарика, если их привести в соприкосновение и затем разъединить? (Ответ:  $F = 1,8$  Н;  $q = -3$  мкКл.)

4. Два положительных заряда  $q$  и  $2q$  находятся на расстоянии 10 мм. Заряды взаимодействуют с силой  $7,2 \cdot 10^{-4}$  Н. Как велик каждый заряд? (Ответ:  $q_1 = 2 \cdot 10^{-9}$  Кл = 2 нКл;  $q_2 = 4 \cdot 10^{-9}$  Кл = 4 нКл.)

5. Найдите силу, действующую на заряд  $q$   $q_2 = -1 \cdot 10^{-6}$  Кл, если заряды  $q_1 = 1 \cdot 10^{-7}$  Кл и  $q_3 = 2 \cdot 10^{-7}$  Кл расположены в воздухе. Расстояние  $AB = BC = 10$  см. (Ответ:  $F = 9 \cdot 10^{-2}$  Н.)

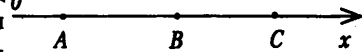


Рис 165

6. Два положительно заряженных тела с зарядами 1,67 и 3,33 нКл находятся на расстоянии 20 см друг от друга. В какой точке на линии, соединяющей эти тела, надо поместить третье тело с зарядом -0,64 нКл, чтобы оно оказалось в равновесии? Массами тел пренебречь. (Ответ:  $x = 0,117$  м = 11,7 см.)

7. Два одинаковых небольших шарика массой 0,1 г каждый подвешены на нитях длиной 25 см. После того как шарикам были сообщены одинаковые заряды, они разошлись на расстояние 5 см. Определить заряды шариков. (Ответ:  $q \approx 5,2$  нКл.)

#### Домашнее задание

П. 89, 90 с. 236, задачи (1-2).

## Урок 99. Решение задач

Цель: научить решать задачи по теме «Закон Кулона».

### Ход урока

#### I. Проверка домашнего задания

1. Опишите опыты Кулона по исследованию взаимодействия электрических зарядов?
2. Чем отличается закон Кулона от закона всемирного тяготения?
3. В каких единицах выражается электрический заряд?
4. В чем состоит принцип суперпозиции?
5. Что такое электрическая постоянная?

#### II. Решение задач

##### Задачи на «З»

1. Два тела с зарядами  $4 \cdot 10^{-9}$  Кл и  $10^{-9}$  Кл находятся на расстоянии 24 м друг от друга. В какой точке на линии, соединяющей эти тела, надо поместить заряженное тело, чтобы оно оказалось в равновесии? (Ответ: 16 см; 8 см.)

2. Два одинаковых металлических шарика, имеющие заряды  $q_1 = -6 \cdot 10^{-8}$  Кл и  $q_2 = 15 \cdot 10^{-8}$  Кл, привели в соприкосновение, а затем развернули на расстояние 10 см. Определите силу взаимодействия между шариками. (Ответ:  $0,18 \cdot 10^{-2}$  Н.)

3. С какой силой ядро атома железа, имеющее заряд, равный  $41,6 \cdot 10^{-19}$  Кл, притягивает электрон, находящийся на внутренней оболочке атома, расположенный на расстоянии  $10^{-12}$  м от ядра? (Ответ:  $6 \cdot 10^{-3}$  Н.)

4. Два заряда, один из которых в 3 раза больше другого, находясь на расстоянии 30 см друг от друга, взаимодействуют с силой 30 Н. Определите величину этих зарядов. (Ответ:  $1 \cdot 10^{-5}$  Кл,  $3 \cdot 10^{-5}$  Кл.)

**Задачи на «4»**

1. Два одинаково заряженных маленьких шарика массой 2 г, подвешены на нитках длиной 1 м в одной точке. Определите величину заряда каждого шарика, если они оттолкнулись и разошлись на расстояние 4 см. (Ответ:  $8,43 \cdot 10^{-9}$  Кл)

2. Два одинаковых металлических шарика заряжены положительными зарядами 5 нКл и 20 нКл. Центры шариков находятся на расстоянии 10 см друг от друга. Шарик привели в соприкосновение. На какое расстояние после этого нужно развести центры, чтобы сила взаимодействия осталась прежней? (Ответ: 12,5 см.)

3. Два одинаковых шарика зарядами по 4 мкКл каждый, подвешены на одной высоте на некотором расстоянии друг от друга. Какой заряд надо поместить между шариками на одинаковом расстоянии от них, чтобы нити висели вертикально? (Ответ: -1 мкКл.)

4. Два одинаковых шарика имеют массу по 1 г каждый. Какие равные заряды необходимо поместить на эти шарик, чтобы их взаимодействие уравновешивало силу всемирного тяготения, действующую между ними? (Ответ:  $0,86 \cdot 10^{-13}$  Кл.)

**Задачи на «5»**

1. Одинаковые металлические шарик, заряженные одноименно зарядами  $q$  и  $q_1$ , находятся на расстоянии  $r$  друг от друга. Шарик привели в соприкосновение. На какое расстояние их надо развести, чтобы сила взаимодействия осталась прежней? (Ответ:  $1,25 \cdot r$ .)

2. Маленький шарик массой  $3 \cdot 10^{-4}$  кг подвешен на тонкой нити и имеет заряд  $3 \cdot 10^{-1}$  Кл. Каким станет натяжение нити, если снизу к нему на расстоянии 30 см поднести другой шарик с одноименным зарядом  $5 \cdot 10^{-8}$  Кл? (Ответ:  $1,4 \cdot 10^{-3}$  Н.)

3. Три одинаковых заряда, каждый из которых равен  $3,43 \cdot 10^{-8}$  Кл, расположены в вершинах равностороннего треугольника, в центре которого помещен отрицательный заряд. Определите значение этого заряда, если данная система находится в равновесии. (Ответ:  $2 \cdot 10^{-8}$  Кл.)

4. На непроводящей нити висит заряженный шарик массой 29 г. Какой заряд по модулю надо поместить на расстоянии 5 см от шарика, чтобы вес шарика уменьшился в 2 раза. Заряд шарика  $2 \cdot 10^{-6}$  Кл. (Ответ:  $1,4 \cdot 10^{-8}$  Кл.)

**Задача повышенной сложности**

В вершинах квадрата находятся одинаковые положительные заряды  $q$ . Какой отрицательный заряд нужно поместить в центр квадрата, чтобы система была в равновесии.

$$\text{(Ответ: } \frac{4(r\sqrt{2+1})}{U} = 0,96q \text{)}$$

**Домашнее задание**

П. 89, 90 с. 236, задачи (3-4).

## Урок 100. Напряженность электрического поля

*Цель:* сформировать понятие напряженности электрического поля.

### Ход урока

#### I. Повторение изученного

1. Опишите эксперимент Кулона.
2. Сформулируйте закон Кулона.
3. В чем физический смысл коэффициента  $k$ ?
4. Определите границы применимости этого закона.
5. Почему при описании механического движения не учитываются электрические силы?

#### II. Физический диктант. Закон сохранения электрического заряда. Закон Кулона

См. раздел «Самостоятельные и контрольные задания».

*Ответы:*

1. Да.
2. Нет.
3. Нет.
4. Нейтральными.
5. Увеличивается.
6. Уменьшается.
7. Уменьшается в 9 раз.
8. Диэлектрической проницаемостью.
9. В кулонах.

#### III. Изучение нового материала

Взаимодействие зарядов по закону Кулона является экспериментально установленным фактом. Однако не раскрывает физической картины самого процесса взаимодействия. И не отвечает на вопрос, каким путем осуществляется действие одного заряда на другой.

##### *Эксперимент 1*

Подвесим на нитке легкую металлическую гильзу из фольги. Медленно приблизим к гильзе вертикально расположенную пластину пенопласта, предварительно зарядив ее натиранием шерстью.

— Что происходит? (Контакта нет, но гильза отклонилась от вертикали.)

Так происходит взаимодействие на расстоянии. Может дело в воздухе, который находится между телами?

##### *Эксперимент 2*

Заряженные электроны помещают под колокол воздушного насоса. Воздух выкачивают. В безвоздушном пространстве электрон по-прежнему заряжен.

— Какой можно сделать вывод? (Во взаимодействии воздух не участвует.)

— Как же тогда осуществляется взаимодействие?

Фарадей дал следующее объяснение:

Вокруг каждого электрического заряда всегда существует электрическое поле. Электрическое поле — материальный объект, непрерывный в пространстве и способный действовать на другие электрические заряды.

Взаимодействие электрических зарядов есть результат действия поля заряженных тел.

Физическая величина, равная отношению силы  $\vec{F}$ , с которой электрическое поле действует на пробный заряд  $q$ , к значению этого заряда, называется напряженностью электрического поля и обозначается  $E$ .

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}; \quad E = \frac{kQ}{r^2}; \quad E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}; \quad E = \left[ \frac{H}{Кл} \right] = \left[ \frac{В}{м} \right]$$

Опыт показывает, что если на электрический заряд  $q$  действуют одновременно электрические поля нескольких источников, то результирующая сила оказывается равной сумме, действующей со стороны каждого поля в отдельности.

Электрические поля подчиняются принципу суперпозиций.

Тогда:  $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \dots + \vec{E}_n$

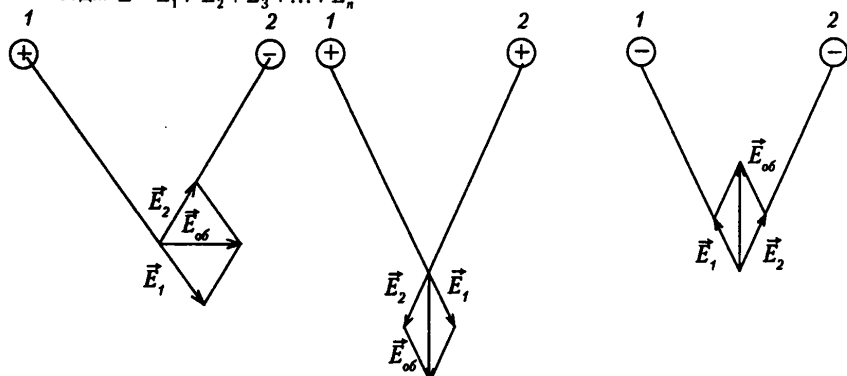


Рис. 166. Распределение линий, направленных вокруг уединенных точечных зарядов



Рис. 167

### Эксперимент 3

Возьмем касторовое масло, нальем в тарелку, а сверху насыплем манной крупы. Поместим в тарелку электрод «+». (Можно от разряда -1 или от электрофорной машины.) Увидим спектр электрического поля, точечного заряда.

### IV. Вопросы для повторения

1. Что такое электрическое поле?
2. Назовите основные свойства электрического поля?
3. Какое поле называется электрическим?
4. Что называется напряженностью электрического поля?
5. Чему равна напряженность электрического поля?
6. Сделайте чертеж, объясните сущность принципа суперпозиции электрических полей.
7. Какое электрическое поле называется однородным?

### V. Решение задач

1. Капелька массой  $10^{-4}$ , находится в равновесии в электрическом поле с напряженностью 98 Н/Кл. Найти величину заряда капельки.

Решение:

На капельку в электрическом поле действуют две силы: сила тяжести  $m\vec{g}$  и сила электрического поля  $\vec{F}$ , т. к. капля находится в равновесии  $F = mg$ .

$$E = \frac{F}{q}; \quad F = Eq; \quad E \cdot q = mg;$$

$$q = \frac{mg}{E} = \left[ \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2 \cdot \frac{\text{Н}}{\text{Кл}}} \right] = [\text{Кл}]; \quad q = \frac{10^{-7} \cdot 9,8}{98} = 10^{-8} \text{ Кл}$$

(Ответ:  $10^{-8}$  Кл.)

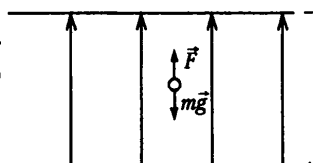


Рис. 168

2. Два заряда  $q_1 = 3 \cdot 10^{-7}$  Кл и  $q_2 = -2 \cdot 10^{-7}$  Кл, находятся на расстоянии 0,2 м друг от друга. Определите напряженность электрического поля в точке С, расположенной на линии, соединяющей заряды на расстоянии 0,05 м правее от заряда  $q_2$ . (Ответ:  $6,8 \cdot 10^5$  Н/Кл.)

3. Два точечных заряда  $6,7 \cdot 10^{-9}$  Кл и  $-13,3 \cdot 10^{-9}$  Кл находятся на расстоянии 5 см друг от друга. Найти напряженность электрического поля в точке, расположенной на расстоянии 3 см от положительного и 4 см от отрицательного. (Ответ: 100 кН/Кл.)

4. С каким ускорением движется электрон в поле с напряженностью 10 кВ/м? Заряд электронный  $1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл, масса электрона  $9,1 \cdot 10^{-31}$  кг. (Ответ:  $1,76 \cdot 10^{15}$  м/с<sup>2</sup>.)

5. В однородном поле напряженностью 40 кВ/м находится заряд  $27 \cdot 10^{-9}$  Кл. Найдите напряженность результирующего поля на расстоянии 3 см от заряда в точках, лежащих:

- на силовой линии однородного поля, проходящей через заряд;
  - на прямой, проходящей через заряд и перпендикулярной силовым линиям.
- (Ответ:
- $6,7 \cdot 10^5$
- Н/Кл,
- $1,3 \cdot 10^5$
- Н/Кл,
- $4,8 \cdot 10^5$
- Н/Кл.)

#### Домашнее задание

П. 91–93, с. 259, задачи (1-3).

## Урок 101. Лабораторная работа «Определение направления вектора напряженности электрического поля»

**Цель работы:** построить экспериментально картину распределения поля, в пространстве вокруг заряженного тела и убедиться, что наличие поля в данной точке пространства и наличие заряженного тела рядом с этой точкой пространства не всегда совпадают.

**Оборудование:** две пластмассовые линейки, пенопласт размером примерно 0,5 х 0,5 см на нитке, держатель, игла, кусок поролона, шарик от пинг-понга или пластмассовый шарик примерно того же размера, фольга, лист бумаги.

### Ход работы

1. Изготовьте индикаторы электрического поля трех видов.

Первый – из кусочка пенопласта, подвешенного на нити. Второй индикатор можно изготовить, вырезав из фольги небольшую стрелку и аккуратно положив ее на тупой конец иглы, воткнутой вертикально в поролон. Для устойчивости концы стрелки нужно слегка опустить, а в центре, у кончика иглы, пальцами сделать небольшое углубление. Убедитесь, что стрелка легко вращается вокруг своей оси.

Действие этого индикатора основано на поляризации металла вблизи заряженного тела.

Стрелка приобретает заряд, противоположного заряду тела знака, и притягивается к телу.

Третий индикатор можно выполнить из сухой легкой бумаги аналогично второму, поскольку диалектики тоже могут поляризоваться под действием внешнего поля.

2. Изготовьте заряженный металлический шар. Для этого оберните шарик от пинг-понга фольгой. Можно так же покрыть его графитом (грифелем мягкого простого карандаша). Положите его на кусок поролона или другого изолятора, чтобы он не мог перемещаться. Зарядите его, потерев пластиковый корпус ручки о шерсть и перенеся заряд с ручки на «металлизированный» шар.

3. Обнося первый индикатор вокруг заряженного шара на равном расстоянии от его «экватора» зарисуйте направление иглы, действующей на положительный пробный заряд, находившийся на пенопластовом индикаторе, подвешенном на нити.

4. Перемещайте индикатор вокруг шара на большем удалении от его центра, оставаясь в плоскости «экватора». Изобразите векторы сил, показывающие их соотношение при первом и втором обходе. Проведите несколько силовых линий электрического поля.

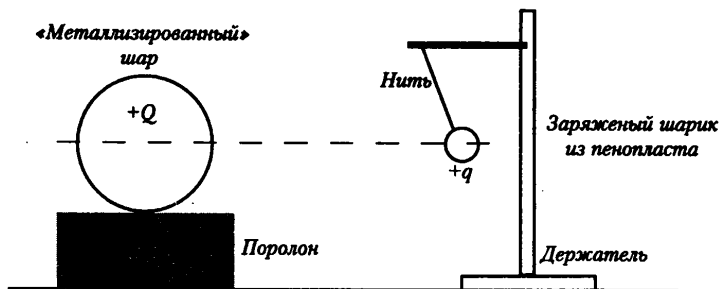


Рис. 169

5. С помощью второго и третьего индикаторов убедитесь, что они поворачиваются при перемещении их вокруг шара вдоль направления силовых линий электрического поля.

6. Повернув шар на поролоне, с помощью индикатора убедитесь, что картина расположения векторов напряженности поля остается симметричной в «экваториальной» плоскости.

7. Снимите фольгу с пластмассового шарика, зарядите только одну «точку» шарика в «экваториальной» плоскости. Исследуйте картину электрического поля в этом случае. Зарисуйте ее в тетрадь.

8. Оберните фольгой линейку, положите ее на изолятор, как показано на рисунке и зарядите, после чего исследуйте картину поля вдоль линейки. Зарисуйте силовые линии электрического поля.

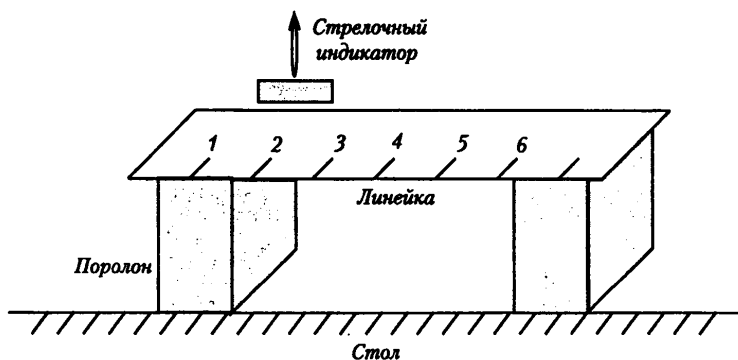


Рис. 170

9. С помощью второго или третьего индикатора проследите, как стрелка реагирует на пронесение мимо нее заряженной пластмассовой ручки. Запишите на-



блюдения. Как меняется поведение стрелки, если между индикатором и заряженной ручкой поместить лист бумаги, кусок целлулоида, плоский лист фольги, зеркальце? Опишите наблюдения.

10. Попросите кого-нибудь подержать заряженную ручку за непрозрачным экраном из бумаги или ткани и с помощью индикатора обнаружьте, в какой точке пространства по другую сторону экрана электрическое поле имеет максимальную напряженность.

11. Оформите выводы.

### Домашнее задание

П. 94, стр260 задачи (4-6).

## Урок 102. Решение задач

*Цель:* научить применять физические законы при решении задач.

### Ход урока

#### I. Повторение изученного

1. Как объясняет взаимодействие электрических зарядов теория поля?
2. Как опытные факты доказывают справедливость теории поля?
3. В чем заключается принцип суперпозиции полей?
4. Зависит ли напряженность поля пробного заряда, помещенного в заданную точку поля?
5. Что называется линией напряженности электрического поля?
6. Могут ли линии напряженности электрического поля касаться друг друга или пересекаться?

#### II. Решение задач

##### Задачи на «3»

1. В плоском, горизонтально расположенном конденсаторе заряженная капля ртути находится в равновесии при напряженности поля между пластинами  $600 \text{ кВ/м}$ . Определить массу капли, если ее заряд  $4,8 \cdot 10^{-17} \text{ Кл}$ . (*Ответ:*  $2,9 \cdot 10^{-12} \text{ кг}$ .)

2. Два точечных одноименных заряда по  $2 \cdot 10^{-10} \text{ Кл}$  находятся на концах гипотенузы длиной  $15 \text{ см}$ . Определить напряженность поля в точке, находящейся на расстоянии  $12 \text{ см}$  от первого и  $9 \text{ см}$  от второго заряда. (*Ответ:*  $255 \text{ Н/Кл}$ .)

3. В двух противоположных вершинах квадрата со стороной  $30 \text{ см}$  находятся отрицательные одинаковые заряды по  $-5 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$  каждый. Найти напряженность поля в двух других вершинах квадрата. (*Ответ:*  $700 \text{ Н/Кл}$ .)

4. В однородном поле с напряженностью  $40 \text{ кВ/м}$  находится заряд  $27 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$ . Найти напряженность результирующего поля на расстоянии  $9 \text{ см}$  от заряда в точке, лежащей на прямой, проходящей через заряд и перпендикулярной линиям напряженности. (*Ответ:*  $50 \text{ кН/Кл}$ .)

##### Задачи на «4»

1. Два заряда по  $2 \cdot 10^{-10} \text{ Кл}$  находятся в воздухе на расстоянии  $20 \text{ см}$  друг от друга. Найдите напряженность поля на расстоянии  $15 \text{ см}$  от обоих зарядов. (*Ответ:*  $119 \text{ Н/Кл}$ .)

2. В трех вершинах квадрата со стороной  $25 \text{ см}$  находятся одинаковые заряды по  $4 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$  каждый. Определить напряженность поля в четвертой вершине. (*Ответ:*  $11 \text{ кН/Кл}$ .)

3. В трех вершинах квадрата со стороной 1 м находятся положительные точечные заряды по  $10^{-7}$  Кл. Определить напряженность поля в центре квадрата. (Ответ: 1,8 кН/Кл.)

4. На какой угол отклонится от вертикали маленький шарик с зарядом  $4 \cdot 10^{-7}$  Кл и массой 4 мг, подвешенный на нити с напряженностью 100 В/м. (Ответ:  $45^\circ$ .)

Задачи на «5»

1. Внутри плоского конденсатора с напряжением поля  $E$  равномерно вращается шарик массой  $m$  с зарядом  $+q$ , подвешенный на нити длиной  $L$ . Угол отклонения нити от вертикали  $\alpha$ . Найдите силу натяжения нити и кинетическую энергию шарика. (Ответ:  $T = \frac{mg + qE}{\cos \alpha}$   $E_k = \frac{(mg + qE) L \sin^2 \alpha}{2 \cos \alpha}$ .)

2. В вершине одного из острых углов ромба со стороной  $a = 2$  м помещен положительный заряд  $q = 3 \cdot 10^{-9}$  Кл, а в вершине одного из тупых углов – положительный заряд  $Q = 9 \cdot 10^{-4}$  Кл. Определить напряженность результирующей энергии поля в четвертой вершине, если меньшая диагональ ромба равна его стороне.

(Ответ:  $E = \frac{k}{a^2}(q + Q) = 27 \text{ В/м}$ .)

Домашнее задание

Повторить п. 88–94.

### Урок 103. Контрольная работа по теме «Силы электромагнитного взаимодействия неподвижных зарядов»

См. раздел «Самостоятельные и контрольные работы»

Ответы к контрольной работе:

	Номер вопроса и ответ			
	1	2	3	4
Вариант 1	Д	Г	Д	А
Вариант 2	Б	Д	В	Б

### Урок 104. Работа сил электрического поля

Цель: доказать, что электростатическое поле потенциально.

#### Ход урока

#### I. Проверка домашнего задания

1. Как обнаружить существование электрического поля?
2. Дайте определение напряженности электрического поля. Какова единица напряженности.
3. Как напряженность электрического заряда зависит от расстояния?
4. Где начинается и где заканчивается линия напряженности электростатического поля?
5. Какое электрическое поле называется однородным?
6. Сформулируйте принцип суперпозиции электростатических полей.

#### II. Физический диктант. Электрическое поле

См. раздел «Самостоятельные и контрольные работы».

Ответы: 1. Вещество, поле. 2. Электростатическим. 3. Заряд. 4. Действие на электрические заряды. 5. Кулоновская. 6. Напряженность электрического поля.

7. Н/Кл = В/м. 8.  $E = q / r^2$ . 9. От  $\leftarrow \rightarrow$  к  $\leftrightarrow$ . 10. Рисунок 175. 11. Увеличится. 12. Уменьшится. 13. Увеличится в 2 раза. 14. Положительный.

### III. Изучение нового материала

При перемещении тока между двумя точками в гравитационном поле работа силы тяжести не зависит от формы траектории его движения. Силы гравитационного и электрического взаимодействия имеют одинаковую зависимость от расстояния, и векторы сил направлены вдоль прямой, соединяющей точечные тела.

Можно предположить, что при перемещении заряда в электростатическом поле из одной точки в другую работа сил электрического поля не зависит от формы (рис. 176).

Пусть  $q$  перемещается в электрическом поле из т. М в т. N по траектории MBN, при этом совершается работа  $A_1$ . Теперь вернем заряд в начальную точку по траектории NCM. Внешние силы должны совершить работу  $A_2$ , а работа поля  $A_2 = -A_1$  тогда  $A_{\text{сумм.}} = A_1 + A_2 = \Rightarrow A_{\text{сумм.}} = 0$ .

Работа электрических сил по любой замкнутой траектории равна нулю.

Пусть заряд  $q$  перемещается в однородном электрическом поле из т. В в т. Д

$$A = F \cdot S \cos \alpha = qEd;$$

$$A'_2 = A_{BC} + A_{CD} = qE \cdot DC \cos 0^\circ + qE_{CD} \cos 90^\circ = qEd;$$

$$E = \frac{kq}{r^2}; \quad A = \frac{kqQ}{r}.$$

Если работа не зависит от формы траектории, то работу можно найти как разность потенциальных энергий в начале и в конце траектории.

$$A = W_{p1} - W_{p2} \quad W = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Qq}{r}$$

### IV. Повторение изученного

1. Что понимают под работой электрического поля?
2. Как понимать выражение «электрическое поле потенциально»?
3. Какие поля называют потенциальными?
4. Как связано изменение потенциальной энергии с работой?
5. Чему равна потенциальная энергия заряженной частицы в однородном поле?
6. От чего зависит работа по перемещению заряда из одной точки поля в другую?
7. Чему равна работа по перемещению заряда по замкнутому контуру?
8. Напишите формулу работы по перемещению заряда в электрическом поле.

Домашнее задание

П. 98.

## Урок 105. Потенциал электрического поля

Цель: дать понятие потенциала электрического поля.

### Ход урока

#### I. Повторение изученного

1. Почему движение заряда в однородном электростатическом поле аналогично движению тела в гравитационном поле?

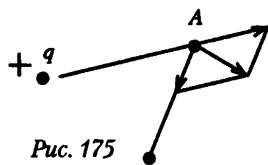


Рис. 175

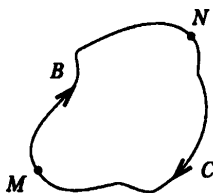


Рис. 176

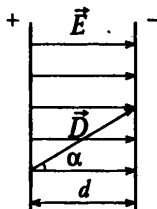


Рис. 177

2. Почему электростатическое поле потенциально?

3. Чему равна потенциальная энергия двух зарядов, находящихся на некотором расстоянии друг от друга?

*Объясните эксперименты:*

1. Возьмите из набора по электролизу стакан и крышку с двумя закрепленными медными электродами. Клейма крышки соедините проводниками с полюсами электрофорной машины. Заполните стакан дымом, опустите незаряженные электроды в стакан, и затем достаньте их. Дым сохранится в стакане.

Зарядите электрофорную машину и электроды, опустите в стакан с дымом. Дым в стакане исчезнет. Как это объяснить? (*Ответ:* Частицы дыма, находятся в электрическом поле, электризуются. Под действием сил электрического поля они перемещаются к электродам.)

2. Как опытным путем определить знак на одном из полюсов электрофорной машины? (*Ответ:* Полюс электрофорной машины следует соединить с электрометром. Зарядив его, убираем проводник с помощью изолятора. Затем, наэлектризуем палочку из органического стекла о газету, поднесем ее к электрометру. Если угол отклонения стрелки уменьшается, то полюс имеет отрицательный заряд, и наоборот.)

## II. Изучение нового материала

Электростатическое поле консервативно и работа по перемещению заряда равна разности потенциалов энергий в начале и в конце траектории. Силовой характеристикой электрических полей является напряженность.

Введем электрическую характеристику электрического поля – потенциал.

$$\varphi = \frac{W_D}{q}; \quad \varphi = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r}.$$

Потенциалом электрического поля в данной точке называется отношение потенциальной энергии, которой обладает пробный заряд, помещенный в данную точку поля, к этому заряду. Тогда:  $A = q(e_1 - e_2)$ .

В международной системе единиц, единицей потенциала служит [В] вольт.

1В – это разность потенциалов двух точек электрического поля, при переходе между которыми заряда в 1 Кл поле совершает работу 1 Дж.

Поверхность, во всех точках которой потенциал электрического поля имеет одинаковые значения, называется эквипотенциальной поверхностью.

Между двумя любыми точками на эквипотенциальной поверхности разность потенциалов равна нулю, поэтому работа сил электрического поля при любом перемещении заряда эквипотенциальной поверхности равна нулю. Значит, вектор силы  $\vec{F}$  перпендикулярен вектору перемещения. Линии напряженности электростатического поля перпендикулярны эквипотенциальной поверхности.

Эквипотенциальными поверхностями точечного заряда являются сферы, в центре которых расположен заряд.

Потенциал – величина скалярная. Если в некоторой точке пространства двумя зарядами одновременно созданы электрические поля с потенциалом  $e_1$  и  $e_2$ , то потенциал результирующего электрического поля равен алгебраической сумме потенциалов  $e_1$  и  $e_2$ :  $e = e_1 + e_2$

### III. Закрепление изученного

1. Что называется потенциалом электрического поля?
2. Какая формула выражает смысл этого понятия?
3. Что называют разностью потенциалов между двумя точками поля?
4. Какая формула выражает смысл этого понятия?
5. В каких единицах измеряют потенциал и разность потенциалов?
6. По какой формуле находится потенциал электростатического поля точечного заряда?
7. Какие поля называют эквипотенциальным?
8. Какая формула выражает связь напряженности и разности потенциалов в произвольном электрическом поле? В однородном?

### IV. Решение задач

1. Поле образовано точечным зарядом  $q = 1,2 \cdot 10^{-7}$  Кл. Какую работу совершает поле переносе одноименного заряда  $1,5 \cdot 10^{-10}$  Кл из точки В, удаленной от заряда  $q$  на расстояние 0,5 м, в точку А, удаленную от  $q$  на расстояние 2 м? Среда – воздух.

Дано:

$$q = 1,2 \cdot 10^{-7} \text{ Кл}$$

$$q_1 = 1,5 \cdot 10^{-10} \text{ Кл}$$

$$r_B = 0,5 \text{ м}$$

$$\epsilon = 1$$

$$k = 9 \cdot 10^9 \text{ Нм}^2/\text{Кл}$$

Найти: А – ?

Решение:

Сделайте чертеж

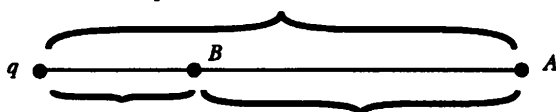


Рис. 178

Работа поля при переносе заряда  $q_1$  по любому пути

из точки В в точку А определяется по формуле:

$$A = q_1 (\varphi_B - \varphi_A)$$

Диэлектрическая проницаемость воздуха  $\epsilon = 1$ , поэтому потенциалы точки А и В:

$$\varphi_A = k \frac{q}{r_A} \quad \varphi_B = k \frac{q}{r_B}$$

$$\text{Тогда работа поля: } A = q_1 \left( k \frac{q}{r_B} - k \frac{q}{r_A} \right) = q_1 k q \left( \frac{1}{r_B} - \frac{1}{r_A} \right)$$

Вычислим значение работы:

$$A = 1,5 \cdot 10^{-9} \cdot 3 \cdot 10^{-3} \cdot 1,2 \cdot 10^{-7} \left( \frac{1}{0,2} - \frac{1}{2} \right) \approx 2,43 \cdot 10^{-7} \text{ Дж}$$

(Ответ:  $A \approx 2,43 \cdot 10^{-7}$  Дж = 0,243 мДж.)

2. Пылинка массой  $10^{-8}$  висит между пластинками плоского воздушного конденсатора, к которому приложено напряжение 5 кВ. Расстояние между пластинками 5 см. Каков заряд пластины? (Ответ:  $q = 9,8 \cdot 10^{-16}$  Кл.)

3. Два заряда по 6 нКл находятся на расстоянии 100 см друг от друга. Какую работу надо совершить, чтобы сблизить их до расстояния 50 см? (Ответ:  $A_{\text{нн}} = 3,24 \cdot 10^{-7}$  Дж.)

4. Какую скорость приобретает электрон, пролетевший ускоряющую разность потенциалов  $10^4$  В? (Ответ:  $v \approx 6 \cdot 10^7$  м/с.)

Домашнее задание

П. 99, с. 260, задачи (6-7).

## Урок 106. Электрическое поле в веществе

*Цель:* разделить все вещества по уровню подвижности заряженных частиц.

### Ход урока

#### I. Проверка домашнего задания

1. Какие общие закономерности имеют место в законах гравитационного и электрического взаимодействия?
2. Что называется потенциалом электрического поля?
3. Как связана работа при перемещении заряда в электростатическом поле с потенциалом начальной и конечной точек траектории?
4. Что такое эквипотенциальная поверхность?
5. Как расположены линии напряженности электрического поля по отношению к эквипотенциальным поверхностям?
6. Каково соотношение между напряженностью и потенциалом электростатического поля?

#### II. Физический диктант. Работа сил электростатического поля. Разность потенциалов

См. раздел «Самостоятельные и контрольные работы».

- Ответы:* 1. Потенциальным. 2. От заряда, напряженности, расстоянию. 3. Нет. 4. Потенциал. 5. В вольтах. 6. Да. 7. Дж/Кл. 8. 0. 9. Алгебраически складываются. 10. 0. 11. Разность потенциалов. 12. Вольт. 13. Эквипотенциальными. 14. Перпендикулярно им, в сторону уменьшения потенциала. 15.  $U = E \cdot d$

#### III. Изучение нового материала

На силу взаимодействия между заряженными частицами существенно влияет среда, в которой они находятся. Согласно закону Кулона в среде сила взаимодействия всегда меньше, чем в вакууме. Любая среда ослабляет напряженность поля.

Все вещества по уровню подвижности заряженных частиц делятся на три группы:

1. Проводники.
2. Диэлектрики.
3. Полупроводники.

Подвижность заряженных частиц определяется строением атомов вещества и их взаимным расположением.

*Демонстрация.* Соединим заряженный электрон с незаряженной металлической проволокой. На незаряженном электроскопе появиться заряд.

К проводникам относятся металлы, растительные соли, кислота, влажный воздух, плазма.

*Демонстрация.* Пропускание тока через раствор поваренной соли.

В металлах электроны, потерявшие связь со своим атомом, могут свободно независимо от положительных зарядов перемещаться по металлу.

В растворе солей свободными зарядами являются положительные ионы и отрицательные.

Диэлектрик — вещество, содержащее только связанные заряды.

Свободные заряды в диэлектриках отсутствуют, это хорошие изоляторы.

*Демонстрация.* Соедините кусок дерева (сухого), два электроскопа один из которых заряженный.

*Демонстрация.* Пропускание тока через дистиллированную воду.

К диэлектрикам относятся газы, стекло, фарфор.

Полупроводники — вещества, в которых количество свободных зарядов зависит от внешних условий (температура).

*Демонстрация.* Работы фотоэлемента.

#### IV. Решение задач

1. При перемещении в электростатическом поле заряда 4 Кл электрические силы совершили работу 8 Дж. Найти разность потенциалов. (*Ответ:* 2 В.)

2. Разность потенциалов между двумя заряженными параллельными пластинами равна 100 В, расстояние между пластинами 2 см. Определите напряженность электрического поля между пластинами. (*Ответ:* 5000 В/м.)

3. С какой скоростью движется электрон при ускоряющей разности потенциалов 30 кВ. (*Ответ:*  $10^8$  м/с.)

#### Домашнее задание

Записи в тетради.

### Урок 107. Проводники и диэлектрики в электростатическом поле

*Цель:* рассмотреть свойства проводников и диэлектриков в электростатическом поле.

#### Ход урока

##### I. Проверка домашнего задания

1. На какие группы по уровню подвижности электрических зарядов делятся все вещества?
2. Чем определяется эта подвижность заряженных частиц в среде?
3. Какие заряды называют свободными?
4. Какие вещества называют проводниками?
5. Какие вещества называют диэлектриками?
6. Какие вещества называют полупроводниками?

##### II. Изучение нового материала

###### *Эксперимент 1*

Наэлектризуем эбонитовую палочку и поднесем к одному концу трубы, которая может вращаться. Труба повернется, притягиваясь к заряженной палочке. Почему?

На том конце трубы, который расположен ближе к эбонитовой палочке, появится электрический заряд, противоположный по знаку заряду палочки.

Если на одной части трубы появится под действие электрического поля заряженной палочки положительный заряд, то на другой части должен появиться равный по модулю отрицательный электрический заряд. Проверим.

###### *Эксперимент 2*

Поместите в электрическое поле соединенных одинаковых металлических дисков, и разведите их на некоторое расстояние. Затем каждый диск вынесете из поля и поочередно соедините со стержнем электрометра. При соприкосновении первого диска стрелка отклонится, после соприкосновения второго вернется обратно к нулю.

Таким образом, две части металлического тела, разделенного в электрическом поле. Приобрели равные по модулю и разные по знаку заряды.

**Эксперимент 3**

Поднесли к стержню электрометра заряженное тело. Стрелка отклонится. (Электрическое поле вызывает разделение зарядов в стержне.) Накроем стержень полым металлическим шаром и вновь поднесем заряженное тело. Стрелка не отклоняется.

**Вывод:** Электрическое поле внутри полого проводящего шара отсутствует.

Это свойство используется при электростатической защите, когда проводящие оболочки защищают измерительные приборы от воздействия электростатических полей.

В электрическом поле поверхность проводящего тела любой формы является эквипотенциальной. Все точки внутри проводника имеют одинаковый потенциал, равный потенциалу на его поверхности.

**Диэлектрики**

К диэлектрикам относится эбонит, слюда, фарфор.

**Эксперимент 4**

Соедините заряженный и незаряженный электрометры с помощью стеклянной трубки. Заряды не проходят.

**Эксперимент 5**

Установите деревянную линейку на подставку, которая обеспечит ее свободное вращение вокруг вертикальной оси. Выполним такой же опыт, как и с металлической трубкой и заряженной палочкой. Что видим?

Незаряженные диэлектрики притягиваются к заряженным телам.

**Эксперимент 6**

Проведем аналогичный эксперимент по разделению диэлектрика в электрическом поле.

Возьмем два деревянных диска, соединим их, затем разъединим в электрическом поле и поочередно коснемся электроскопа. Что обнаружим?

Обе части нейтральные. В электрическом поле происходит поляризация диэлектриков, т. е. смещение в противоположные стороны разноименных зарядов, входящих в состав атомов и молекул вещества. На поверхности диэлектрика возникают связанные заряды, неспособные свободно перемещаться по диэлектрику.

Вектор  $\vec{E}_n$  электрического поля, создаваемого связанными зарядами на поверхности, направлен внутри диэлектрика противоположно вектору  $\vec{E}_0$  внешнего электрического поля.

$$E = E_0 - E_n$$

$$e = E_0 / E - \text{диэлектрическая проницаемость среды.}$$

**II. Повторение изученного**

1. В чем заключается явление электризации проводников в электрическом поле?
2. Почему напряженность электрического поля внутри проводника равна нулю?
3. Какой опыт доказывает отсутствие электрического поля внутри проводника?
4. Каков механизм поляризации диэлектрика?
5. Что называется диэлектрической проницаемостью?

**III. Решение задач**

1. Шарик массой 0,1 г перемещается в электрическом поле из точки А, потенциал которой равен 1000 В, в точку В, потенциал равен нулю. Определите скорость шарика в точке А, если в точке В его скорость 20 м/с. Заряд шарика  $10^{-5}$  Кл.  
(Ответ: 14,1 м/с.)



2. Протон влетает в плоский горизонтальный конденсатор параллельно его пластинам со скоростью 120 км/с. Напряженность поля внутри конденсатора 30 В/см, длина пластин 10 см. С какой скоростью протон вылетает из конденсатора?  $m_p = 1,76 \cdot 10^{-27}$  кг;  $q = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл. (Ответ: 270 км/с.)

3. Капелька масла радиусом 1 мкм, несущая в себе заряд двадцати электронов, находится в равновесии в поле горизонтально расположенного конденсатора, когда к нему приложено напряжение 82 В. Расстояние между пластинками  $d = 8$  мм. Чему равен заряд электрона. Плотность масла 800 кг/м<sup>3</sup>. (Ответ:  $1,63 \cdot 10^{-19}$  Кл.)

4. Электрон с некоторой скоростью влетает в плоский конденсатор параллельно пластинам на равном расстоянии от них. К пластинам конденсатора приложено напряжение 300 В. Расстояние между пластинами  $d = 2$  см. Длина конденсатора  $L = 10$  см. Какова должна быть предельная скорость, чтобы электрон не вылетел из конденсатора?  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$  кг;  $q_e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл. (Ответ:  $3,63 \cdot 10^7$  м/с.)

Домашнее задание

П. 95 и п. 96.

## Урок 108. Электроёмкость уединенного проводника. Электроёмкость конденсатора

Цель: сформировать понятие электроёмкость, доказать практическую значимость конденсатора.

### Ход урока

#### I. Повторение изученного

1. На какие два типа делят молекулы вещества по характеру представленного распределения в них зарядов?
2. В чем проявляется действие внешнего электростатического поля на молекулы полярного диэлектрика?
3. Как действует внешнее электростатическое поле на молекулы полярного диэлектрика?
4. Почему диэлектрик ослабляет электростатическое поле?
5. Чему равен суммарный заряд незаряженного проводника?
6. Чему равна напряженность поля внутри проводника, помещенного в электростатическое поле?
7. Почему электростатическое поле не проникает внутрь проводника?
8. Что называют электростатической защитой?

#### II. Физический диктант. Проводники и диэлектрики в электростатическом поле

См. раздел «Самостоятельные и контрольные работы».

Ответы: 1. Проводники. 2. Свободные электроны. 3. На поверхности проводника. 4. Нет. 5. Да, уменьшают. 6. Нет свободных носителей заряда.

#### Объясните эксперимент

1. Поставьте электрометр на изолятор и зарядите его. Затем соедините шаровой кондуктор электрометра с его корпусом при помощи проводника с эбонитовой ручкой. Почему стрелка приходит в нулевое положение? Если коснуться рукой корпуса электрометра, то стрелка вновь отклонится, правда на меньший угол. Почему? (Ответ: Стрелка отклоняется, если между стрелкой, стержнем и шаровым кондуктором, с одной стороны, и корпусом – с другой, имеется разность по-

тенциалов. После соединения корпуса с кондуктором потенциал их выравнивается и стрелка приходит в нулевое положение. При касании рукой корпуса мы его заземляем. В результате между кондуктором и корпусом возникает разность потенциалов, что и отмечает электрометр.)

### III. Изучение нового материала

Для накопления значительных разноименных электрических зарядов применяются конденсаторы.

Конденсаторы — это система из двух проводников (обкладок), разделенных диэлектриком, толщина которого мала по сравнению с линейными размерами проводников. Плоский конденсатор представляет собой две плоские металлические пластины, разделенные слоем диэлектрика. Напряженность поля между пластинами  $E = \frac{v}{\epsilon\epsilon_0}$ . Физическая величина, определяемая отношением заряда  $q$  к разности потенциалов  $\Delta\epsilon$  между обкладками конденсатора, называется электроемкостью  $C = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2}$ .

Единица электроемкости в системе СИ — фарад  $1\text{Ф} = \frac{1\text{Кл}}{1\text{В}}$ .

Вычислим формулу для электроемкости плоского конденсатора:

$$E = \frac{v}{\epsilon\epsilon_0} = \frac{q}{\epsilon\epsilon_0 S}; \quad \varphi_1 - \varphi_2 = Ed = \frac{qD}{\epsilon\epsilon_0 S}; \quad C = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d}.$$

Электроемкость плоского конденсатора можно увеличить путем увеличения площади обкладок, уменьшая расстояние между ними и применяя диэлектрики с большими значениями диэлектрической проницаемости.

Электроемкость уединенной среды радиусом  $R$ :

$$\varphi = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R}; \quad C = 4\pi\epsilon_0 R.$$

Электроемкость шара зависит от его радиуса и не зависит от заряда на его поверхности.

$1\text{Ф}$  — электроемкость очень большой величины: такой электроемкостью обладает сфера  $9 \cdot 10^6$  км, что в 13 раз превышает радиус Солнца.

*Виды конденсаторов:* воздушный, бумажный, слюдяной, электростатический.

*Назначение:*

1. Накапливать на короткое время заряд или энергию для быстрого изменения потенциала.
2. Не пропускать постоянный ток.
3. В радиотехнике — колебательный контур, выпрямитель.
4. Фототехника.

### IV. Закрепление изученного

1. Для чего предназначены конденсаторы?
2. Как устроен конденсатор?
3. Что называется электроемкостью?
4. В каких единицах выражается электроемкость?
5. От чего зависит электроемкость конденсатора?
6. Для чего пространство между обкладками конденсатора заполняют диэлектриками?
7. Как устроен конденсатор переменной емкости?

**V. Решение задач**

1. Какой емкости конденсатор, если он получил заряд  $6 \cdot 10^{-5}$  Кл, от источника ка 120 В. (Ответ: 0,5 мкФ.)

2. Какой величины заряд сосредоточен на каждой из обкладок конденсатора емкостью 10 мкФ, заряженного до напряжения 100 В? (Ответ: 1 мКл.)

3. Определите толщину диэлектрика конденсатора, емкость которого 1400 пФ, площадь покрывающих друг друга пластин  $14 \text{ см}^2$ , если диэлектрик – слюда  $\epsilon = 6$ . (Ответ:  $5,3 \cdot 10^{-2}$  мм.)

**Домашнее задание**

П. 101, 102, с. 267, задачи (1, 2).

**Урок 109. Энергия электростатического поля**

Цель: определить энергию заряженного конденсатора.

**Ход урока****I. Проверка домашнего задания**

1. Что называется конденсатором?

2. Дайте определение электроемкости.

3. Почему введение диэлектрика увеличивает электроемкость конденсатора?

4. Как зависит электроемкость плоского конденсатора от его геометрических размеров?

5. Во сколько раз увеличивается электроемкость конденсатора при введении диэлектрика?

**II. Физический диктант. Конденсаторы**

Ответы: 1. ...электроемкостью. 2. В фарадах. 3. Конденсатором. 4. Модуль заряда одной из обкладок. 5. Внутри, между обкладками. 6. Увеличиться. 7. Да.

**III. Изучение нового материала****Эксперимент**

Зарядим конденсатор, затем подключим его к выводам электрической лампы. При подключении лампы наблюдается кратковременная вспышка света!

За счет какой энергии произошло нагревание спирали лампы?

В начале опыта суммарный электрический заряд на пластинах конденсатора перед началом опыта был равен нулю, он остается равным нулю и в конце опыта, когда исчезает электрическое поле между обкладками.

Электрическое поле обладает энергией, за счет нее произошла вспышка.

Если на обкладках конденсатора электроемкость  $C$  находит одинаковые по

модулю электрические заряды, то  $\Delta\varphi_0 = \frac{q_0}{C}$ . В процессе разрядки конденсатора убывает от  $\Delta\varphi_0$  до нуля.

$$\Delta\varphi_\varphi = \frac{\Delta\varphi_0}{2} = \frac{q_0}{2C}; \quad A = q_0 \Delta\varphi_\varphi = \frac{q_0 \Delta\varphi_0}{2} = \frac{C \Delta\varphi_0^2}{2}; \quad W_3 = W_0 - Q = A \Rightarrow W_3 = \frac{C \Delta\varphi_0^2}{2}$$

$$\text{или через напряженность } W_3 = \frac{C \Delta\varphi_0^2}{2} = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{2d} \cdot E^2 d^2 = \frac{\epsilon \epsilon_0 E^2}{2} \cdot Sd.$$

Разделим обе части на  $V = S \cdot d$   $\omega = \frac{W_3}{V} = \frac{\epsilon \epsilon_0 E^2}{2}$  – плотность энергии электрического поля, т. е. энергия, содержащаяся в единице объема.

Впервые понятие плотности энергии электрического поля ввел Дж. Максвелл.

#### IV. Закрепление изученного

1. Опишите опыт, доказывающий, что электрическое поле между обкладками заряженного конденсатора обладает энергией?

2. Чему равна энергия заряженного конденсатора?

3. Чему равна плотность энергии электрического поля?

#### V. Соединение конденсаторов.

1. Параллельное соединение (рис. 179):

$$1. q = q_1 + q_2 + q + \dots + q_n$$

$$2. U = U_1 = U_2 = \dots = U_n$$

$$3. C_{об} = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$

2. Последовательное соединение (рис. 180):

$$1. U = U_1 + U_2 + \dots + U_n$$

$$2. q = q_1 = q_2 = \dots = q_n$$

$$3. \frac{1}{C_{об}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

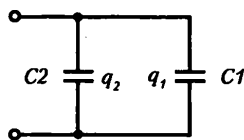


Рис. 179

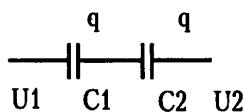


Рис. 180

#### VI. Решение задач

1. Определите емкость конденсатора, для изготовления которого использовали ленту алюминиевой фольги длиной 157 см и шириной 90 мм. Толщина парафиновой бумаги 0,1 мм. Какая энергия запасена в конденсаторе, если он заряжен до рабочего напряжения  $4 \cdot 10^2$  В? (Ответ:  $C = 25 \cdot 10^{-3}$  мкФ,  $W = 2$  мДж.)

2. Два шара, заряды которых  $20 \cdot 10^{-8}$  Кл и  $10^{-7}$  Кл, емкостями 2 пФ и 3 пФ, соединили проводниками. Определить заряды шаров после их соединения. (Ответ:  $q_2 = 18 \cdot 10^{-8}$  Кл,  $q_1 = 12 \cdot 10^{-8}$  Кл.)

3. Какую работу необходимо совершить для удаления диэлектрика с диэлектрической проницаемостью 6 из конденсатора, заряженного до разности потенциалов 1000 В. Площадь пластин  $10 \text{ см}^2$ , расстояние между ними 2 см. (Ответ: При отклонении от источника  $6,6 \cdot 10^{-6}$  Дж, при подключении к источнику  $-1,1 \cdot 10^{-6}$  Дж.)

4. Воздушный конденсатор емкостью 250 мФ подключен к источнику, разностью потенциалов 100 В. Вычислите энергию конденсатора. Как изменится энергия конденсатора при заполнении пространства между пластинами веществом с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon = 20$ ? (Ответ:  $1,25 \cdot 10^{-6}$  Дж,  $2,5 \cdot 10^{-6}$  Дж.)

#### Домашнее задание

П. 103, с. 268, задача 3.

### Урок 110. Решение задач. Конденсаторы

Цель: учить применять физические законы при решении задач.

#### Ход урока

1. Два плоских воздушных конденсатора с одинаковыми емкостями  $C = 10$  пФ соединены последовательно. На сколько изменится емкость конденсаторов, если пространство между пластинами одного из них заполнить диэлектриком с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon = 2$ ? ( $1,7$  нФ)

2. Три последовательно соединенных конденсатора с емкостями  $C_1 = 100$  пФ,  $C_2 = 200$  пФ,  $C_3 = 500$  пФ подключены к источнику тока, который сообщил им за-

ряд  $q=10$  нКл. Найти напряжение на конденсаторах  $U_1, U_2, U_3$ , напряжение источника тока  $U$  и емкость всех конденсаторов  $C_0$  ( $U_1=30$  В,  $U_2=15$  В,  $U_3=6$  В,  $U=51$  В,  $C_0=59$  нФ)

3. Плоский воздушный конденсатор, заряженный до разности потенциалов  $U_0=50$  В, отключен от источника тока. После этого в конденсатор параллельно обкладкам вносят проводящую пластину толщиной  $d_0=1$  мм. Расстояние между обкладками  $d=5$  мм, площади обкладок и пластинок одинаковы. Найти разность потенциалов  $U$  между обкладками конденсатора с проводящей пластиной. ( $U=40$  В)

4. Пространство между обкладками плоского конденсатора заполнено тремя диэлектрическими пластинами равной толщины  $d=2$  мм из стекла ( $\epsilon_1=7$ ), слюды ( $\epsilon_2=6$ ) и парафина ( $\epsilon_3=2$ ). Площади обкладок и пластинок одинаковы и равны  $S=200$  см<sup>2</sup>. Найти емкость  $C$  такого конденсатора. ( $C=90$  нФ)

5. При разрядке батареи, состоящей из  $n=20$  параллельно включенных конденсаторов с одинаковыми емкостями  $C=4$  мкФ, выделилось количество теплоты  $Q=10$  Дж. До какой разницы потенциалов были заряжены конденсаторы. ( $500$  В)

6. Какое количество теплоты  $Q$  выделится при заземлении заряженного до потенциала  $j=3000$  В шара радиуса  $R=5$  см? ( $25$  мкДж)

7. Плоский воздушный конденсатор зарядили до разности потенциалов  $U_0=200$  В, затем конденсатор отключили от источника тока. Какой станет разность потенциалов между пластинами, если расстояние между ними увеличить от  $d_0=0,2$  мм до  $d=0,7$  мм, а расстояние между пластинами заполнить слюдой ( $\epsilon=7$ ). ( $100$  В)

8. Пластины плоского воздушного конденсатора присоединены к источнику тока с напряжением  $U=600$  В. Площадь квадратной пластины конденсатора  $S_0=100$  см<sup>2</sup>, расстояние между пластинами  $d=0,1$  см. Какой ток будет проходить по проводам при параллельном перемещении одной пластины вдоль другой со скоростью  $v=6$  см/с? ( $I=32$  мА)

**Домашнее задание**

П. 103, 102.

## Урок 111. Лабораторная работа «Определение максимальной электроемкости воздушного конденсатора переменной емкости»

*Цель:* научить применять знания по теме «Электроемкость».

*Оборудование:* Воздушный конденсатор переменной емкости; штангенциркуль.

### Ход урока

#### I. Содержание и метод выполнения работы

Определяется максимальная электроемкость воздушного конденсатора переменной емкости.

Конденсатором называют систему двух проводников (обкладок), разделенных слоем диэлектрика, толщина которого мала по сравнению с размерами проводников. Так, например, две плоские параллельные металлические пластины, разделенные слоем диэлектрика (в частности воздуха), образуют плоский конденсатор.

Воздушный конденсатор переменной емкости можно представить как систему параллельно соединенных конденсаторов, число которых на единицу меньше числа пластин. Электроемкость такой системы можно вычислить по формуле:

$$C = \frac{\epsilon_0 S (n-1)}{d}, \text{ где}$$

- C – емкость конденсатора (Ф);
- S – площадь каждой пластины (м<sup>2</sup>);
- e – 8,65 · 10<sup>-12</sup> Ф/м – электрическая постоянная;
- n – число пластин;
- d – расстояние между соседними пластинами (м).

**Ход работы**

1. Подготовьте в тетради таблицу для записи результатов измерений и вычислений.

№ опыта	D, м	S	n	d, м	d <sub>φ</sub> , м	C, Ф

2. Внимательно изучите устройство воздушного конденсатора переменной емкости. Убедитесь, что его емкость максимальна в положении, когда пластины полностью задвинуты.

3. Измерьте штангенциркулем диаметр одной пластины D и вычислите ее площадь  $S = \frac{\pi d^2}{4}$ .

4. Подсчитайте число пластин n.

5. Измерьте зазор d<sub>1</sub> между двумя соседними пластинами штангенциркулем, затем измерьте еще четыре зазора d<sub>2</sub>, d<sub>3</sub>, d<sub>4</sub>, d<sub>5</sub>.

Вычислите  $d_{\phi} = \frac{d_1 + d_2 + d_3 + d_4 + d_5}{5}$ .

6. Вычислите емкость:  $C = \frac{\epsilon_0 C(n-1)}{d_{\phi}}$ .

7. Оцените погрешность проведенных измерений и сделайте вывод.

**Дополнительное задание:**

Сравните вычисленную емкость с паспортными данными прибора. Как вы думаете, при наших измерениях допущена небольшая погрешность? Как можно было избежать ошибки в измерениях?

**Контрольные вопросы:**

1. Какие типы конденсаторов вы знаете?
2. Предложите способ определения емкости воздушного конденсатора переменной емкости с помощью электроизмерительных приборов.

**Домашнее задание**

П. 103, 102.

**Урок 112. Контрольная работа по теме «Энергия электромагнитного взаимодействия неподвижных зарядов»**

(См. раздел «Самостоятельные и контрольные работы».)

Ответы к контрольной работе:

	Номер вопроса и ответ				
	1	2	3	4	5
Вариант 1	Д	Б	Г	А	Д
Вариант 2	Г	В	Г	А	В

## Урок 113. Электрический ток. Сила тока. Условия, необходимые для существования электрического тока

*Цель:* выяснить природу электрического тока; закрепить знания учащихся об условиях возникновения и существования электрического тока.

### Ход урока

#### I. Анализ контрольной работы

#### II. Изучение нового материала

##### *Эксперимент 1*

Заряженный электромметр соединим с таким же, но незаряженным.

Что происходит? Второй электроскоп показывает наличие заряда? Заряд перенесен свободными зарядами – электронами, движущимися по проводнику.

Направленное движение заряженных частиц называется электрическим током.

В металлах свободными являются электроны, в растворах солей, электролитов – положительные и отрицательные ионы и электроны.

*Чтобы существовал электрический ток необходимо:*

1. Наличие свободных заряженных частиц.

2. Наличие электрического поля (поле создают источники тока).

Увидеть электроны (ионы) в проводнике невозможно. Как же можно обнаружить электрический ток? Ток обнаруживается по действию, которое он производит.

##### **Тепловое действие тока**

##### *Эксперимент 2*

Присоединим к полюсам источника тока железную или никелиновую проволоку. Проволока нагреется и удлинится, слегка провиснет. Ее можно раскалить до красна.

##### **Химическое действие тока**

##### *Эксперимент 3*

В сосуд с электролитом, в качестве которого используем  $\text{CuSO}_4$ , опустили два угольных электрода и подключили их к источнику тока. При этом обнаружили, что катод постепенно покрывается красным слоем меди, а на аноде выделяется пузырьки газа.

##### **Магнитное действие тока**

##### *Эксперимент 4*

На железный гвоздь наматываем медный провод, покрытый изоляционным материалом, а концы провода соединяем с источником тока.

Гвоздь становится магнитом и притягивает небольшие железные предметы: булавки, железные опилки.

##### **Механическое действие тока**

##### *Эксперимент 5*

На рамку навьем несколько витков медного провода. Концы обмотки присоединим к полюсам источника тока. Помещаем рамку между полюсами магнита, она начинает поворачиваться.

##### **Физиологическое действие тока**

При прохождении через живой организм ток вызывает сокращение мышц.

Если в цепи устанавливается электрический ток, это означает, что через поперечное сечение проводника все время переносится электрический заряд. Заряд, перенесенный в единицу времени, служит основной количественной характеристикой тока, называется силой тока:  $I = \Delta q / \Delta t$ .

Сила тока – величина скалярная. Она может быть как  $I > 0$ , если направление тока совпадает с условно выбранным положительным направлением вдоль проводника, в противном случае  $I < 0$ .

Пусть проводник имеет сечение площадью  $S$ , в объеме ограниченном 1 и 2 содержится  $N = nS\Delta l$  частиц с общим зарядом  $q = q_0 N$ ,  $q = q_0 nS\Delta l$ ,  $q_0$  – заряд одной частицы. Если частица движется со средней скоростью  $v$ , то  $\Delta t = \Delta l / v$ ;  $I = q_0 nSv$ .

Найдем скорость перемещения электронов в металлическом проводнике:  $v \approx 7 \cdot 10^{-5}$  м/с. Она достаточно мала.

Для создания и поддержки упорядоченного движения частиц необходима сила, действующая на них в определенном направлении. Если сила перестанет действовать, то упорядоченное движение заряженных частиц прекратится из-за сопротивления:  $F = qE$ .

Именно электрический ток внутри служит причиной, вызывающей и поддерживающей упорядоченное движение, если внутри проводника имеется электрическое поле, то между концами проводника существует разность потенциалов:  $E = U / \Delta d$ .

Если разность потенциалов не меняется во времени, то устанавливается постоянный электрический ток.

### III. Закрепление изученного

1. Что такое электрический ток?
2. Что нужно создать в проводнике, чтобы в нем существовал ток?
3. Как можно наблюдать химическое действие тока?
4. Где используется тепловое действие тока?
5. Направление движения каких частиц в проводнике принято за направление тока?
6. От какого полюса источника тока и к какому принято считать направлением тока?
7. Какой величиной определяется сила тока в электрической цепи?
8. Что принимают за единицу силы тока?
9. Как называется эта величина?

Домашнее задание

П. 104, 105.

## Урок 114. Закон Ома для участка цепи. Сопротивление

### Ход урока

#### I. Повторение изученного

1. Что такое электрическое напряжение (разность потенциалов)?
2. По какой формуле находится напряжение?
3. Как называется прибор для измерения напряжения?
4. Какими правилами следует руководствоваться при включении вольтметра в цепь?

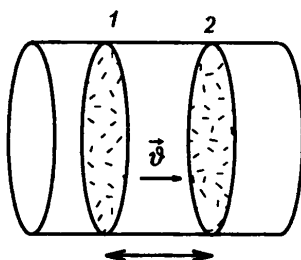


Рис. 182



## II. Изучение нового материала

Для существования тока в проводнике необходимо создать разность потенциалов на его концах. Сила тока определяется этой разностью потенциалов. Чем больше напряженность электрического поля в проводнике, тем большую скорость направленного движения приобретают заряженные частицы.

Для каждого проводника – твердого, жидкого и газообразного существует определенная зависимость силы тока от приложенной разности потенциалов на концах проводника.

Такая зависимость называется вольт-амперной характеристикой проводника. Наиболее простой вид имеет характеристика металлических проводников и растворов электролитов. Впервые (для металлов) ее установил Георг Ом, поэтому зависимость силы тока от напряжения носит название закона Ома.

$$I = U/R$$

### Эксперимент 1

Соберем цепь (рис. 183). Резистор представляет собой кусок проволоки. Запомним показания амперметра.

Заменим резистор на кусок проволоки из другого материала такой же длины и той же площади поперечного сечения. Показания изменились. Напряжение оставалось неизменным. Сила тока зависит от свойств проводника. Разные проводники обладают различными сопротивлениями. Видно, что сопротивление зависит от материала, из которого изготовлен проводник.

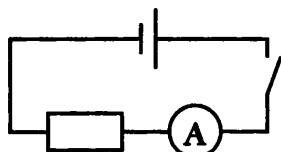


Рис. 183

### Эксперимент 2

Собираем схему как в предыдущем опыте, но вместо резистора по очереди включаем в цепь железные проволоки разной длины, но с одинаковой площадью поперечного сечения. Сопротивление зависит от длины проводника.

### Эксперимент 3

Та же схема, что и в предыдущих опытах. В качестве резистора по очереди включают два куска железной проволоки равной длины, но с разной площадью поперечного сечения. Сопротивление зависит от площади поперечного сечения проводника  $R = r l / S$ .

## Лабораторная работа

### «Определение удельного сопротивления проводника»

**Оборудование:** проволока из материала с неизвестным сопротивлением, источник постоянного напряжения, амперметр, вольтметр, штангенциркуль, ключ, линейка, соединительные провода.

#### Ход работы

1. Решите задачу:

Чему равно удельное сопротивление провода длиной  $l$  и диаметром  $d$ , если при напряжении  $U$  через него идет ток  $I$ .

2. Соберите цепь (рис. 184).

3. Измерьте значение величин, необходимых для определения удельного сопротивления.

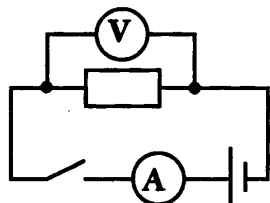


Рис. 184

4. Воспользовавшись формулой, полученной в начале данной работы, вычислите удельное сопротивление проводника.

5. По таблице определите материал, из которого изготовлен проводник.

### Домашнее задание

Повторить п. 106 стр. 285 (1-2).

## Урок 115. Лабораторная работа

### 1-й уровень

*Цель:* научиться определять удельное сопротивление проводника:

- научиться получать рабочую формулу для расчета удельного сопротивления проводника;
- познакомиться с приборами к данной лабораторной работе;
- научиться собирать электрическую цепь по готовой схеме;
- научиться вычислять среднее значение экспериментальных данных;
- научиться сравнивать полученное экспериментальное значение удельного сопротивления проводника с табличными данными и определять материал, из которого сделан проводник.

*Приборы и материалы:* амперметр, вольтметр, лента измерительная, источник тока, проволока известного сечения ( $0,2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$ ) и длиной 65–70 см из материала с большим удельным сопротивлением, металлические наконечники, ключ, соединительные провода.

#### Указания к работе

1. Запишите исходные формулы для расчета удельного сопротивления проводника, заполните пропуски:

$$R = \rho \frac{\dots}{S}; \quad I = \frac{\dots}{R}.$$

2. Получите *рабочую формулу* для расчета удельного сопротивления проводника, заполните пропуск:  $\rho = \frac{\dots \cdot S}{I \cdot l}$ .

3. Зарисуйте в тетради схему электрической цепи для измерения удельного сопротивления проводника (рис. 185).

4. Измерьте лентой длину проволоки  $l$  (расстояние между металлическими наконечниками).

5. Соберите цепь, соединив последовательно источник тока, проволоку, амперметр и ключ.

6. Параллельно проволоке подключите вольтметр.

7. Замкнув ключ, измерьте силу тока  $I$  в цепи и напряжение  $U$  на концах проволоки.

8. Вычислите удельное сопротивление по *рабочей формуле*.

9. Разомкните ключ, измените расстояние  $l$  между металлическими наконечниками проволоки и снова измерьте ее длину.

10. Замкнув ключ, измерьте силу тока  $I$  в цепи, напряжение  $U$  на концах проволоки и вычислите ее удельное сопротивление во второй раз.

11. Повторите пункты 9 и 10, проделав опыт и вычисления в третий раз.

12. Рассчитайте среднее значение экспериментально полученного удельного сопротивления по формуле:  $\rho_{\text{ф}} = \frac{\rho_1 + \rho_2 + \rho_3}{3}$ .

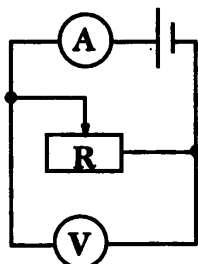


Рис. 185

13. Сравните среднее экспериментальное значение удельного сопротивления проводника с табличными, запишите вывод, укажите, из какого материала изготовлена проволока.

№ опыта	Длина проволоки $l$ , м	Площадь поперечного сечения $S$ , м <sup>2</sup> (дается)	Сила тока $I$ , А	Напряжение $U$ , В	Экспериментальное значение $\rho$ , Ом · м	Среднее экспериментальное значение $\rho$ , Ом · м	Табличное значение $\rho_{\text{таб}}$ , Ом · м
1							
2							
3							

### 2-й уровень

**Цель:** научиться определять удельное сопротивление проводника, установить количественную зависимость электрического сопротивления от длины проводника:

- научиться получать рабочую формулу для расчета удельного сопротивления проводника;
- познакомиться с приборами к данной лабораторной работе, научиться пользоваться микрометром или штангенциркулем;
- научиться составлять схему и собирать электрическую цепь;
- научиться вычислять среднее значение экспериментально полученной величины;
- научиться сравнивать полученное экспериментальное значение удельного сопротивления проводника с табличным и определять материал, из которого сделан проводник;
- научиться анализировать экспериментальные данные и выявлять количественные зависимости.

**Приборы и материалы:** амперметр, вольтметр, лента измерительная, микрометр или штангенциркуль, источник тока, проволока из материала с большим удельным сопротивлением длиной 65–70 см и диаметром около 0,5 мм, металлические наконечники, ключ, соединительные провода.

#### Указания к работе

1. Запишите исходные формулы для расчета удельного сопротивления проводника, заполнив пропуски:

$$S = \frac{\pi \cdot \dots}{4}; \quad R = \rho \frac{\dots}{S}; \quad I = \frac{\dots}{R}.$$

2. Получите *рабочую формулу* для расчета удельного сопротивления проводника, заполнив пропуски:  $\rho = \frac{\dots \cdot S}{I \cdot l}$ .

3. Составьте и зарисуйте в тетради схему электрической цепи для измерения удельного сопротивления проводника.

4. Измерьте микрометром или штангенциркулем диаметр проволоки  $d$ , вычислите площадь поперечного сечения проволоки  $S$ .

5. Измерьте лентой длину проволоки  $l$  (между металлическими наконечниками).

6. Соберите цепь, соединив последовательно источник тока, проволоку, амперметр и ключ.

7. Параллельно проволоке подключите вольтметр.

8. Замкнув ключ, измерьте силу тока  $I$  в цепи и напряжение  $U$  на концах проволоки. Рассчитайте электрическое сопротивление  $R$  проволоки.

9. Вычислите удельное сопротивление  $\rho$  по *рабочей формуле*.

10. Разомкните ключ, измените расстояние  $l$  между наконечниками и измерьте длину проволоки во второй раз.

11. Замкнув ключ, измерьте опять силу тока  $I$  в цепи и напряжение  $U$  на концах проволоки; вычислите сопротивление проволоки  $R$  и ее удельное сопротивление  $\rho$  во второй раз.

12. Повторите п. 10, 11, проделав опыт в третий раз.

13. Рассчитайте среднее значение экспериментально полученных значений удельного сопротивления по формуле:  $\rho_{\text{ср}} = \frac{\rho_1 + \rho_2 + \rho_3}{3}$ .

14. По данным таблицы постройте график зависимости  $R(l)$ .

15. Сравните среднее экспериментальное значение удельного сопротивления проволоки с табличными данными, укажите, из какого материала изготовлена проволока, проанализируйте график зависимости  $R(l)$ , запишите вывод.

### 3-й уровень

*Цель.* Научиться определять удельное сопротивление проводника, установить количественную зависимость электрического сопротивления от длины проводника:

- научиться получать *рабочую формулу* для расчета удельного сопротивления проводника;
- познакомиться с приборами, необходимыми для выполнения данной лабораторной работы; научиться пользоваться микрометром или штангенциркулем; научиться пользоваться омметром для измерения электрического сопротивления;
- научиться составлять схему и собирать электрическую цепь;
- научиться вычислять среднее значение экспериментально полученных данных;
- научиться сравнивать полученное экспериментальное значение удельного сопротивления проводника с табличным, определять материал, из которого сделан проводник;
- научиться анализировать экспериментальные данные и выявлять количественные зависимости;
- вычислять абсолютную и относительную погрешности измерения.

*Приборы и материалы:* амперметр с погрешностью  $D_A = 0,1$  А, вольтметр с погрешностью  $D_B = 0,25$  В, лента измерительная, микрометр погрешностью  $D_{\mu} = 0,05$  мм или штангенциркуль погрешностью  $D_{\text{ш}} = 0,1$  мм, источник тока, проволока длиной 65–70 см и диаметром около 0,5 мм из материала с большим удельным сопротивлением, металлические наконечники, ключ, соединительные провода, омметр.

№ опыта	Длина проволоки $l$ , м	Площадь поперечного сечения $S$ , м <sup>2</sup> (дается)	Сила тока $I$ , А	Напряжение $U$ , В	Экспериментальное значение $\rho$ , Ом · м	Среднее экспериментальное значение $\rho$ , Ом · м	Табличное значение $\rho_{\text{ср}}$ , Ом · м
1							
2							
3							

**Указания к работе**

1-9. См. соответствующие пункты указаний 2-го уровня.

10. С помощью омметра измерьте электрическое сопротивление  $R^*$  проволоки.11. Разомкните ключ, измените расстояние между металлическими наконечниками проволоки, повторите измерения  $I$ .12. Замкнув ключ, измерьте во второй раз  $I$ ,  $U$  и  $R^*$ , вычислите  $R$  и  $r$ .

13. Повторите п.10-12, проведя измерения и вычисления в третий раз.

14. Рассчитайте среднее значение экспериментально полученного удельного сопротивления по формуле  $\rho_{\text{ф}} = \frac{\rho_1 + \rho_2 + \rho_3}{3}$ .(для дальнейшего расчета погрешности измерений используйте  $R$  расчетное).15. По данным таблицы постройте график зависимости  $R^*(l)$ .

16. Вычислите относительную погрешность измерений

$$\epsilon_p = \epsilon_I + \epsilon_U + \epsilon_d, \text{ где } \epsilon_I = \frac{\Delta I}{I}, \epsilon_U = \frac{\Delta U}{U}, \epsilon_d = \frac{\Delta d}{d}$$

Относительными погрешностями  $\epsilon_p$  и  $\epsilon_I$  в данной работе можно пренебречь.  $\Delta U = D_B$ , если стрелка прибора совпадает с делением шкалы, или  $\Delta U = \Delta_B + C/2$ , где  $C$  – цена деления, если не совпадает. Аналогично:  $\Delta I = \Delta_A$  или  $\Delta I = \Delta_A + C/2$ .

17. Найдите  $\Delta_r = r \cdot \epsilon$ , для каждого опыта.18. Сравните среднее экспериментальное значение удельного сопротивления проволоки с табличными; укажите, из какого материала изготовлена проволока, проанализируйте график зависимости  $R_x(l)$ , запишите результаты измерения в виде:  $p - \Delta p \leq p \leq p + \Delta p$ . Для каждого опыта сделайте вывод.

№ опыта	$l, \text{ м}$	$d, \text{ м}$	$S, \text{ м}^2$	$I, \text{ А}$	$U, \text{ В}$	$R, \text{ Ом}$	$R^*, \text{ Ом}$	$\rho, \text{ Ом} \cdot \text{ м}$	Среднее значение $\rho_{\text{ф}}, \text{ Ом} \cdot \text{ м}$	Табличное значение $\rho_{\text{т}}, \text{ Ом} \cdot \text{ м}$	$\Delta \rho, \text{ Ом} \cdot \text{ м}$
1											
2											
3											

**Домашнее задание**

Повторить п. 107 стр 285 (3).

**Урок 116. Решение задач. Закон Ома для участка цепи****Цель:** научить применять на практике теоретические знания.**Ход урока****Задачи**

1. При протекании постоянного тока силой 3,2 мА через поперечное сечение проводника прошло  $18 \cdot 10^{18}$  электронов. Определить в минутах протекание тока. (15 минут)

2. Общее сопротивление двух последовательно соединенных проводников 5 Ом, а параллельно соединенных – 1,2 Ом. Определите сопротивление каждого проводника. ( $R_1 = 1 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 3 \text{ Ом}$ )

3. Проволока имеет сопротивление 20 Ом. Когда ее разрезали на несколько частей и соединили эти части параллельно, то получили сопротивление 1 Ом. На сколько частей разрезали проволоку. ( $n = 5$ )

4. Два сопротивления  $R_1 = 8 \text{ Ом}$  и  $R_2 = 24 \text{ Ом}$  включены параллельно. Сила тока, текущего через сопротивление  $R_2$ , равна  $25 \text{ мА}$ . Найдите силу тока, текущего через сопротивление  $R_1$ . ( $75 \text{ мА}$ )

5. К источнику тока с напряжением  $200 \text{ В}$  подключили три сопротивления:  $R_1 = 60 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 30 \text{ Ом}$  – параллельно друг другу и  $R_3 = 36 \text{ Ом}$  – последовательно с ними. Определить напряжение на  $R_1$ .

6. Амперметр, включенный последовательно с сопротивлением  $10 \text{ Ом}$  показывает ток  $0,4 \text{ А}$ . Подключенный к тому же сопротивлению вольтметр показывает  $3 \text{ В}$ . Определить внутреннее сопротивление вольтметра. ( $r = 30 \text{ Ом}$ )

7. Найдите распределение сил токов и напряжений в схеме, изображенной на рис. 186, если  $U_{AB} = 100 \text{ В}$ ,  $R_1 = 3 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 2 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = 7,55 \text{ Ом}$ ,  $R_4 = 2 \text{ Ом}$ ,  $R_5 = 5 \text{ Ом}$ ,  $R_6 = 10 \text{ Ом}$ . ( $3 \text{ А}$ ,  $12 \text{ В}$ ,  $6 \text{ А}$ ,  $12 \text{ В}$ ,  $10 \text{ В}$ ,  $27,5 \text{ В}$ ,  $6,25 \text{ А}$ ,  $12,5 \text{ В}$ ,  $2,5 \text{ А}$ ,  $12,5 \text{ А}$ ,  $25 \text{ А}$ ,  $12 \text{ В}$ )

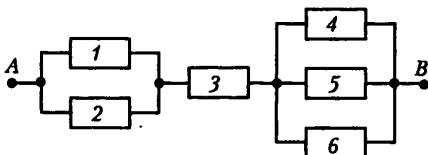


Рис. 186

8. Три резистора  $R_1 = 20 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 20 \text{ Ом}$  и  $R_3 = 5 \text{ Ом}$  подключены к источнику постоянного напряжения (рис. 187). Напряжение на резисторе  $R_2$  равно  $10 \text{ В}$ . Определить силу тока, который будет протекать через резистор  $R_3$  после того, как  $R_2$  и  $R_3$  поменяют местами. ( $0,5 \text{ А}$ )

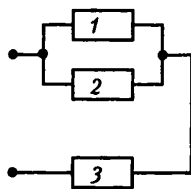


Рис. 187

9. Миллиамперметр с пределом измерения токов  $25 \text{ мА}$  необходимо использовать как амперметр с пределом измерения  $5 \text{ А}$ . Какое сопротивление должен иметь шунт? Сопротивление миллиамперметра  $10 \text{ Ом}$ . ( $R_{ш} = 50,2 \text{ Ом}$ )

10. Предел измерения вольтметра  $100 \text{ мВ}$ . Добавочное сопротивление  $4 \text{ кОм}$ , подключенное к вольтметру, увеличивает предел его измерения до  $400 \text{ мВ}$ . Какое добавочное сопротивление надо подключить к вольтметру, чтобы предел измерения составил  $1,6 \text{ В}$ . ( $R_d = 20 \text{ кОм}$ )

#### Домашнее задание

Повторить п. 107, с. 285 (4).

### Урок 117. Закон Джоуля–Ленца

Цель: выявить закон Джоуля–Ленца исходя из классической электронной теории.

#### Ход урока

#### I. Повторение изученного

1. Что такое электрический ток?
2. Запишите уравнение движения электронов в проводнике с током.
3. Что такое концентрация частиц?
4. Что такое сила тока?
5. Выведите формулу скорости направленного движения электронов.
6. Какой ток называется постоянным?
7. Что можно сказать об электронном поле постоянного тока?

**II. Самостоятельная работа**

(См. раздел «Самостоятельные и контрольные работы».)

Ответы:

I вариант: 1. Б, 2. В, 3. В, 4. Б, 5. А, 6. В.

II вариант: 1. В, 2. В, 3. Б, 4. А, 5. В, 6. Б.

**III. Изучение нового материала**

Проводник, по которому течет ток, нагревается, нагревание объясняется столкновением электронов проводимости со встречными частицами.

$$Q = I^2 R \cdot t.$$

**Домашнее задание**

П. 108, задача 4 на с. 286.

**Урок 118. Решение задач.****Закон Джоуля–Ленца**

Цель: научить применять на практике теоретические знания.

**Ход урока****I. Решение задач**

1. Найти время, в течение которого по проводнику шел постоянный ток, если для переноса заряда в 10 Кл через проводник с сопротивлением 1 Ом потребовалось совершить работу 10 Дж. ( $t=10$  с.)

2. Два проводника сопротивлением 10 Ом и 14 Ом соединены параллельно и подключены к источнику тока. За некоторое время в первом проводнике выделилось 840 Дж теплоты. Какое количество теплоты выделилось за то же время во втором проводнике. (600 Дж)

3. Два сопротивления при последовательном включении в сеть с напряжением 100 В потребляют из сети мощность 40 Вт. При параллельном включении в ту же сеть они потребляют суммарную мощность 250 Вт. Найти величины этих сопротивлений ( $R_1=50$  Ом,  $R_2=200$  Ом).

4. При ремонте плитки ее спираль укоротилась на 0,1 первоначальной длины. Найти отношение начальной мощности плитки к конечной при включении ее в ту же электрическую сеть.

5. Две одинаковые лампочки мощностью 100 Вт каждая, рассчитанные на напряжение 120 В, соединены параллельно. Какое сопротивление надо подключить последовательно с лампочками, чтобы они горели в нормальном режиме при включении в сеть с напряжением 220 В. ( $R=60$  Ом)

6. Если два сопротивления соединить параллельно и включить в сеть с некоторым напряжением, то на одном из них выделится мощность 100 Вт, а на другом – 400 Вт. Какая мощность выделится на каждом из этих сопротивлений, если их последовательное соединение включить в ту же самую сеть.

7. Определить мощность потребляемую электрическим чайником, если в нем за 40 минут нагревается 3 л воды от 20 °С до 100 °С при КПД=60%. (700 Вт)

8. Электрокамин имеет две обмотки. При включении одной из них температура воздуха в комнате повышается на 1°С за 10 минут, при включении другой – через 6 минут. На сколько минут надо включить камин, чтобы повысить температуру на 1°С при параллельном соединении этих обмоток.

9. Электродвигатель трамвая работает при силе тока 108 А и напряжении 500 В. Какова скорость трамвая, если двигатель создает силу тяги 3,6 кН, а КПД=70% ( $v = 10 \text{ м/с}$ )

10. Конденсатор емкостью 10 мкФ заряжается постоянным током через сопротивление  $R=1 \text{ МОм}$ . Через какое время после начала зарядки энергия, запасенная в конденсаторе, станет равной энергии, выделившейся на сопротивлении? ( $t=20 \text{ с}$ )

### Домашнее задание

П. 108, задача 4 на с. 286.

## Вариант урока 118. Работа электрического тока

*Цель урока:* проверить знание формул и теории по теме; применить эти знания при решении задач; познакомиться с юными изобретателями.

### I. Работа с таблицами и взаимоконтроль после их заполнения.

Физическая величина	Обозначение	Формула	Единица в СИ
Сила тока	$I$	$I=q/t$	А
Напряжение	$U$	$U=A/q$	В
Сопротивление	$R$	$R=U/I$	Ом
Закон Ома	—	$I=U/R$	$A=B/\text{Ом}$
Работа эл. тока	$A$	$A=I^2 \cdot t \cdot U$	Дж
Мощность	$P$	$P=U \cdot I$	Вт
Количество теплоты	$Q$	$Q=I^2 \cdot R \cdot t$	Дж

*Подсказка Н. Асочаковой.*

Спираль нагрелась докрасна,  
Хоть и горела недолго она.  
Руку подставь, тепло ощущает,  
Спросишь: «Какое количество тепла спираль выделяет?»  
Найти тебе ответ труда не составляет,  
Из закона Джоуля–Ленца он вытекает.

### II. Работа с текстом

Исправить ошибки в тексте.

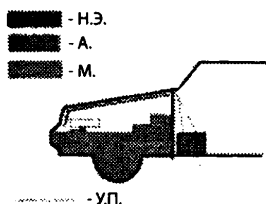
«Оказалось, что электрический ток нагревает проводники, но не все: через растворы кислот, солей и щелочей, где нет кристаллической решётки, электроны проходят беспрепятственно и не передают раствору своей энергии (он не нагревается). Нагревание же металлического проводника зависит, во-первых, от его сопротивления (чем оно меньше, тем больше выделяется в проводнике тепла) и, во-вторых, от силы тока в нём (чем она больше, тем сильнее нагревается проводник). Так, если сила тока возрастает в 2 раза, то и количества теплоты выделится в проводнике в 2 раза больше. К такому выводу пришли одновременно и независимо друг от друга английский учёный Ом и английский учёный Джоуль и русский учёный Ленц.

*Прочитать правильный текст.*

### III. Юные изобретатели

А вот какие приборы можно сделать, зная законы физики и в том числе закон Джоуля–Ленца.



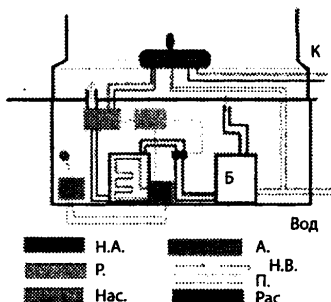


**а) Устройство для облегчения запуска двигателя в зимнее время. Автор А. Фабишевский**

Н.Э. – нагревательный элемент; А. – аккумулятор; М. – мотор; У.П. – устройство подзарядки



**б) Грелка для ушей. Автор Д. Таракановский**  
Б. – батарейки; У.Р. – ушная раковина



**в) Система отопления в частных домах. Автор Л. Руденко**

Н.А. – нагреватель воды; Р. – реле; Нас. – насос; А. – аккумулятор; Н.В. – направление воды; РАК. – раковин

**IV. Подведение итогов**

**Урок 119. Сторонние силы. ЭДС. Закон Ома для полной цепи**  
**Ход урока**

**I. Самостоятельная работа**

(См. раздел «Самостоятельные и контрольные работы».)

Ответы: 1. 1 Ом. 2. 2,14 м. 3. 20 м, 10<sup>-8</sup> м<sup>2</sup>.

**II. Изучение нового материала**

Для того чтобы ток не прекращался, необходимо, чтобы положительные заряды, перемещающиеся на тело В с тела А, вновь возвращались на тело А, а отрицательные возвращались на тело В, на некотором участке замкнутой цепи заряды двигались против действующих на них электростатических сил. Для этого на заряде должны действовать другие силы, направленные противоположно электростатическим силам. Такие силы неэлектростатического происхождения называются сторонними силами. Сторонние силы в различных источниках возникают по разным причинам. Во время работы источника непрерывно перемещаются положительные заряды между электродами от отрицательного полюса к положительному. Чем больший заряд перемещается, тем большая работа совершается.



Рис. 188

Отношение работы сторонних сил к значению положительного заряда, переносимого внутри источника, называют электродвижущей силой источника (ЭДС):

$$\epsilon = \frac{A_{ст}}{q}; \epsilon = [В].$$

Участки электрической цепи, на которых электрический ток создается только электростатическим полем, называют однородным.

$$\text{Закон Ома: } I = \frac{\mathcal{E}}{R+r},$$

$r$  – внутреннее сопротивление источника тока [Ом],

$R$  – внешнее сопротивление цепи [Ом].

ЭДС источника можно измерить, если источник замкнуть на вольтметр,  $R_v$  сопротивление которого значительно больше внутреннего сопротивления, тогда внутренним сопротивлением можно пренебречь.

Если к полюсам источника присоединить проводник, сопротивление которого мало по сравнению с внутренним сопротивлением источника, то произойдет короткое замыкание.  $R = 0$ ;  $I_{\text{кз}} = \frac{\mathcal{E}}{r}$ .

Ток короткого замыкания может достигать порядка от 20 – до 200 А, а иногда и 1000 А. В этом случае может произойти перегрев проводов, пожар здания. Чтобы избежать этого, в цепь включают предохранители.

**III. Повторение изученного**

1. Каково назначение источника тока?
2. Что такое сторонние силы?
3. Что такое ЭДС?
4. Как формулируется закон Ома для участка цепи?
5. Как формулируется закон Ома для полной цепи?
6. Что такое короткое замыкание?

#### IV. Решение задач

1. Батарейка для карманного фонарика замкнута на реостат. При сопротивлении реостата 1,65 Ом напряжение на нем 3,3 В, а при сопротивлении 3,5 Ом – 3,5 В. Найдите внутреннее сопротивление и ЭДС батарейки. (*Ответ:*  $r = 0,2$  Ом;  $\mathcal{E} = 3,7$  В.)

2. Источником тока в цепи служит батарейка с ЭДС – 30 В. Напряжение на зажимах батареи 18 В, а сила тока в цепи 3 А. Определите внешнее и внутреннее сопротивление цепи. (*Ответ:*  $R = 2,0$  Ом;  $r = 4,0$  Ом.)

3. К полюсам источника тока с ЭДС 8 В присоединили проводник сопротивлением 30 Ом. При этом напряжение между концами проводника стало 6 В. Чему равно внутреннее сопротивление источника? (*Ответ:* 10 Ом.)

#### Домашнее задание

П.109, п. 110, Задачи 5-6 на с. 286.

### Урок 120. Решение задач

*Цель:* научить учащихся применять теоретические знания при решении задач.

#### Ход урока

##### I. Повторение изученного

1. Из чего складывается полное сопротивление цепи?
2. Что такое сторонние силы?
3. Какую величину называют электродвижущей силой?
4. Где создаются сторонние поля?
5. Сформулируйте закон Ома для участка цепи.
6. Сформулируйте закон Ома для полной цепи.
7. Чему равна сила тока при коротком замыкании?
8. Сформулируйте законы параллельного и последовательного соединения.

## II. Решение задач

### Задачи на «3»

1. Определите силу тока и падение напряжения на проводнике  $R_1$ , если  $R_1 = 2 \text{ Ом}$ ;  $R_2 = 4 \text{ Ом}$ ;  $R_3 = 6 \text{ Ом}$ ; ЭДС = 4 В;  $r = 0,6 \text{ Ом}$ . (рис. 189)

(Ответ:  $I = 0,8 \text{ А}$ ,  $u = 1,6 \text{ В}$ .)

2. Чему равно общее сопротивление электрической цепи (рис. 190)?

$R_1 = R_2 = 15 \text{ Ом}$ ;  $R_3 = R_4 = 25 \text{ Ом}$ .

(Ответ:  $R = 20 \text{ Ом}$ .)

3. Определите силу тока в проводнике  $R_2$ , если  $R_2 = 9 \text{ Ом}$ ;  $R_1 = 6 \text{ Ом}$ , если ЭДС = 2 В;  $r = 0,4 \text{ В}$  (рис. 191).

(Ответ:  $I = 0,2 \text{ А}$ .)

4. Найти общее сопротивление, если  $R_1 = 8 \text{ Ом}$ ;  $R_2 = 2 \text{ Ом}$ ;  $R_3 = 4 \text{ Ом}$ ;  $R_4 = 6 \text{ Ом}$  (рис. 192).

(Ответ: 5 Ом.)

### Задачи на «4»

1. Какова сила тока в проводнике  $R_3$ , если ЭДС = 3 В, его внутреннее сопротивление 1 Ом.  $R_1 = R_2 = 1,75 \text{ Ом}$ ;  $R_3 = 2 \text{ Ом}$ ;  $R_4 = 6 \text{ Ом}$  (рис. 193).

(Ответ: 0,13 А.)

2. Найти общее сопротивление.  $R_1 = 15 \text{ Ом}$ ;  $R_4 = 8 \text{ Ом}$ ;  $R_2 = 15 \text{ Ом}$ ;  $R_5 = 8 \text{ Ом}$ ;  $R_3 = 15 \text{ Ом}$ ;  $R_6 = 12 \text{ Ом}$  (рис. 194).

(Ответ: 21 Ом.)

3. Определите ЭДС и внутреннее сопротивление источника тока, если при внешнем сопротивлении 3,9 Ом сила тока в цепи 0,5 А, а при внешнем сопротивлении 1,9 Ом сила тока 1 А.

(Ответ: 0,1 Ом; 2 В.)

4. Найдите общее сопротивление, если  $R_1 = 4 \text{ Ом}$ ;  $R_2 = 5 \text{ Ом}$ ;  $R_3 = 4 \text{ Ом}$ ;  $R_4 = 20 \text{ Ом}$ ;  $R_5 = 12 \text{ Ом}$ ;  $R_6 = 4 \text{ Ом}$  (рис. 195).

(Ответ: 19 Ом.)

### Задачи на «5»

1. Найти силу тока на всех резисторах, а также ЭДС источника тока с малым внутренним сопротивлением, если  $R_1 = 7,5 \text{ Ом}$ ;

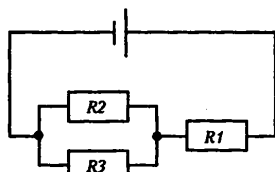


Рис. 189

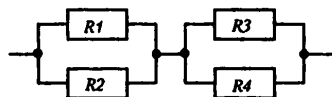


Рис. 190

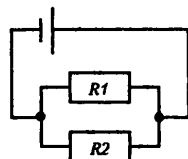


Рис. 191

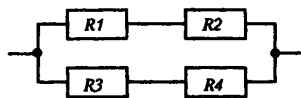


Рис. 192

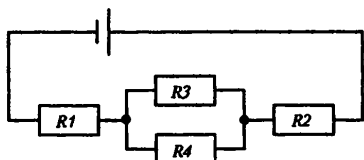


Рис. 193

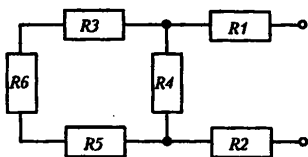


Рис. 195

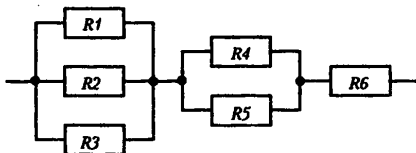


Рис. 194

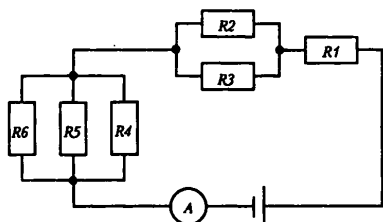


Рис. 196

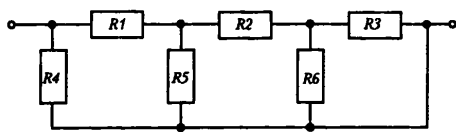


Рис. 197

$R_2 = 4 \text{ Ом}$ ;  $R_3 = 12 \text{ Ом}$ ;  $R_4 = 6 \text{ Ом}$ ;  $R_5 = 3 \text{ Ом}$ ;  $R_6 = 6 \text{ Ом}$ ,  
а показания амперметра  $10 \text{ А}$  (рис. 196).

(Ответ:  $5 \text{ А}$ ;  $15 \text{ В}$ ;  $1,9 \text{ А}$ ;  $2,5 \text{ А}$ ;  $0,6 \text{ А}$ ;  $2,5 \text{ А}$ ;  $7,5 \text{ В}$ ;  $7,5 \text{ В}$ ;  $15 \text{ В}$ .)

2. Найти общее сопротивление (рис. 197):

$R_1 = 0,5 \text{ Ом}$ ;  $R_2 = 1,5 \text{ Ом}$ ;  $R_3 = R_4 = R_6 = 1 \text{ Ом}$ ;  $R_5 = 0 \text{ Ом}$ .

(Ответ:  $1 \text{ Ом}$ .)

3. ЭДС =  $20 \text{ В}$ ;  $r = 1 \text{ Ом}$ ;  $R_1 = 4 \text{ Ом}$ ;  $R_2 = 3 \text{ Ом}$ ;  $R_3 = 12 \text{ Ом}$ ;  $R_4 = 6 \text{ Ом}$  (рис. 198).

Найдите показания вольтметра и амперметра. Рассчитайте силу тока и падение напряжения на каждом из проводников.

(Ответ:  $5 \text{ А}$ ;  $15 \text{ В}$ ;  $1,9 \text{ А}$ ;  $2,5 \text{ А}$ ;  $0,6 \text{ А}$ ;  $2,5 \text{ А}$ ;  $7,5 \text{ В}$ ;  $15 \text{ В}$ .)

4. Найти общее сопротивление (рис. 199).

Сопротивление каждого из проводников по  $1 \text{ Ом}$ .

(Ответ:  $1 \text{ Ом}$ .)

**Домашнее задание**

Задачи 6-7, на с. 286.

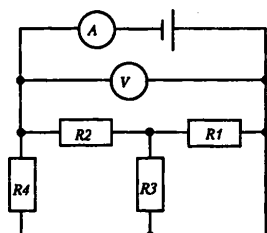


Рис. 198

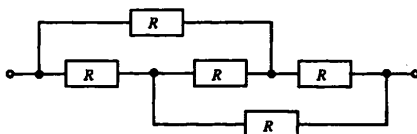


Рис. 199

## Урок 121. Решение задач

**Цель:** научить учащихся применять теоретические знания при решении задач.

### Ход урока

#### I. Повторение изученного

1. Напишите формулу сопротивления однородного проводника постоянного сечения.
2. Чему равна сила тока при коротком замыкании?
3. Сформулируйте закон Ома для участка цепи.
4. Запишите закон Ома для замкнутой цепи.
5. Сформулируйте законы параллельного соединения проводников.
6. Запишите законы последовательного соединения проводников.
7. Чему равна мощность тока в замкнутой цепи?
8. Как находится полезная мощность?
9. По какой формуле можно найти потери мощности в источнике?
10. Чему равен КПД источника тока?

**II. Самостоятельная работа**

(См. раздел «Самостоятельные и контрольные работы».)

*Ответы:* 1. 2 А. 2. 0,75. 3. 3,5 В; 1 Ом

**III. Решение задач**

*Задачи на «3»*

1. Сопротивление платиновой проволоки при температуре  $20^{\circ}\text{C}$  равно 20 Ом, а при температуре  $500^{\circ}\text{C}$  – 59 Ом. Найдите значения температурного коэффициента сопротивления пластины. (*Ответ:* 0,0041)

2. Какую работу совершает двигатель полотера за время, равное 30 мин, если он потребляет в цепи напряжение 220 В, ток силой 1,25 А, а его КПД = 80 %. (*Ответ:* 396 кДж.)

3. Чему равно напряжение на концах проводника, имеющего сопротивление 20 Ом, если за время, равное 10 мин, через него протекает электрический заряд 200 Кл. (*Ответ:* 6,7 В.)

4. Количество теплоты, выделяемое за 54 мин проводником с током, равно 20 кДж. Определите силу тока в проводнике, если его сопротивление равно 10 Ом. (*Ответ:* 2,6 А.)

*Задачи на «4»*

1. ЭДС источника тока равна 1,6 В, его внутреннее сопротивление равно 0,5 Ом. Чему равен КПД источника при силе тока 2,4 А? (*Ответ:* 25 %.)

2. Лифт массой 2 т поднимается равномерно на высоту 20 м за 1 минуту. Напряжение на зажимах электродвигателя равно 220 В, его КПД равен 92 %. Определите силу тока в цепи электродвигателя. (*Ответ:* 32 А.)

3. Подъемный кран поднимает груз массой 8,8 т на высоту 10 м в течение 50 с. Определите напряжение в цепи, если сила тока, потребляемая краном, равна 100 А, КПД = 80 %. (*Ответ:* 220 В.)

4. Вольтметр, рассчитанный на измерение напряжения до 30 В, имеет внутреннее сопротивление 3 кОм. Какое дополнительное сопротивление нужно присоединить к вольтметру, чтобы им можно было измерять напряжение до 300 В. (*Ответ:* 27 кОм.)

*Задачи на «5»*

1. Электровоз массой 300 т спускается вниз с горы со скоростью 72 км/ч. Уклон горы равен 0,01. Коэффициент сопротивления движению равен 0,02, напряжение в линии равно 3 кВ, КПД = 80 %. Определите сопротивление обмотки электродвигателя электровоза. (*Ответ:* 2,4 Ом.)

2. Источник питает внешнюю цепь. При силе тока 2 А во внешней цепи вырабатывается мощность 30 Вт. Определите силу тока при коротком замыкании источника тока. (*Ответ:* 8 А.)

3. Обмотка электродвигателя постоянного тока сделана из провода, сопротивлением 2 Ом. По обмотке течет ток. Какую мощность потребляет двигатель, если известно, что напряжение в сети равно 110 В, сила тока равна 10 А? Каков КПД двигателя? (*Ответ:* 80 %, 1,1 кВт.)

4. ЭДС источника 16 В, его внутреннее сопротивление 3 Ом. Найти сопротивление цепи, если известно, что мощность тока в ней 16 Вт. Определите КПД источника тока. (*Ответ:* 1 Ом и 9 Ом. 25 % и 75 %.)

**Домашнее задание**

Задачи на с. 186.

## Урок 122. Лабораторная работа. Определите ЭДС и внутреннее сопротивление источника тока

**Оборудование:** Источник тока, реостат, амперметр, вольтметр, ключ, соединительные провода.

### Ход работы

1. Решите задачу.

Один и тот же источник тока сначала подключают к одному резистору, а затем – к другому: в первом случае напряжение на полюсах источника равно  $U_1$ , а сила тока в цепи  $I_1$ , во втором случае – соответственно  $U_2$  и  $I_2$ . Чему равны ЭДС и сопротивление источника?

2. Соберите цепь (рис. 200).

3. При двух разных положениях ползунка реостата измерьте значение величин, необходимых для определения ЭДС и внутреннего сопротивления источника.

4. Заполните таблицу:

$I_1$	$U_1$	$I_2$	$U_2$

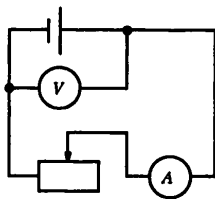


Рис. 200

5. Воспользовавшись формулами, полученными в начале работы, вычислите ЭДС и внутреннее сопротивление источника.

6. Отключите цепь от источника, и с помощью вольтметра измерьте его ЭДС. Измеренное значение сравните с найденным в предыдущем задании.

### Домашнее задание

Задачи 9-10 на с. 286.

## Урок 123. Контрольная работа

(См. раздел «Самостоятельные и контрольные работы».)

**Ответы:**

*I вариант:* 1. 0,375 А. 1,5 В. 2. 672 Вт. 3. 0,2 А; 5,2 В; 4 В. 4. 32 мин. 5. 44 г. 6. 0,26 А. 7\*. 100 кВт.

*II вариант:* 1. 1,35 А. 2,7 В. 2. 77%. 3. 2 А. 3 В. 3,2 В. 4. 12 м/с. 5. 0,88 кг. 6. 2 А. 1 А. 0,5 А. 1 А. 0,5 А. 0,5 А. 6 В. 4 В. 2 В. 2 В. 1,5 В. 0,5 В. 7\*. 8 минут. 50 минут.

## Урок 124. Электрический ток в металлах.

### Электрическая проводимость различных веществ.

### Электронная проводимость металлов

**Цель:** установить различия в условиях существования электрического тока в твердых, жидких и газообразных телах.

### Ход урока

#### I. Анализ контрольной работы

#### II. Изучение нового материала

Для существования электрического тока необходимо два условия – существование электрического поля и свободные заряженные частицы. Мы уже знаем, что в металлах свободными зарядами являются электроны. Познакомились с вольт-амперной характеристикой этих проводников.

Немецкий физик К. Рикке 1901 г. проделал следующий опыт. Три предварительно взвешенных цилиндра (два медных и один алюминиевый) Рикке сложил отшлифованными торцами так, что алюминиевый оказался между медными. Затем цилиндры были включены в цепь постоянного тока: через них в течении года проходил ток. Вторичное взвешивание цилиндров показало, что масса цилиндров не изменялась. При исследовании торцов не было обнаружено проникновение одного металла в другой.

Результаты свидетельствовали о том, что в переносе заряда в металлах ионы не участвуют. Для выявления природы носителей тока в металлах Л.Н. Мандельштам и Н.Д. Папалекси в 1913 г. провели следующий опыт.

Если металлический стержень движется поступательно со скоростью  $v$ , то носители тока в результате их взаимодействия с кристаллической решеткой движутся так же со скоростью  $v$ . При резком торможении стержня носители тока будут продолжать двигаться по инерции. Поэтому в замкнутой цепи появляется кратковременный ток, который обнаруживается с помощью гальванометра. В этих опытах было определено отношение заряда к массе носителей заряда. Зная заряд электрона, можно было определить массу частиц. Она оказалась порядка  $10^{-30}$  кг, что в несколько тысяч раз меньше массы иона.

*Вывод:* носителями могли быть только электроны.

Немецкий физик П. Друзе в 1900 г., опираясь на представление об электрическом токе в металлах как упорядоченном движении свободных электронов между ионами кристаллической решетки под действием внешнего электрического поля, создал теорию электропроводимости металлов. В основе этой теории лежат следующие допущения:

1. Свободные электроны в металлах ведут себя как молекулы идеального газа: «электронный газ» подчиняется законам идеального газа.
2. Движение свободных электронов в металлах подчиняется законам классической механики Ньютона.
3. Свободные электроны в процессе их хаотического движения сталкиваются не между собой, а с ионами кристаллической решетки.
4. При столкновении электронов с ионами электроны передают ионам свою кинетическую энергию полностью.

Эти допущения огрубляют истинную картину явления, не смотря на это, на основе электронной теории и удалось объяснить основные законы электрического тока в металлах.

Построить удовлетворительную количественную теорию движения электронов в металле на основе законов классической механики невозможно. Движение электронов в металле подчиняется законам квантовой физики.

Наряду с металлами хорошими проводниками являются водные растворы или расплавы электролитов.

### *Эксперимент 1*

Пропускание электрического тока через водный раствор поваренной соли. В обычных условиях газ является изолятором, но если газ ионизировать, то он становится проводником.

### *Эксперимент 2*

Электрическая дуга. К двум угольным электродам присоединяют трансформатор типа КАТ, у которого имеются гнезда на 30 В. Сводят уголи до соприкосновения и разводят. Наблюдается горение дуги в воздухе.

Кроме проводников и диэлектриков имеется группа веществ, проводимость которых занимает промежуточное положение между проводниками и диэлектриками. Они получили название полупроводники.

### III. Закрепление изученного

1. В чем заключается опыт Рикке? Какова его основная идея?
2. В чем заключается идея опыта Манделъштама – Папалекси.
3. Каковы основные положения электронной теории электропроводимости металлов.
4. Какие вещества называют полупроводниками?
5. Какие вещества относятся к электролитам?
6. В результате какого процесса газ становится электропроводным?

### Домашнее задание

П. 111, 112.

## Урок 125. Сопротивление проводника

*Цель:* определить, от каких параметров зависит сопротивление проводника. Рассказать о сверхпроводимости.

### Ход урока

#### I. Повторение изученного

1. Почему проводник, по которому идет ток, нагревается?
2. От чего зависит электрическое сопротивление проводника?
2. Сформулируйте закон Джоуля – Ленца.

#### II. Лабораторная работа «Определение теплоемкости твердого тела» (электрическим методом)

##### Ход работы

1. Возьмите твердое тело цилиндрической формы и определите его массу на рычажных весах.
2. Поместите его в войлочный чехол, и установите иммерсионный нагреватель и термометр.
3. Замкните цепь и при помощи реостата добейтесь подходящего значения силы тока и напряжения.
4. Отмерьте температуру, включите секундомер и замкните цепь ключом.
5. Когда произойдет заметное повышение температуры, отметьте время и наивысшую температуру.

$$Q = m c \Delta t$$

$$Q = I U \tau$$

$$m c \Delta t = I U \tau$$

6. Сделайте вывод.

#### III. Изучение нового материала

Сопротивление металлов связано с тем, что электроны движутся в проводнике, взаимодействуют с ионами кристаллической решетки и теряют часть своей энергии, которую они приобретают в электрическом поле, т. к. масса и заряд электрона постоянны, концентрация электронов проводимости в металлах практически не зависит от внешних воздействий, число ударений электронов с ионами зависит от температуры, поэтому удельное сопротивление металлов должно зависеть от температуры.



**Опыт**

В цепь, содержащую батарею аккумуляторов, стальную спираль, последовательно включили лампу. Нагревая спираль при помощи горелки, увидим, что яркость лампы уменьшилась. Уменьшилась сила тока, увеличилось сопротивление.

Заменим стальной проводник на другой. При повышении температуры сопротивление металлов увеличивается приблизительно пропорционально их абсолютной температуре.

Это не единственная трудность классической теории проводимости металлов. Это и другие противоречия разрешила только квантовая физика.

В начале XX века голландский ученый Г. Камеринг – Омнес превратил в жидкое состояние гелий. Температура кипения жидкого гелия 4,12 К.

Исследуя сопротивление ртути, он обнаружил, что при 4,12 К сопротивление упало до нуля.

Это явление потери металлом электрического сопротивления при определенной температуре получило название *сверхпроводимость*. Интерес к явлению возрастал по мере обнаружения материалов, у которых сверхпроводимость наступает при более высокой температуре.

1987 году стали известны материалы, обладающие сверхпроводимостью около 100 К. Исследования в этой области ведутся очень интенсивно, теоретически предсказана возможность получения сверхпроводящих материалов при комнатной температуре, интересно, что такими материалами является простая керамика. В настоящее время научились получать сверхпроводящие пластины и проволоку из этого хрупкого материала.

**Вопросы для повторения**

1. В чем причина зависимости сопротивления проводников от температуры?
2. При включении электронной лампы сила тока в первый момент значительно отличается от силы тока в лампе, когда она начинает светить. Почему?
3. В чем состоит явление сверхпроводимости?

**IV. Решение задач**

1. Электронное сопротивление вольфрамовой нити электрической лампы при температуре 23 °С равно 4 Ом. Найдите электрическое сопротивление нити при 0° С.  $b = 4,8 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$

(Ответ: 3,6 Ом.)

2. Электрическое сопротивление вольфрамовой нити при 0°С равно 3,6 Ом. Найдите электрическое сопротивление при температуре 2700 К.

(Ответ: 45,5 Ом.)

3. Электрическое сопротивление проволоки при 20 °С равно 25 Ом при температуре 60 °С равно 20 Ом. Найдите температурный коэффициент электрического сопротивления.

(Ответ:  $- 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ .)

4. Каков температурный коэффициент электрического сопротивления материала проводника, если при нагревании от 0 °С до 100 °С его электрическое сопротивление увеличилось на 0,1 %? (Ответ:  $10^{-5} \text{ K}^{-1}$ .)

**Домашнее задание**

П. 113, 114.

## Урок 126. Полупроводники

*Цель:* познакомить учащихся с полупроводниками.

### Ход урока

#### I. Анализ контрольной работы

#### II. Изучение нового материала

Многие вещества в кристаллическом состоянии не являются хорошими проводниками электрического тока, как металлы, но их нельзя отнести и к диэлектрикам, т. к. они не являются хорошими изоляторами.

Наиболее характерным свойством полупроводников является, то, что их удельное сопротивление резко изменяется под влиянием некоторых внешних воздействий.

#### *Эксперимент*

Включим кремалевый кристалл при комнатной температуре в цепь, содержащую источник тока и гальванометр. При этом стрелка отклоняется незначительно. Полупроводники обладают большим сопротивлением. Если нагреем, то увидим, стрелка отклонилась на большой угол.

Из таких полупроводников, удельное сопротивление которых резко изменяется с изменением температуры, изготавливают термисторы. (Используют для измерения температуры.)

Сопротивление может изменяться при изменении освещенности, из таких полупроводников делают фоторезисторы.

Было установлено, что электрический ток в полупроводниках не сопровождается переносом вещества – никаких химических изменений с ними не происходит.

Отсюда следует, что носителями тока являются электроны.

В полупроводниках валентные электроды сильнее связаны с атомами. Поэтому концентрация электродов проводимости мала. При низких температурах практически все валентные электроны прочно связаны с атомами, но при внешнем воздействии на кристалл электроны приобретают энергию, достаточную для разрыва ковалентных связей.

У того атома, от которого электрон был переведен в свободное состояние, появилось вакантное место с недостающим электроном. Его называют «дыркой». «Дырка» ведет себя как положительно заряженная частица. Электрон может занять вакантное место, тогда «дырка» образуется в соседнем атоме. Поэтому «дырка» блуждает по кристаллу.

При создании электрического поля «дырки» двигаются в том направлении, куда бы двигались положительные заряды, а электроны в противоположном. В полупроводниках электрический ток создается «дырками» и электронами. Такое движение в кристалле без примесей называют собственной проводимостью.

Проводимость, обусловленная наличием примесей в полупроводнике, называется *примесной проводимостью*.

Примеси, поставляющие электроны проводимости без возникновения равного им количества «дырок», называются *донорными*, в таких кристаллах электроны являются основными носителями тока, но не единственными.

Такие полупроводники *p*-типа.

Примеси, захватывающие электроны и создающие тем самым подвижные «дырки», не увеличивая при этом число электронов, называют *акцепторными*.

Такие полупроводники получили название *p*-типа.

Проводники обладают односторонней проводимостью  $p - n$  перехода контакта двух полупроводниковых кристаллов различного типа проводимости.

Для создания такого перехода нужно создать в кристалле с дырочной проводимостью область электрической проводимости (или наоборот). Такую область создают путем введения в процессе выращивания кристалла, или атомы примеси вводят в готовый кристалл. Через границу, разъединяющую области кристалла с различными типами проводимости, происходит диффузия электронов и «дырок».

Если  $p - n$  переход соединить с источником тока так, чтобы с его положительным полюсом была соединена область с электронной проводимостью, то электроны и дырки удаляются внешним полем от запирающегося слоя в разные стороны, увеличивая его толщину. Сопротивление  $p - n$  перехода велико. Ток мал. Если соединить источник тока так, чтобы положительный полюс был соединен с областью дырочной проводимости, запирающий слой уменьшается. Этот способ называется включением в пропускном или в прямом направлении.

Способность пропускать  $p - n$  переход тока в одном направлении используется в приборах, которые называются полупроводниковыми диодами. Они используются для преобразования переменного тока в постоянный. Достоинства: малые размеры и масса, длительный срок службы, высокая механическая прочность, высокий КПД. Недостаток: не могут работать ниже  $-70^\circ\text{C}$ , при высоких температурах резко ухудшаются рабочие параметры.

Далее открываем учебник с. 239, читаем и записываем о полупроводниковом триоде (транзистор).

*Нужно ответить на следующие вопросы:*

1. Как устроен транзистор?
2. Как включают транзистор в электрическую цепь?
3. На чем основана способность транзистора увеличивать электрические сигналы?

**Домашнее задание**

П. 115–118.

## Урок 127. Термоэлектронная эмиссия. Электровакуумные приборы

*Цель:* сформировать понятие термоэлектронной эмиссии; показать ее практическое применение.

### Ход урока

#### I. Повторение изученного

1. Какие вещества называют полупроводниковыми?
2. Что такое «дырки»?
3. Какие носители тока обеспечивают собственную проводимость полупроводников?
4. Какую примесь называют донорной?
5. Какую примесь называют акцепторной?
6. Что такое электронно-дырочный переход?
7. Опишите процесс создания запирающего слоя.
8. Что такое полупроводниковый диод?
9. Опишите устройство и принцип действия простейшего усилителя.

**II. Самостоятельная работа**

(См. раздел «Самостоятельные и контрольные работы».)

*Ответы:*

*I вариант: 1. Б, 2. Б, 3. Б, 4. В, 5. А, 6. Б.*

*II вариант: 1. А, 2. А, 3. А, 4. В, 5. А, 6. В.*

**III. Изучение нового материала**

Если два электрода поместить в герметичный сосуд и удалить из сосуда воздух, то ток в вакууме не возникнет. В вакууме нет заряженных частиц, они есть в электродах, но они не могут выйти в вакуум, т. к. их удерживают силы кулоновского притяжения друг к другу. Для освобождения электрона с поверхности твердого тела нужно совершить работу против сил электростатического притяжения.

Такая работа называется работой выхода. Т. А. Эдисон обнаружил, что ток может возникнуть, если один из находящихся электродов нагреть до высокой температуры. Явление испускания свободных электронов с поверхности нагретого тела называется термоэлектронной эмиссией. Это явление объясняется тем, что при повышении температуры тела увеличивается кинетическая энергия некоторой части электронов в веществе. Если эта энергия превысит работу выхода, то он может преодолеть силы притяжения и выйти с поверхности тела в вакуум. На этом явлении основана работа электронных ламп.

Простейшей электронной лампой является диод. Он состоит из вакуумного баллона (стеклянного или керамического), двух электродов – анода и катода. Катод – проволочная спираль с двумя выводами для подключения к источнику тока. Второй электрод – анод – металлический диск или цилиндр.

При подключении к источнику тока катод нагревается, и с его поверхности испускаются электроны. Если нет электрического поля, часть электронов достигнет анода. Если поле электрическое есть между электродами, то в цепи течет ток.

Через диод ток может протекать только тогда, когда нить накала является катодом. Поэтому он используется при превращении переменного тока в постоянный.

**IV. Закрепление изученного**

1. Можно создать электрический ток в вакууме?
2. Что препятствует выходу электронов с поверхности тела?
3. Что называется работой выхода?
4. Какими заряженными частицами может создаваться электрический ток в вакууме?
5. Как устроен вакуумный диод?
6. Для чего применяют вакуумный триод?
7. Как устроена электронно-лучевая трубка?

**Домашнее задание**

П. 120, 121.

**Урок 128. Электрический ток в газах. Плазма**

*Цель:* выяснить происхождение электрического тока в газах.

**Ход урока****I. Повторение изученного**

1. Что такое термоэлектронная эмиссия?
2. При каких условиях происходит вылет электрона из вещества?

3. Что такое работа выхода?
4. Как устроен вакуумный диод?
5. Почему вакуумной диод обладает односторонней проводимостью?
6. Как устроена и где применяется электронно-вакуумная трубка?

## II. Самостоятельная работа

(См. раздел «Самостоятельные и контрольные работы».)

*Ответы:* 1. Б, 2. В, 3. Б, 4. В, 5. Б.

### *Эксперимент*

*Ответ:* В результате термоэлектронной эмиссии анод заряжается отрицательно, а катод – положительно. Между ними возникает небольшая разность потенциалов, которая приводит к возникновению тока. С увеличением накала катода большее число электронов достигают анода, что приводит к росту анодного тока.

## III. Изучение нового материала

### *Эксперимент 1*

1. Укрепим две металлические пластины параллельно друг другу, соединим одну со стержнем, а вторую – с корпусом электрометра и сообщим им разноименные заряды. Электрометр не заряжается. Через воздух между пластинами при небольших значениях напряжения электрический ток не проходит.

### *Эксперимент 2*

Внесем в пространство между пластинами пламя спиртовки, и заряженный электрометр быстро зарядится.

Под воздействием пламени газ стал проводником электрического тока.

Явление протекания электрического тока через газ, наблюдаемое только при условии какого-либо внешнего воздействия на газ называется *несамостоятельным электрическим разрядом*.

Повышение температуры газа делает его проводником электрического тока, т. к. нейтральные атомы или молекулы превращаются в ионы. Процесс отрыва электрона от атома называется *ионизацией атома*. Процесс возникновения свободных электронов и положительных ионов в результате столкновения атомов и молекул газа при высокой температуре называют *термической ионизацией*.

Частично или полностью ионизированный газ, в котором плотности положительных и отрицательных ионов практически одинаковы, называется *плазмой*.

Если между электродами постепенно повышать напряжение, то при некотором значении возникает электрический ток, без воздействия внешних ионизаторов. Это *самостоятельный разряд в газе*.

### *Типы самостоятельных разрядов. Техническое применение*

Тлеющий разряд применяется в газоосветительных трубках, неоновых лампах, цифровых индикаторах, лампах дневного света.

Дуговой разряд применяется в ртутных лампах высокого давления, при сварке металлов, в электроплавильных печах.

Искровой разряд, длится тысячные доли секунды при высоком напряжении. Применяется при обработке металлов.

Коронный разряд ( $E = 3000000 \text{ В/м}$ ).

Используется в электрофильтрах для очистки газов от твердых частиц. Отрицательное явление: вызывает утечку энергии на высоковольтных линиях.

**Эксперимент**

Два угольных стержня укрепите к деревянным стержням длиной 300 мм. Дугу подключите к автотрансформатору на 30 В. Деревянными ручками сводите углы. Наблюдается горение дуги в воздухе. Опустив в воду, получите горение в ней.

*Примечание.* Нужно надевать черные очки, или прикрывать глаза красным стеклом.

**IV. Закрепление изученного**

1. Что такое термическая ионизация?
2. Что называется плазмой?
3. Какие причины могут вызывать самостоятельный электрический разряд?
4. Чем отличаются самостоятельный электрический разряд от самостоятельного?
5. Каков механизм развития самостоятельного электрического разряда?

**Домашнее задание**

П. 124, 125.

**Урок 129. Решение задач. Электрический ток в газах, в вакууме**

*Цель:* научить применять на практике теоретические знания.

**Ход урока****I. Решение задач**

1. Сколько пар ионов возникает под действием ионизатора каждую секунду в 1 см<sup>3</sup> разрядной трубки, в которой течет ток насыщения  $2 \cdot 10^{-7}$  мА. Площадь каждого плоского электрода 1 дм<sup>2</sup> и расстояние между ними 5 мм. ( $\approx 2,5 \cdot 10^7$  см<sup>-3</sup>)

2. Какой скорости должны достигнуть электроны к моменту соударений с молекулами, чтобы в азоте началась ионизация ударом? Энергия ионизации молекулы азота 14,5 эВ. ( $2,3 \cdot 10^6$  м/с)

3. Какой должна быть напряженность электрического поля, чтобы при длине свободного пробега 0,5 мкм электрон смог ионизировать атом газа с энергией ионизации  $2,4 \cdot 10^{-18}$  Дж. (30 мВ/м)

4. Электрон, движущийся со скоростью  $1,83 \cdot 10^6$  м/с, влетел в однородное электрическое поле в направлении, противоположном направлению напряженности поля. Какую разность потенциалов должен пройти электрон, чтобы ионизировать атом водорода, если энергия ионизации  $2,18 \cdot 10^{-18}$  Дж? (4,15 В)

5. Максимальный анодный ток в ламповом диоде равен 50 мА. Сколько электронов вылетает из катода каждую секунду? ( $3,1 \cdot 10^{17}$ )

6. В диоде электроны ускоряются до энергии 100 эВ. Какова их минимальная скорость у анода лампы? ( $3,1 \cdot 10^3$  км/с)

7. Скорость движения электронов между электродами в диоде доходит до  $10^4$  км/с, а в металлических проводниках анодной цепи скорость направленного движения электронов не более долей миллиметра в секунду. Одинакова ли сила тока в лампе и в проводниках, составляющих анодную цепь. (Сила тока одинакова)

8. Электронный пучок проходит между пластинами конденсатора путь 50 мм и при этом отклоняется на 10 мм. Какова горизонтальная составляющая скорости электронов, если напряженность электрического поля между пластинами конденсатора 15 кВ/м? ( $5,7 \cdot 10^7$  м/с)

9. Электрон влетает со скоростью  $6 \cdot 10^7$  м/с в плоский конденсатор параллельно его пластинам. Расстояние между пластинами 1 см, длина конденсатора 5 см, разность потенциалов на пластинах 600 В. Найти отклонения электрона сразу за пластинами конденсатора. ( $3,7 \cdot 10^{-3}$  м)

### Домашнее задание

П. 124, 125.

## Урок 130. Электрический ток в электролитах. Закон электролиза

*Цель:* выяснить, какие частицы являются носителями тока в электролитах.

### Ход урока

#### I. Повторение изученного

1. Какие частицы являются носителями тока в газах?
2. Как они получаются?
3. Чем отличается самостоятельный разряд от несамостоятельного?
4. За счет каких факторов поддерживается самостоятельный разряд?
5. Какие виды самостоятельного разряда вы знаете?
6. Что такое плазма?
7. Приведите примеры вещества, находящегося в состоянии плазмы?

#### II. Самостоятельная работа

(См. раздел «Самостоятельные и контрольные работы».)

*Ответы:* 1. Б, 2. В, 3. А, 4. В, 5. Б, 6. В, 7. Б, 8. Г, 9. А

#### III. Изучение нового материала

##### Эксперимент

К источнику тока присоединим последовательно лампу и электролитическую ванну с дистиллированной водой, в которую опущены электроды. Замкнем цепь. Лампа не горит.

Добавим в воду какую-нибудь соль (медный купорос). Лампа загорится.

Рассмотрев угольные электроды, обнаружим характерный красный цвет (медь). При протекании тока через раствор электролитов вместе с зарядом всегда переносится вещество. (Электролиз.) Носителями тока в этих проводниках являются ионы. В растворах электролитов всегда содержится некоторое число ионов. Если тока нет, они движутся беспорядочно, но в электрическом поле положительные ионы – к катоду, отрицательные – к аноду.

Для растворов электролитов справедлив закон Ома.

При электролизе происходит выделение вещества.

$C = \frac{I \Delta t}{m \Delta t}$ , где  $\mu$  – молярная масса;  $n$  – валентность;  $N_i$  – число ионов, достигших электрода;  $m_{oi}$  – масса одного иона;  $q_{oi}$  – заряд одного иона;  $k$  – электрохимический эквивалент и зависит от вещества.

$$m = m_{oi} \cdot N_i; m_{oi} = \frac{\mu}{N_A}; N_i = \frac{\Delta q}{q_{oi}} = \frac{I \Delta t}{q_{oi}}; q_{oi} = n \cdot e; m = \frac{\mu}{ne N_A} I \Delta t; e \cdot N_A = F.$$

$F$  – число Фарадея;

$F = 9,65 \cdot 10^4$  Кл.

Для выделения 1 моля необходимо  $9,65 \cdot 10^4$  Кл.

Отсюда можно найти заряд электрона  $e = \frac{\mu}{m \cdot n N_A} \cdot I \Delta t$

**Применение электролиза**

1. Гальваностегия (никелирование, серебрение).
2. Гальванопластика (изготовление копий) 1838 г. Б. С. Якоби.
3. Электронатирание.
4. Промышленный способ получения кислорода и водорода.
5. Очистка металлов, полученных при выплавке из руды, от прочих примесей.
6. Электрополировка поверхностей.

**III. Повторение изученного**

1. Почему чистая вода не проводит электричество?
2. Почему становится проводником при растворении соли?
3. Что называется электрохимическим эквивалентом?
4. Как можно определить заряд электрона?

**IV. Решение задач**

1. При серебрении изделия на катоде за 30 минут отложилось серебро массой 4,55 г. Определите силу тока при электролизе. (*Ответ:*  $I \approx 2,26$  А.)

2. Сколько никеля выделится при электролизе за 1 час при силе тока 10 А, если известно, что молярная масса никеля 0,0587 кг/моль, а валентность  $n = 2$ ? (*Ответ:* 11 г.)

3. При электролизе раствора  $ZnSO_4$  была затрачена энергия 20 кВт·ч. Определите массу выделившегося цинка, если напряжение на зажимах ванны 4 В. (*Ответ:* 612 г.)

4. Определите массу серебра, выделившегося на катоде при электролизе азотнокислого серебра за время 2 часа, если к ванне приложено напряжение 1,2 В, а сопротивление ванны 5 Ом. (*Ответ:*  $m = 1,9$  г.)

5. Определите толщину слоя меди, выделившейся за 5 часов при электролизе медного купороса, если плотность тока 0,8 А/дм<sup>2</sup>. (*Ответ:*  $h = 5,3 \cdot 10^{-5}$  м.)

**Домашняя работа**

П. 122, задача 7-8 на. 317.

**Урок 131. Решение задач. Электролиз. Законы Фарадея**

*Цель:* научить применять на практике теоретические знания.

**Ход урока****I. Решение задач**

1. Найти постоянную Фарадея, если при прохождении через электролитическую ванну заряд  $q = 7348$  Кл на катоде выделилась масса золота  $m = 5$  г. Химический эквивалент золота  $A = 0,066$  Кг/моль. ( $9,65 \cdot 10^4$  Кл/моль)

2. Амперметр, включенный последовательно с электролитической ванной, показывает ток  $I_0 = 1,5$  А. Какую поправку надо внести в показания амперметра, если за время  $t = 10$  мин на катоде отложилась масса меди  $m = 0,316$  г? Электрохимический эквивалент меди  $k = 3,3 \cdot 10^{-7}$  кг/Кл. ( $0,1$  А)

3. Для серебрения ложек через раствор соли серебра в течение времени  $t = 5$  ч пропускали ток  $I = 1,8$  А. Катодом служат  $n = 12$  ложек, каждая из которых имеет площадь поверхности  $S = 50$  см<sup>2</sup>. Какой толщины слой серебра отложится на ложках? Молярная масса серебра  $m = 0,108$  кг/моль, его валентность  $z = 1$  и плотность  $\rho = 10500$  кг/м<sup>3</sup>. ( $58$  мкм)



4. Найти массу выделившейся меди, если для ее получения электрическим способом затрачено  $W=5$  кВт·ч электроэнергии. Электролиз проводится при напряжении  $U=10$  В. КПД установки 75% (0,445 кг.)

5. Какой заряд проходит через раствор серной кислоты ( $\text{CuSO}_4$ ) за время  $t=10$  с, если ток за это время равномерно возрастает от  $I_1=0$  до  $I_2=4$  А. Какая масса меди выделится при этом на катоде? Электрохимический эквивалент меди  $k=3,3 \cdot 10^{-7}$  кг/Кл. (6,56 мг)

6. При рафинировании меди с помощью электролиза к последовательно включенным электролитическим ваннам, имеющим общее сопротивление  $R=0,5$  Ом, подведено напряжение  $U=10$  В. Найти массу чистой меди, выделившейся на катодах ванны за время  $t=10$  ч, ЭДС = 6 В. Электрохимический эквивалент меди  $k=3,3 \cdot 10^{-7}$  кг/Кл. (95 г)

7. При электролизе воды через электролитическую ванну в течение времени  $t=25$  мин шел ток  $I=20$  А. Какова температура выделившегося кислорода, если он находится в объеме  $V=1$  л под давлением  $p=0,2$  МПа. Молярная масса воды  $m=0,018$  кг/моль. Электрохимический эквивалент кислорода  $k=8,29 \cdot 10^{-8}$  кг/Кл. (312 К)

8. при электролитическом способе получения алюминия на единицу массы расходуется  $W_1=50$  кВт·ч/кг. Электролиз проводится при напряжении  $U_1=16,2$  В. Каким будет расход электроэнергии  $W_2$  на единицу массы при напряжении  $U_2=8,1$  В?

### Урок 132. Лабораторная работа «Определение элементарного заряда методом электролиза»

**Оборудование:** цилиндрический сосуд с раствором медного купороса, медные электроды, весы с гирями, амперметр, источник постоянного напряжения, часы, реостат, ключ, электрическая плитка, соединительные провода.

#### Ход работы

1. Решите задачу.

При пропускании через раствор медного купороса тока  $I$  за время  $t$  на катоде выделились медь массой  $m$ . Масса одного иона меди  $m_1$ , валентность  $n$ . Чему равен элементарный заряд  $e$ ?

2. Используя весы, найдите массу  $m_1$  электрода, который будет катодом.

3. Соберите электрическую цепь (рис. 209).

4. Заполните таблицу:

$m_1$ , кг	$m_2$ , кг	$m$ , кг	$\Delta t$ , с	$I$ , А	$R$ , кг/К	$n$	$m_1, m$
			1200			2	$1,06 \cdot 10^{-25}$

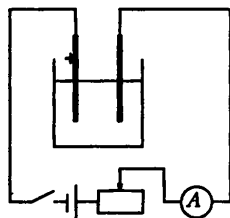


Рис. 209

5. Во время эксперимента старайтесь поддерживать силу тока в цепи постоянной (1 Ф).

6. Перед повторным взвешиванием катода (после окончания электролиза) ополосните его водой и высушите. Масса выделившейся меди будет равна  $m = m_2 - m_1$ .

7. Воспользовавшись формулой, полученной в начале работы, вычислите элементарный заряд.

8. Сделайте вывод.

## **РАЗДЕЛ III**

### **ПОУРОЧНЫЕ РАЗРАБОТКИ ПО ФИЗИКЕ К УЧЕБНИКУ В.А. КАСЬЯНОВА**

## **ВВЕДЕНИЕ**

**Урок 1. Что изучает физика. Органы чувств как источник информации об окружающем мире**  
(См. урок 1, Мякишев)

**Урок 2. Эксперимент. Закон. Теория. Физические модели**  
(См. урок 2, Мякишев)

**Урок 3. Идея атомизма. Фундаментальные взаимодействия**  
(См. урок 3, Громов)

**Урок 4. Симметрия и физические законы**  
(См. урок 27, Громов)

**Урок 5. Единицы физических величин**  
(См. урок 4, Громов)

## **МЕХАНИКА**

### **КИНЕМАТИКА**

**Урок 6. Траектория. Закон движения. Перемещение. Путь**  
(См. урок 3, Мякишев)

**Урок 7. Вектора и линейные операции над ними**  
(См. урок 4, Мякишев)

**Урок 8. Проекция векторов**  
(См. урок 5, Мякишев)

**Урок 9. Равномерное прямолинейное движение**  
(См. урок 6, Мякишев)

**Урок 10. Лабораторная работа «Изучение равномерного движения»**  
(См. урок 7, Мякишев)

**Урок 11. Решение задач по теме «Равномерное движение»**  
(См. урок 8, Мякишев)

**Урок 12. Средняя скорость. Мгновенная скорость.  
Относительная скорость**  
(См. урок 9, Мякишев)

**Урок 13. Решение задач по теме «Средняя скорость.  
Сложение скоростей»**  
(См. урок 10, Мякишев)

**Урок 14. Прямолинейное движение с постоянным ускорением**  
(См. урок 11, Мякишев)

**Урок 15. Лабораторная работа «Определение ускорения тела при  
равноускоренном движении»**  
(См. урок 12, Мякишев)

**Урок 16. Свободное падение**  
(См. урок 13, Мякишев)

**Урок 17. Решение задач по теме «Свободное падение»**  
(См. урок 14, Мякишев)

**Урок 18. Лабораторная работа «Определение ускорения  
свободного падения»**  
(См. урок 15, Мякишев)

**Урок 19. Графическое описание свободного падения**  
(См. урок 16, Мякишев)

**Урок 20. Решение графических задач**  
(См. урок 17, Мякишев)

**Урок 21. Баллистическое движение, траектория и скорость при  
баллистическом движении**  
(См. урок 18, Мякишев)

**Урок 22. Урок-игра по кинематике**  
(См. урок 19, Мякишев)

**Урок 23. Решение задач по кинематике**  
(См. урок 20, Мякишев)

**Урок 24. Контрольная работа**  
(См. урок 21, Мякишев)

## **КИНЕМАТИКА ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ**

**Урок 25. Равномерное движение по окружности**

(См. урок 22, Мякишев)

**Урок 26. Поступательное и вращательное движение твердого тела**

(См. урок 23, Мякишев)

**Урок 27. Решение задач по теме «Движение тела по окружности»**

(См. урок 24, Мякишев)

## **ДИНАМИКА**

**Урок 28. Принцип относительности Галилея**

(См. урок 25, Мякишев)

**Урок 29. Законы Ньютона**

(См. урок 26, Мякишев)

**Урок 30. Инертность и масса тел**

(См. урок 27, Мякишев)

## **СИЛЫ В МЕХАНИКЕ**

**Урок 31. Сила упругости**

(См. урок 28, Мякишев)

**Урок 32. Лабораторная работа  
«Нахождение коэффициента трения»**

(См. урок 29, Мякишев)

**Урок 33. Сила трения**

(См. урок 30, Мякишев)

**Урок 34. Лабораторная работа  
«Измерение коэффициента трения»**

(См. урок 31, Мякишев)

**Урок 35. Гравитационная сила**

(См. урок 32, Мякишев)

**Урок 36. Сила тяжести. Вес тела**

(См. урок 33, Мякишев)

**Урок 37. Движение тела в гравитационном поле**

(См. урок 34, Мякишев)

**Урок 38. Урок-игра «Эффекты взаимодействия»**

(См. урок 35, Мякишев)

**Урок 39. Применение законов Ньютона.**

**Решение задач**

(См. урок 36, Мякишев)

**Урок 40. Решение задач по теме «Законы Ньютона»**

(См. урок 37, Мякишев)

**Урок 41. Лабораторная работа «Движение тела по окружности под действием силы тяжести и упругости»**

(См. урок 38, Мякишев)

**Урок 42. Решение задач по теме «Законы Ньютона»**

(См. урок 39, Мякишев)

**Урок 43. Контрольная работа**

(См. урок 40, Мякишев)

**ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ**

**Урок 44. Импульс материальной точки. Закон сохранения импульса**

(См. урок 41, Мякишев)

**Урок 45. Решение задач по теме**

**«Закон сохранения импульса»**

(См. урок 42, Мякишев)

**Урок 46. Работа силы**

(См. урок 43, Мякишев)

**Урок 47. Потенциальная энергия**

(См. урок 44, Мякишев)

**Урок 48. Кинетическая энергия**

(См. урок 45, Мякишев)

**Урок 49. Мощность**

(См. урок 46, Мякишев)

**Урок 50. Закон сохранения энергии**

(См. урок 47, Мякишев)

**Урок 51. Лабораторная работа «Определение ускорения шарика на лабораторном желобе»**

(См. урок 48, Мякишев)

**Урок 52. Лабораторная работа «Определение высоты подъема снаряда при вертикальной стрельбе»**

(См. урок 49, Мякишев)

**Урок 53. Решение задач по теме «Закон сохранения энергии»**

(См. урок 50, Мякишев)

**Урок 54. Лабораторная работа «Проверка закона сохранения энергии при действии силы тяжести и упругости»**

(См. урок 51, Мякишев)

**Урок 55. Контрольная работа**

(См. урок 52, Мякишев)

**Урок 56. Равновесие тел**

(См. урок 53, Мякишев)

**Урок 57. Момент силы. Второе условие равновесия твердого тела**

(См. урок 54, Мякишев)

**Урок 58. Решение экспериментальных задач**

(См. урок 55, Мякишев)

**Урок 59. Решение задач. Статика**

(См. урок 56, Мякишев)

**Урок 60. Контрольная работа по теме «Статика»**

(См. урок 57, Мякишев)

**Урок 61. Динамика свободных колебаний**

(См. урок 56, Громов)

**Урок 62. Колебательная система под действием внешних сил**

(См. урок 57, Громов)

**Урок 63. Вынужденные колебания. Резонанс**

(См. урок 58, Громов)

**Урок 64. Строение атома**

(См. урок 58, Мякишев)

**Урок 65. Основные положения молекулярно-кинетической теории**

(См. урок 59, Мякишев)

**Урок 66. Агрегатные состояния вещества**

(См. урок 60, Мякишев)

**Урок 67. Решение задач**  
(См. урок 61, Мякишев)

**Урок 68. Распределение молекул идеального газа  
в пространстве задач**  
(См. урок 62, Мякишев)

**Урок 69. Распределение молекул идеального газа по скоростям**  
(См. урок 63, Мякишев)

**Урок 70. Температура**  
(См. урок 64, Мякишев)

**Урок 71. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории**  
(См. урок 65, Мякишев)

**Урок 72. решение задач**  
(См. урок 66, Мякишев)

**Урок 73. Уравнение Клапейрона-Менделеева**  
(См. урок 67, Мякишев)

**Урок 74. Изопроцессы**  
(См. урок 68, Мякишев)

**Урок 75. Лабораторная работа**  
**«Определение атмосферного давления»**  
(См. урок 69, Мякишев)

**Урок 76. Зачет по теме «Молекулярно-кинетическая  
теория идеального газа»**  
(См. урок 70, Мякишев)

**Урок 77. Решение экспериментальных задач**  
(См. урок 71, Мякишев)

**Урок 78. Контрольная работа по теме «Молекулярная физика»**  
(См. урок 72, Мякишев)

**Урок 79. Внутренняя энергия**  
(См. урок 87, Мякишев)

**Урок 80. Работа газа при изопроцессах**  
(См. урок 88, Мякишев)

**Урок 81. Количество теплоты**  
(См. урок 89, Мякишев)

**Урок 82. Решение экспериментальных задач**

(См. урок 90, Мякишев)

**Урок 83. Решение задач**

(См. урок 91, Мякишев)

**Урок 84. I закон термодинамики**

(См. урок 92, Мякишев)

**Урок 85. Тепловые двигатели**

(См. урок 93, Мякишев)

**Урок 86. Второй закон термодинамики**

(См. урок 94, Мякишев)

**Урок 87. Зачет по теме «Термодинамика»**

(См. урок 95, Мякишев)

**Урок 88. Контрольная работа по теме «Термодинамика»**

(См. урок 96, Мякишев)

**Урок 89. Фазовый переход пар–жидкость**

(См. урок 97, Мякишев)

**Урок 90. Лабораторная работа «Определение удельной теплоты парообразования воды»**

(См. урок 98, Мякишев)

**Урок 91. Испарение и конденсация**

(См. урок 75, Мякишев)

**Урок 92. Насыщенный пар. Влажность воздуха**

(См. урок 76, Мякишев)

**Урок 93. Кипение жидкости**

(См. урок 77, Мякишев)

**Урок 94. Поверхностное натяжение жидкости**

(См. урок 78, Мякишев)

**Урок 95. Лабораторная работа****«Исследование зависимости коэффициента поверхностного натяжения жидкости от температуры и природы граничащих сред»**

(См. урок 79, Мякишев)

**Урок 96. Решение задач**

(См. урок 80, Мякишев)



**Урок 97. Структура твердых тел**  
(См. урок 81, Мякишев)

**Урок 98. Лабораторная работа**  
**«Изучение образцов твердых тел»**  
(См. урок 82, Мякишев)

**Урок 99. Механические свойства тел**  
(См. урок 83, Мякишев)

**Урок 100. Кристаллизация и плавление твердых тел**  
(См. урок 84, Мякишев)

**Урок 101. Лабораторная работа**  
**«Измерение**  
**удельной теплоемкости вещества»**  
(См. урок 85, Мякишев)

**Урок 102. Контрольная работа по теме**  
**«Агрегатные состояния вещества»**  
(См. урок 86, Мякишев)

**Урок 103. Распространение волн в упругой среде**  
(См. урок 59, Громов)

**Урок 104. Периодические волны**  
(См. урок 60, Громов)

**Урок 105. Стоячие волны**  
(См. урок 61, Громов)

**Урок 106. Звуковые волны. Высота, тембр, громкость звука**  
(См. урок 62, Громов)

**Урок 107. «Колокола, колокола...»**  
**(урок-вечер по теме «Звуковые волны»)**  
(См. урок 63, Громов)

**Урок 108. Контрольная работа по теме**  
**«Механические и звуковые волны»**  
(См. урок 64, Громов)

**Урок 109. Постулаты специальной теории относительности**  
(См. урок 65, Громов)

**Урок 110. Относительность времени**  
(См. урок 66, Громов)

**Урок 111. Замедление времени**

(См. урок 67, Громов)

**Урок 112. Релятивистский закон сложения скоростей**

(См. урок 68, Громов)

**Урок 113. Взаимосвязь массы и энергии**

(См. урок 69, Громов)

**Урок 114. Контрольная работа по теме****«Релятивистская механика»**

(См. урок 70, Громов)

**ЭЛЕКТРОСТАТИКА****Урок 115. Электрический заряд**

(См. урок 97, Мякишев)

**Урок 116. закон Кулона**

(См. урок 98, Мякишев)

**Урок 117. Решение задач по теме «Закон Кулона»**

(См. урок 99, Мякишев)

**Урок 118. Напряженность электрического поля**

(См. урок 100, Мякишев)

**Урок 119. Лабораторная работа «Определение направления вектора напряженности электрического поля»**

(См. урок 101, Мякишев)

**Урок 120. Решение задач**

(См. урок 102, Мякишев)

**Урок 121. Контрольная работа по теме «Силы электромагнитного взаимодействия неподвижных зарядов»**

(См. урок 103, Мякишев)

**Урок 122. Работа сил электрического поля**

(См. урок 104, Мякишев)

**Урок 123. Потенциал электрического поля**

(См. урок 105, Мякишев)

**Урок 124. Электрическое поле в веществе**

(См. урок 106, Мякишев)

**Урок 125. Проводники и диэлектрики в электрическом поле**  
(См. урок 107, Мякишев)

**Урок 126. Электроемкость**  
(См. урок 108, Мякишев)

**Урок 127. Энергия электрического поля**  
(См. урок 109, Мякишев)

**Урок 128. Решение задач по теме «Конденсаторы»**  
(См. урок 110, Мякишев)

**Урок 129. Лабораторная работа**  
**«Определение емкости конденсатора**  
**по его геометрическим размерам»**  
(См. урок 111, Мякишев)

**Урок 130. Контрольная работа**  
(См. урок 112, Мякишев)

# РАЗДЕЛ IV

## Самостоятельные и контрольные работы

### САМОСТОЯТЕЛЬНЫЕ И КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ К УЧЕБНИКУ С.В. ГРОМОВА

#### Самостоятельная работа (урок 4)

##### Вариант 1

1. Какие явления относятся к физическим?

1. Радуга. 2. Пожелтение листьев.

3. Падение капель дождя

2. Каким образом изучались перечисленные явления?

1. Замерзание зимой воды в пруду. 2. Вода в стеклянной колбе помещена в холодильную камеру, получен и изучен лед, образовавшийся в колбе.

3. Земля притягивает к себе все тела. Чем является процесс падения яблока с ветки на землю по отношению к явлению притяжения?

А. Независимым процессом. Б. Физическим явлением.

В. Опытным фактом. Г. Причиной. Д. Следствием

4. Что из перечисленного является физическим телом?

1. Уран; 2. Вода; 3. Ноги

---

##### Вариант 2

1. Какие явления не относятся к физическим?

1. Вращение Луны вокруг Земли. 2. Гниение соломы. 3. Образование капель росы

2. Каким образом изучались перечисленные явления?

1. Луна находится между Солнцем и Землей. Происходит затмение Солнца. 2. Луна попадает в тень Земли. Происходит затмение Луны.

3. При нагревании воск плавится. Чем является процесс нагревания по отношению к процессу плавления воска?

А. Причиной. Б. Следствием. В. Опытным фактом.

Г. Независимым процессом. Д. Физическим явлением

4. Что из перечисленного является физическим телом?

1. Самолет. 2. Рассвет. 3. Золото

### Контрольная работа по теме «Механические и звуковые волны» (урок 64)

**Вариант 1**

1. Какие из перечисленных ниже волн не являются механическими?

- А. Волны на воде.
- Б. Звуковые волны.
- В. Световые волны.
- Г. Волны в шнуре.
- Д. Волны, создаваемые встающими на трибунах болельщиками.

2. Прямой и отраженный импульсы перемещаются навстречу по веревке симметрично относительно отрезка АВ. Какова форма веревки в момент, когда оба импульса будут находиться на отрезке АВ?

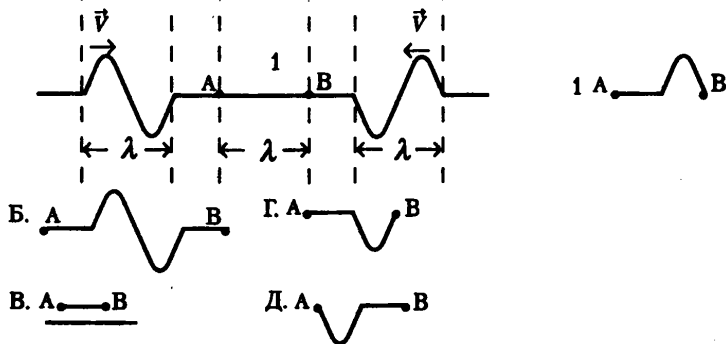


Рис. 11

3. Отношение амплитуд двух волн 1 : 2, энергии волн относятся друг к другу как:

- А. 1 : 2;
- Б. 1 : 4;
- В. 1 : 8;
- Г. 1 : 16;
- Д. 2 : 1?

4. Какова скорость распространения волны, если длина волны 2 м, а частота 200 Гц?

- А. 100 м/с; Б. 200 м/с;
- В. 300 м/с; Г. 400 м/с;
- Д. 500 м/с

5. Уровень интенсивности звука в кабине автомобиля 79 дБ. Какова интенсивность звука в кабине?

- А.  $10^{-5}$  Вт/м<sup>2</sup>; Б.  $10^{-6}$  Вт/м<sup>2</sup>;
- В.  $10^{-7}$  Вт/м<sup>2</sup>; Г.  $10^{-8}$  Вт/м<sup>2</sup>;
- Д.  $10^{-3}$  Вт/м<sup>2</sup>

**Вариант 2**

1. В струне возникает стоячая волна. Длина падающей и отраженной волн –  $l$ . Каково расстояние между соседними узлами?

А.  $l/4$ ; Б.  $l/2$ ;

В.  $l$ ; Г.  $2l$ ; Д.  $4l$

2. Прямой и отраженный импульсы перемещаются навстречу по веревке симметрично относительно точки К. Какую форму имеет веревка в момент времени, когда точки А и В оказываются в точке К?

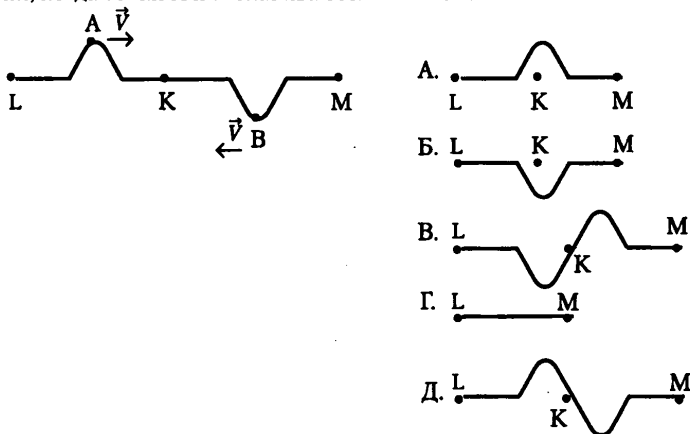


Рис. 12

3. Какую форму будет иметь веревка из задачи 2 после прохождения импульсами точки К?

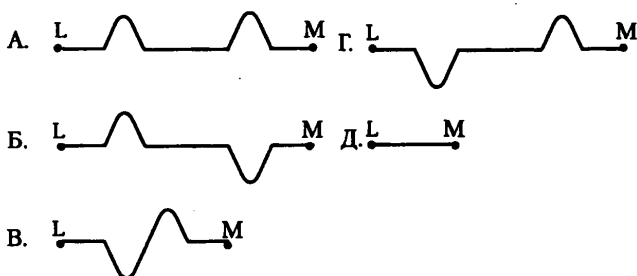


Рис. 13

4. Частота звуковой волны 800 Гц. Скорость звука 400 м/с. Найдите длину волны.

А. 0,5 м; Б. 1 м;

В. 1,5 м; Г. 2 м;

Д. 2,5 м

5. Уровень интенсивности звука в библиотеке 30 дБ. Какова интенсивность звука в библиотеке?

А.  $10^{-10}$  Вт/м<sup>2</sup>; Б.  $10^{-9}$  Вт/м<sup>2</sup>;

В.  $10^{-8}$  Вт/м<sup>2</sup>; Г.  $10^{-7}$  Вт/м<sup>2</sup>;

Д.  $10^{-6}$  Вт/м<sup>2</sup>

**Контрольная работа по теме  
«Релятивистская механика» (урок 70)****Вариант 1**

1. Если элементарная частица движется со скоростью света, то ...

- А. Масса покоя частицы равна нулю.
- Б. Частица обладает электрическим зарядом.
- В. На частицу не действует гравитационное поле.
- Г. Частица не может распадаться на другие частицы.
- Д. Частица может увеличить свою скорость.

2. Ион, обладающий скоростью 0,6 с, испускает фотон в направлении, противоположном скорости движения иона. Какова скорость фотона относительно иона?

- А. 0,6 с; Б. с;
- В. 0,8 с; Г. 0,4 с; Д. 1,6 с

3. С космического корабля, удаляющегося от Земли со скоростью 0,75 с, стартует ракета в направлении движения корабля. Скорость ракеты относительно Земли 0,96 с. Какова скорость ракеты относительно корабля?

- А. 0,7 с; Б. 0,75 с;
- В. 0,8 с; Г. 0,85 с; Д. 0,96 с

4. С какой скоростью должна лететь ракета, чтобы время в ней замедлялось в 3 раза?

- А.  $2,77 \cdot 10^8$  м/с; Б.  $2,8 \cdot 10^8$  м/с; В.  $2,83 \cdot 10^8$  м/с; Г.  $2,89 \cdot 10^8$  м/с; Д.  $2,96 \cdot 10^8$  м/с

**Вариант 2**

1. Ион, получивший в ускорителе скорость  $V = 0,8$  с, испускает фотон в направлении своего движения. Какова скорость фотона относительно иона?

- А. 1,8 с; Б. 0,2 с;
- В. с; Г. 0,9 с; Д. 0,4 с

2. Два лазерных импульса излучаются в вакууме навстречу друг другу. С какой скоростью они распространяются друг относительно друга?

- А. 2 с; Б. с; В. 0,5 с;
- Г. 1,5 с; Д. 0,75 с

3. Две галактики разбегаются от центра Вселенной в противоположных направлениях с одинаковыми скоростями 0,8 с относительно центра. С какой скоростью они удаляются друг от друга?

- А. 0,97 с; Б. 0,972 с;
- В. 0,974 с; Г. 0,976 с; Д. 0,98 с

4. Ракета движется со скоростью 0,968 с. Во сколько раз время, измеренное в ракете, отличается от времени, измеренного по неподвижным часам?

- А. 5 раз; Б. 4 раза;
- В. 3 раза; Г. 2 раза; Д. 1,5 раза

5. Какую работу (в МэВ) надо совершить для увеличения скорости электрона от 0,7 с до 0,9 с?

- А. 0,46 МэВ; Б. 0,5 МэВ;
- В. 0,54 МэВ; Г. 0,6 МэВ; Д. 0,6 МэВ

## Контрольная работа

### «Электрический заряд и электромагнитное поле» (урок 76)

#### Вариант 1

1. Заряженная частица массой  $2 \cdot 10^{-9}$  г находится в равновесии в однородном электрическом поле напряженностью  $4 \cdot 10^5$  Н/Кл. Чему равен заряд частицы?

2. Электрон со скоростью  $5 \cdot 10^7$  м/с влетает в однородное магнитное поле под углом  $30^\circ$  к линиям магнитной индукции. Найдите силу, действующую на электрон, если индукция магнитного поля  $0,8$  Тл.

3. Ядро атома гелия, имеющее массу  $6,7 \cdot 10^{-27}$  кг и заряд  $3,2 \cdot 10^{-19}$  Кл, влетает в однородное магнитное поле и начинает двигаться по окружности радиусом  $1$  м. Индукция магнитного поля равна  $10^2$  Тл. Рассчитайте скорость этой частицы.

4. Электрон, попадая в однородное магнитное поле, движется по направлению силовых линий. Рассчитайте, через какой промежуток времени скорость электрона станет равно нулю, если напряженность поля равна  $100$  Н/Кл, а начальная скорость электрона равна  $2 \cdot 10^6$  м/с.

5. В плоский конденсатор параллельно его пластинам со скоростью  $3 \cdot 10^7$  м/с влетает электрон. При вылете из конденсатора, он смещается к одной из пластин на  $1,76 \cdot 10^{-3}$  м. Длина каждой пластины конденсатора равна  $3$  см, расстояние между ними равно  $2$  см, напряженность электрического поля равна  $2 \cdot 10^4$  Н/Кл. Определите отношения заряда электрона и его массе.

6. Пылинка, заряд которой равен  $10$  мкКл, а масса равна  $1$  мг, влетает в однородное магнитное поле и движется по окружности. Индукция магнитного поля равна  $1$  Тл. Сколько оборотов сделает пылинка за  $3,14$  секунды?

#### Вариант 2

1. Какой должна быть напряженность однородного электрического поля, чтобы находящийся в поле покоящийся электрон получил ускорение  $2 \cdot 10^{12}$  м/с<sup>2</sup>?

2. В однородное магнитное поле влетает электрон со скоростью  $4,6 \cdot 10^6$  м/с, направленный перпендикулярно линиям магнитной индукции. Индукция магнитного поля равна  $8,5 \cdot 10^{-3}$  Тл. Рассчитайте силу, действующую на электрон в магнитном поле?

3. Между двумя параллельными пластинами, вертикально расположенными, подвешен шарик массой  $0,1$  г. Пластины заряжены, и при напряженности  $45000$  Н/Кл, шарик отклоняется от вертикали на угол равный  $10^\circ$ . Найдите заряд шарика.

4. Протон влетает в однородное магнитное поле, индукция которого равна  $3,4 \cdot 10^2$  Тл, перпендикулярно линиям магнитной индукции со скоростью  $3,5 \cdot 10^5$  м/с. Определить радиус кривизны траектории электрона. Масса протона  $1,67 \cdot 10^{-27}$  кг, заряд протона равен  $1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

5. В однородном электрическом поле, с напряженностью  $3 \cdot 10^6$  Н/Кл, линии напряженности составляют с вертикалью угол  $30^\circ$ , на нити висит шарик массой  $2$  г; заряд его равен  $3,3$  мКл. Найти силу натяжения нити, если: 1) линии напряженности направлены вверх; 2) линии напряженности направлены вниз.

6. Два электрона движутся по окружности в однородном магнитном поле в плоскости, перпендикулярной линиям индукции поля. Найдите отношение периодов обращения электронов, если кинетическая энергия первого в  $4$  раза больше кинетической энергии второго.



## Тестовые задания (урок 122)

## Вариант 1

1. Какая формула выражает закон электромагнитной индукции?

А)  $\varepsilon = I(R + r)$ ; Б)  $\varepsilon = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ ;

В)  $\varepsilon = UBI \sin \alpha$ ; Г)  $\varepsilon = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$ .

2. При вдвигании в катушку постоянного магнита в ней возникает электрический ток. Как называется это явление?

А) электрическая индукция; Б) магнитная индукция;

В) самоиндукция; Г) электромагнитная индукция.

3. Единицей измерения какой физической величины является 1 вебер?

А) индукции магнитного поля; Б) магнитного потока;

В) индуктивности; Г) самоиндукции.

4. Какая сила действует на движущийся электрический заряд в магнитном поле?

А)  $F = qE$ ; Б)  $F = BI\Delta l \sin \alpha$ ;

В)  $F = \vartheta qB \sin \alpha$ ; Г)  $F = k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2}$ .

5. Кто открыл явление электромагнитной индукции?

А) Эрстед; Б) Кулон;

В) Фарадей; Г) Ампер.

## Вариант 2

1. Изменяясь во времени, магнитное поле порождает:

А) вихревое электрическое поле; Б) электростатическое поле; В) постоянное магнитное поле; Г) гравитационное поле.

2. Каким выражением определяется связь ЭДС самоиндукции с силой тока в катушке?

А)  $-n \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ ; Б)  $-\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ ;

В)  $\frac{LI^2}{2}$ ; Г)  $LI$ .

3. Как называется единица измерения индуктивности?

А) Тесла; Б) вебер; В) генри; Г) фарад.

4. Значение силы, действующей на проводник с током в магнитном поле:

А)  $F = IB \sin \alpha$ ; Б)  $F = IB e \sin \alpha$ ;

В)  $F = qvB \sin \alpha$ ; Г)  $F = IBl \sin \alpha$ .

5. Сила тока 1А создает в контуре магнитный поток 1 Вб. Какова индуктивность контура?

А) 1 гаусс; Б) 1 генри;

В) 1 вебер; Г) 1 тесла.

## Контрольная работа (урок 123)

### Вариант 1

1. Самолет летит горизонтально со скоростью 1200 км/ч. Найдите разность потенциалов, возникающую на концах крыльев, если вертикальная составляющая индукции магнитного поля Земли равна  $5 \cdot 10^{-5}$  Тл. Размах крыльев равен 40 м.

2. К катушке индуктивностью 0,01 Гн проходит ток силой 20 А. Определите ЭДС самоиндукции, которая возникает в катушке при исчезновении в ней тока за 0,002 с.

3. Катушка сопротивлением 100 Ом, состоящая из 1000 витков, внесена в однородное магнитное поле. Площадь поперечного сечения каждого витка равна 5 см<sup>2</sup>. В течение некоторого времени индукция магнитного поля уменьшилась с 0,8 Тл до 0,3 Тл. Какой заряд индуцирован в проводнике за это время?

4. Какой заряд пройдет через поперечное сечение витка, сопротивлением 0,03 Ом, при уменьшении магнитного потока внутри витка на 12 мВб?

5. Из алюминиевой проволоки, площадь поперечного сечения которой равна 1 мм<sup>2</sup>, сделано кольцо радиусом 10 см. Перпендикулярно плоскости кольца за 0,01 с включают магнитное поле, у которого индукция равна 1 Тл. Найти среднее значение индукционного тока, возникающего за это время в кольце. Удельное сопротивление алюминия равно  $2,8 \cdot 10^{-8}$  Ом · м.

6. В однородном магнитном поле, у которого индукция равна 0,1 Тл, проволочный виток расположен так, что его плотность перпендикулярна магнитному полю. Площадь поперечного сечения проволочного витка равна 100 см<sup>2</sup>. Виток замкнут на гальванометр. При повороте витка на угол 90° через гальванометр проходит заряд, равный 1 мКл. Найдите сопротивление витка.

### Вариант 2

1. Определите индуктивность катушки, если известно, что сила тока в цепи за 0,02 с возрастает до максимума и равна 4 А, создавая при этом ЭДС самоиндукции 12 В.

2. Катушка, имеющая 100 витков, находится в магнитном поле, индукция которого уменьшилась от 8 Тл до 2 Тл в течение 0,4 с. Определите значение ЭДС индукции, если площадь поперечного сечения катушки равна 50 см<sup>2</sup>, а плоскость витков перпендикулярна силовым линиям поля.

3. Проводник длиной 2 м и сопротивлением 0,02 Ом движется в магнитном поле со скоростью 6 м/с. перпендикулярно силовым линиям поля. Чему равно значение силы тока, возникающего в проводнике, если его замкнуть на коротко? Индукция магнитного поля равно 10 мТл.

4. Катушка сопротивлением 50 Ом и индуктивностью 0,001 Гн находится в магнитном поле. При равномерном изменении магнитного поля, поток магнитной индукции возрос на 0,001 Вб и сила тока в катушке увеличилась на 0,1 А. Какой заряд прошел за это время по катушке?

5. Рамка из проволоки сопротивлением 0,01 Ом равномерно вращается в однородном магнитном поле, у которого индукция равна 0,05 Тл. Ось вращения лежит в плоскости рамки и перпендикулярна линиям индукции. Площадь рамки 100 см<sup>2</sup>. Определите, какой заряд пройдет через рамку за время поворота ее на угол 30° (от 0° до 30°)

6. Проволочный виток, имеющий площадь поперечного сечения 100 см<sup>2</sup>, разрезан в некоторой точке, и в разрез включен конденсатор емкостью 40 мкФ. Виток помещен в однородном магнитном поле, линии индукции которого перпендикулярны плоскости витка. Индукция магнитного поля равномерно изменяется на 0,01 Тл за 1 секунду. Найдите заряд конденсатора.

**Самостоятельная работа (урок 127)****Вариант 1**

1. В колебательном контуре ток сдвинут по фазе относительно заряда на:  
А.  $\pi/2$ . Б.  $\pi$ . В.  $\pi/4$ .
2. За счет чего поддерживается ток в колебательном контуре, когда появляется на конденсаторе? Разность потенциалов препятствует его протеканию?  
А. За счет увеличения энергии магнитного поля катушки.  
Б. За счет увеличения заряда на конденсаторе.  
В. За счет уменьшения энергии магнитного поля катушки.
3. Как изменится частота электромагнитных колебаний в контуре, если сблизить пластины конденсатора?  
А. Уменьшится. Б. Увеличится. В. Не изменится.
4. Через какую долю периода поля замыкания заряженного конденсатора на катушку индуктивности энергия в контуре распределится между конденсатором и катушкой поровну?  
А.  $1/2$  Т. Б.  $1/4$  Т. В.  $1/8$  Т.
5. В колебательном контуре емкость увеличена в 4 раза. Что нужно сделать, чтобы период колебаний остался прежним?  
А. Увеличить индуктивность в 4 раза.  
Б. Уменьшить индуктивность в 2 раза.  
В. Уменьшить индуктивность в 4 раза.

**Вариант 2**

1. Какие превращения энергии происходят в колебательном контуре?  
А. Энергия электрического поля конденсатора превращается во внутреннюю энергию катушки индуктивности.  
Б. Энергия магнитного поля катушки превращается во внутреннюю энергию конденсатора.  
В. Энергия электрического поля конденсатора превращается в магнитную энергию магнитного поля катушки индуктивности, энергия магнитного поля катушки переходит в энергию электрического поля конденсатора.
2. В момент времени  $t = 0$  энергия конденсатора равна  $4 \cdot 10^{-6}$  Дж. Через  $1/8$  Т энергия на конденсаторе уменьшилась наполовину. Какова энергия магнитного поля катушки?  
А.  $4 \cdot 10^{-6}$  Дж. Б.  $2 \cdot 10^{-6}$  Дж. В.  $10^{-6}$  Дж
3. Чему равен сдвиг фаз между зарядами и силой тока в колебательном контуре?  
А.  $\pi$ . Б.  $\pi/4$ . В.  $\pi/2$ . Г. 0.
4. Как изменится частота электромагнитных колебаний в контуре, если в катушку ввести железный сердечник?  
А. Увеличится. Б. Не изменится. В. Уменьшится.
5. Как изменится частота свободных электрических колебаний в контуре, если емкость конденсатора и индуктивность катушки уменьшится в 5 раз?  
А. Уменьшится в 25 раз.  
Б. Увеличится в 5 раз.  
В. Уменьшится в 5 раз.

**Самостоятельная работа (урок 128)****Вариант 1**

1. В колебательный контур включен конденсатор емкостью 200 мФ. Какую индуктивность нужно включить в контур, чтобы получить в нем электрические колебания частот 400 кГц?

2. К зажимам генератора подсоединен конденсатор емкостью 0,1 мкФ. Определить амплитуду колебаний напряжения на зажимах конденсатора, если сила тока равна 1,6 А, период колебаний равен 0,2 мс.

3. В колебательном контуре индуктивность катушки равна 0,2 Гц, а амплитуда колебаний силы тока равна 40 мА. Найти энергию электрического поля конденсатора и магнитного поля катушки в тот момент, когда мгновенное значение силы тока в 2 раза меньше амплитудного значения.

4. (дополнительная). Трансформатор с коэффициентом трансформации, равным 10, понижает напряжение с 10 кВ до 800 В, при этом во вторичной обмотке идет ток силой 2 А. Определите сопротивление вторичной обмотки. (Потерями энергии пренебречь.)

**Вариант 2**

1. Сила тока изменяется по закону  $I = 3 \cos(100\pi t + \pi/3)$ . Определите амплитуду колебаний силы тока, действующее значение силы тока, циклическую и линейную частоту колебаний, период, фазу и начальную фазу колебаний.

2. Конденсатор включен в цепь переменного тока с частотой 50 Гц. Напряжение в сети равно 220 В. Сила тока в цепи равна 2,5 А. Какова емкость конденсатора?

3. Найдите отношение энергии магнитного поля к энергии электрического поля для момента времени  $T/8$ , считая, что процессы происходят в идеальном колебательном контуре.

4. (дополнительная). Сила тока в первичной обмотке трансформатора равна 0,5 А, напряжение на ее концах равно 220 В. Какова сила тока во вторичной обмотке трансформатора, если напряжение во вторичной равно 12 В, а КПД трансформатора равно 87%.

## Самостоятельная работа (урок 130)

1. Что такое электромагнитные волны?

А. Распространяющееся в пространстве переменное магнитное поле.

Б. Распространяющееся в пространстве переменное электрическое поле.

В. Распространяющееся в пространстве переменное электромагнитное поле.

2. Каковы основные положения теории электромагнитного поля Максвелла?

А. При всяком изменении электрического поля возникает вихревое магнитное поле, распространяющееся со скоростью света.

Б. При всяком изменении магнитного поля возникает переменное вихревое электрическое поле, распространяющееся в окружающем пространстве со скоростью света.

В. При всяком изменении магнитного поля возникает переменное вихревое электрическое поле, у которого вектор напряженности  $\vec{E} \sim \Delta \vec{B} / \Delta t$ . При изменении электрического поля возникает магнитное, у которого вектор индукции  $\vec{B} \sim \Delta \vec{E} / \Delta t$  распространяется в окружающем пространстве со скоростью света.

3. Как в воздухе изменится длина электромагнитных волн, излучаемых колебательным контуром, если емкость колебательного контура увеличить в 4 раза?

А. Уменьшится в 4 раза.

Б. Увеличится в 2 раза.

В. Увеличится в 4 раза.

4. Какова взаимная ориентация векторов  $B$ ,  $E$ ,  $V$ ?

А. Все три вектора взаимно перпендикулярны.

Б. Вектор  $B$  совпадает с вектором  $E$  и перпендикулярен вектору  $V$ .

В. Вектор  $B$  совпадает с вектором  $V$ , но перпендикулярен вектору  $E$ .

5. Определите частоту колебаний электромагнитных волн, если длина их 2 см.

А.  $0,7 \cdot 10^6$  Гц.

Б.  $6 \cdot 10^6$  Гц.

В.  $1,5 \cdot 10^6$  Гц.

6. Как должна двигаться заряженная частица, чтобы возникло электромагнитное излучение?

А. С постоянной скоростью.

Б. Находиться в покое.

В. Двигаться с ускорением.

7. Можно ли выбрать систему отсчета, в которой обнаружилась бы только магнитная составляющая  $B$ ?

А. Нельзя.

Б. Можно, если система будет двигаться с такой же скоростью, что и электрон.

В. Можно, если система будет двигаться со скоростью, большей скорости электрона.

## Физический диктант (урок 132)

### Вариант 1

1. Что представляет собой электромагнитная волна? С какой скоростью она распространяется в вакууме?

2. Чем различаются устройства, изображенные на рис. а и б? Кто первым предложил открытый колебательный контур и для чего? (Рисунок на доске.)

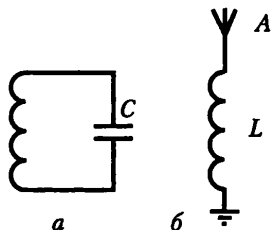
3. Изобразите схематически (на доске оси изображены заранее) графики:

а) колебаний низкой частоты; б) модулированных по амплитуде колебаний; в) незатухающих колебаний высокой частоты.

4. Какими свойствами электромагнитных волн объясняется, что:

а) в радиолокации используют электромагнитные волны сверхвысокой частоты? б) для охвата телевидением (диапазон ультракоротких волн) большой территории необходимы густая сеть передатчиков (ретрансляторов) и высокие приемные антенны?

5. Решите задачу (условие кратко написано на доске): на какую длину волны настроен колебательный контур приемника индуктивностью  $0,2 \text{ мГн}$ , если максимальная сила тока в контуре  $0,1 \text{ А}$ , а максимальное напряжение на конденсаторе  $200 \text{ В}$ ?



### Вариант 2

1. Дайте определение электромагнитных колебаний. Приведите примеры.

2. Какие функции в приемнике А.С. Попова (рисунок на доске) выполняют устройства I, II, III, IV?

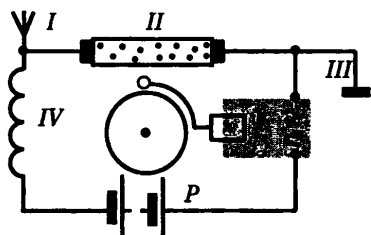
3. Изобразите схематически графики:

а) модулированных колебаний, возбуждаемых электромагнитной волной в приемной антенне радиоприемника; б) этих же колебаний после прохождения через детектор приемника; в) этих же колебаний после прохождения через телефон.

4. Какими свойствами электромагнитных волн объясняется, что:

а) радиоприемник перестает работать, когда автомобиль проезжает по тоннелю или под мостом? б) излучение, используемое при радиолокации, имеет острую направленность?

5. Решите задачу (условие кратко написано на доске): в радиоприемнике используется катушка индуктивностью  $50 \text{ мГн}$ ; какой емкости должен быть конденсатор, чтобы приемник мог принимать радиостанцию, работающую на частоте  $545 \text{ кГц}$ ?



## САМОСТОЯТЕЛЬНЫЕ И КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ К УЧЕБНИКУ Г.Я. МЯКИШЕВА, Б.Б. БУХОВЦЕВА, Н.Н. СОТСКОГО

### Кроссворд «Физические величины»

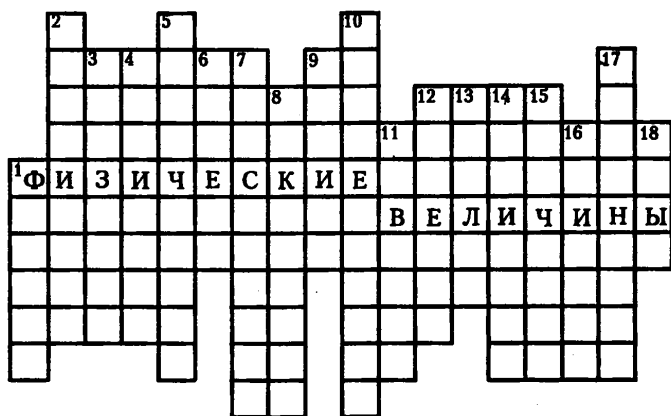


Рис. 3

1. Наука о неживой природе.
2. Тысячная доля метра.
3. Прибор для измерения объема жидкостей.
4. Что означает греческое слово цэушы [физис], от которого произошло слово «физика»? 5. Механические, тепловые, электрические, световые явления – это явления ...
6. Все, что есть во Вселенной.
7. Древнегреческий ученый.
8. «Отец» русской авиации.
9. Город, в котором в 1954 г. была построена первая в мире атомная электростанция.
10. Величина, характеризующая степень нагретости тела.
11. Русский ученый, усовершенствовавший лампы дневного света.
12. Свертывающаяся в круг металлическая или матерчатая измерительная лента с делениями.
13. Название транспортного отечественного самолета, грузоподъемностью 150 т, построенного в 1985 г.
14. Единица длины, равная 0,1 м.
15. Русский ученый и организатор, с именем которого связано развитие отечественной атомной энергетики.
16. Физическая величина, характеризующая расстояние.
17. «Он создал первый русский университет. Он, лучше сказать, сам был первым нашим университетом» (А. С. Пушкин).
18. Критерий истины.

## Самостоятельная работа (урок 8)

## Вариант 1

1. Автомобиль дважды проехал вокруг Москвы по кольцевой дороге, длина которой 109 км. Чему равны пройденный автомобилем путь  $l$  и модуль его перемещения  $S$ ?

А.  $l = 109$  км;  $S = 0$  км. Б.  $l = 218$  км;  $S = 0$  км. В.  $l = S = 218$  км. Г.  $l = S = 0$  км.

2. Вертолет равномерно поднимается вертикально вверх. Какова траектория движения точки на конце лопасти винта вертолета в системе отсчета, связанной с корпусом вертолета?

А. Точка. Б. Прямая. В. Окружность. Г. Винтовая линия.

3. Пловец плавает по течению реки. Чему равна скорость пловца относительно берега реки, если скорость пловца относительно воды 1,5 м/с, а скорость течения реки 0,5 м/с?

А. 0,5 м/с. Б. 1 м/с. В. 1,5 м/с. Г. 2 м/с.

4. Плот равномерно плавает по реке со скоростью 6 км/ч. Человек движется поперек плота со скоростью 8 км/ч. Чему равна скорость человека в системе отсчета, связанной с берегом?

А. 2 км/ч. Б. 7 км/ч. В. 10 км/ч. Г. 14 км/ч.

5. По графику зависимости пройденного пути от времени (рис. 18) определите скорость велосипедиста в момент времени  $t = 2$  с.

А. 2 м/с. Б. 3 м/с. В. 6 м/с. Г. 18 м/с.

6. На рис. 19 представлены три графика зависимости пройденного пути от времени. Какое из тел двигалось с большей скоростью?

А. 1. Б. 2. В. 3. Г. Скорости всех трех тел одинаковы.

7. Поезд длиной 200 м въезжает в тоннель длиной 300 м, двигаясь равномерно со скоростью 10 м/с. Через какое время поезд выйдет полностью из тоннеля?

А. 10 с. Б. 20 с. В. 30 с. Г. 50 с.

8. Две моторные лодки движутся вдоль реки навстречу друг другу. Скорости лодок относительно воды равны 3 м/с и 4 м/с соответственно. Скорость течения реки равна 2 м/с. Через какое время после их встречи расстояние между лодками станет равным 84 м?

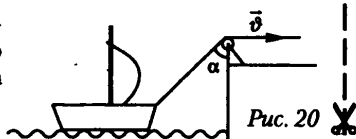
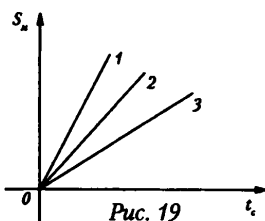
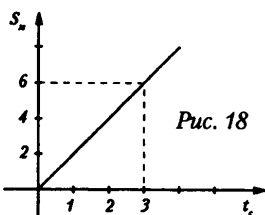
А. 12 с. Б. 21 с. В. 28 с. Г. 42 с.

9. Лодка подтягивается лебедкой к берегу (рис. 20). Скорость наматывания каната на лебедку постоянна и равна  $\vec{V}$ . С какой скоростью движения лодка в момент, когда канат составляет угол  $\alpha$  с вертикалью?

А.  $V \cdot \sin \alpha$ . Б.  $V \cdot \cos \alpha$ . В.  $\frac{V}{\sin \alpha}$ . Г.  $\frac{V}{\cos \alpha}$ .

10. Половину пути автомобиль проходит с постоянной скоростью  $V_1$ , а вторую половину пути – со скоростью  $V_2$ , двигаясь в том же направлении. Чему равна средняя скорость автомобиля?

А.  $\frac{V_1 + V_2}{2}$ . Б.  $\frac{V_1 \cdot V_2}{V_1 + V_2}$ . В.  $\frac{2V_1 \cdot V_2}{V_1 + V_2}$ . Г.  $\frac{V_1 \cdot V_2}{2(V_1 + V_2)}$ .





**Вариант 2**

1. Спортсмен пробежал дистанцию 400 м по дорожке стадиона и возвратился к месту старта. Чему равен путь  $l$ , пройденный спортсменом, и модуль его перемещения  $S$ ?

А.  $l = S = 0$  м. Б.  $l = S = 400$  м. В.  $l = 400$  м;  $S = 0$  км. Г.  $l = 0$  м;  $S = 400$  м.

2. Вертолет равномерно поднимается вертикально вверх. Какова траектория движения точки на конце лопасти винта вертолета в системе отсчета, связанной с землей?

А. Точка. Б. Прямая. В. Окружность. Г. Винтовая линия.

3. Пловец плывет против течения реки. Чему равна его скорость относительно берега реки, если скорость пловца относительно воды 1,5 м/с, а скорость течения реки 0,5 м/с?

А. 0,5 м/с. Б. 1 м/с. В. 1,5 м/с. Г. 2 м/с.

4. Кран равномерно поднимает груз вертикально вверх со скоростью 0,3 м/с и одновременно равномерно и прямолинейно движется по горизонтальным рельсам со скоростью 0,4 м/с. Чему равна скорость груза в системе отсчета, связанной с Землей?

А. 0,1 м/с. Б. 0,35 м/с. В. 0,5 м/с. Г. 0,7 м/с.

5. По графику зависимости пройденного пути от времени (рис. 21) определите скорость велосипедиста в момент времени  $t = 3$  с.

А. 4 м/с. Б. 10 м/с. В. 40 м/с. Г. 2,5 м/с.

6. На рис. 22 представлены три графика зависимости пройденного пути от времени. Какое из тел двигалось с меньшей скоростью?

А. 1. Б. 2. В. 3. Г. Скорости всех трех тел одинаковы.

7. Поезд длиной 200 м въезжает на мост со скоростью 5 м/с. За сколько времени поезд пройдет весь мост, если длина моста 300 м?

А. 20 с. Б. 40 с. В. 60 с. Г. 100 с.

8. По двум пересекающимся под углом  $60^\circ$  дорогам движутся два автомобиля с одинаковыми по модулю скоростями, равными 20 м/с. Через какое время после встречи у перекрестка расстояние между ними станет равным 3 км?

А. 75 с. Б. 88 с. В. 150 с. Г. 300 с.

9. Лестница, приставленная к вертикальной стене, падает в результате скольжения ее основания по полу (рис. 23). Каково отношение модулей скоростей  $V_A$  и  $V_B$  в тот момент, когда угол между лестницей и стеной равен  $\alpha$ ?

А.  $\sin \alpha$ . Б.  $\cos \alpha$ . В.  $\operatorname{tg} \alpha$ . Г.  $\operatorname{ctg} \alpha$ .

10. Автомобиль затратил на прохождение пути время  $t$ . Первую половину времени автомобиль проходил с постоянной скоростью 20 м/с, а вторую половину времени – со скоростью 30 м/с, двигаясь в том же направлении. Чему равна средняя скорость автомобиля?

А. 25 м/с. Б. 24 м/с. В. 10 м/с. Г. 50 м/с.

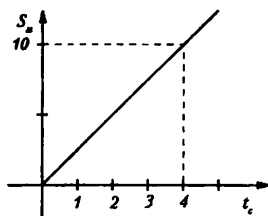


Рис. 21

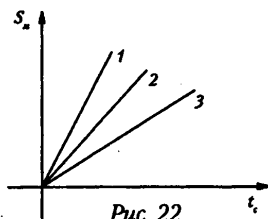


Рис. 22

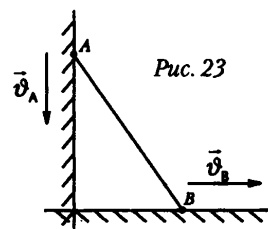


Рис. 23

## Решение кроссворда (урок 13)

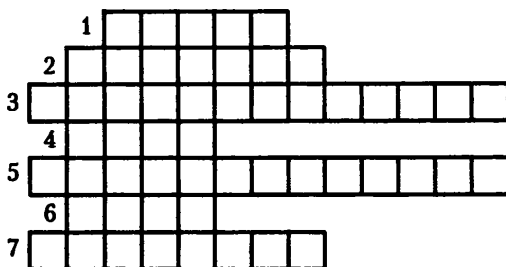


Рис. 31

1. Статус населенного пункта, в котором проводил свои опыты Г. Галилей.
2. Вид движения, изучаемого Г. Галилеем.
3. Знак проекции  $g$ , если тело падает и ось направлена вниз.
4. Город, в котором Г. Галилей проводил свои опыты.
5. Знак проекции  $g$ , если тело падает, а ось направлена вверх.
- 6, 7. Два тела, участвующие в школьных опытах по наблюдению свободного падения.

## Самостоятельная работа (урок 16)

## Вариант 1

1. Тело, брошенное вертикально вверх, проходит точку на высоте 10 м дважды с промежутком времени 4 с. Найдите начальную скорость тела. Сопротивлением воздуха пренебречь.

2. Тело брошено вертикально вверх с начальной скоростью 49 м/с. Каков путь, пройденный телом по истечении 10 с от начала движения? Чему равно перемещение тела за это время?

3. Дальность полета тела, брошенного в горизонтальном направлении со скоростью 10 м/с, равна высоте бросания. С какой высоты брошено тело?

## Вариант 2

1. Два тела начали падать с одной и той же высоты через  $\phi$  секунд одно после другого. Через сколько секунд расстояние между ними будет равно  $d$ ?

2. Стрела выпущена из лука вертикально вверх со скоростью 39,2 м/с. Через сколько времени от начала движения она упадет обратно? На какую высоту она поднимется? Найдите перемещение и путь стрелы за 5 с движения. Сопротивлением воздуха пренебречь.

3. Самолет летит в горизонтальном направлении на высоте 10 км со скоростью 720 км/ч. На каком расстоянии от цели (по горизонтали) летчик должен бросить бомбу, чтобы попасть в цель? Какова скорость бомбы в момент поражения цели?

## Контрольная работа по теме «Кинематика материальной точки» (урок 21)

### Вариант 1

1. На рис. 48 представлен график зависимости ускорения тела от времени  $t$ . Какой из графиков зависимости скорости  $V$  от времени  $t$ , приведенных ниже на рисунке, может соответствовать этому графику?

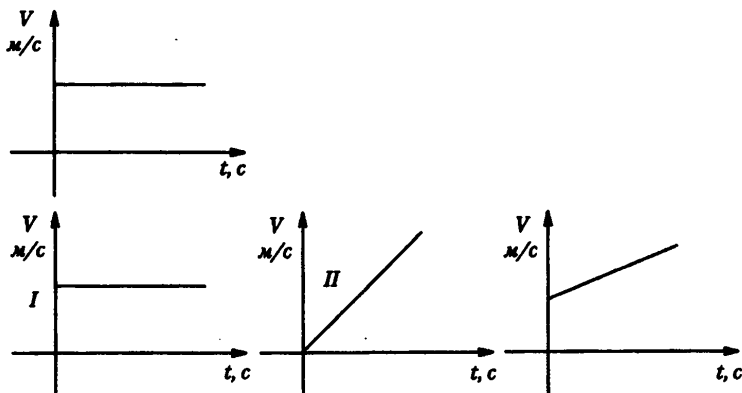


Рис. 48

А. I. Б. II. В. I и III. Г. II и III. Д. I, II и III.

2. По графику зависимости модуля скорости велосипедиста  $V$  от времени  $t$  определите модуль его ускорения  $a$  в течение первых трех секунд движения (рис. 49).

- А.  $3 \text{ м/с}^2$ . Б.  $4 \text{ м/с}^2$ .  
В.  $4 \text{ м/с}^2$ . Г.  $6 \text{ м/с}^2$ .  
Д.  $12 \text{ м/с}^2$ .

3. По графику зависимости скорости от времени (рис. задачи 2) определите среднюю скорость велосипедиста за время  $t = 6 \text{ с}$ .

- А.  $2 \text{ м/с}$ . Б.  $4 \text{ м/с}$ . В.  $6 \text{ м/с}$ .  
Г.  $7 \text{ м/с}$ . Д.  $8 \text{ м/с}$ .

4. Теннисный мяч, брошенный горизонтально с высоты  $4,9 \text{ м}$ , упал на землю на расстоянии  $30 \text{ м}$  от точки бросания. Какова начальная скорость мяча и время его полета?

- А.  $30 \text{ м/с}$ ,  $1 \text{ с}$ . Б.  $26 \text{ м/с}$ ,  $1,5 \text{ с}$ .  
В.  $20 \text{ м/с}$ ,  $1 \text{ с}$ . Г.  $15 \text{ м/с}$ ,  $1 \text{ с}$ .  
Д.  $10 \text{ м/с}$ ,  $3 \text{ с}$ .

5. Тело свободно падает с высоты  $24,8 \text{ м}$ . Какой путь оно проходит за  $0,5 \text{ с}$  до падения на землю?

- А.  $12,4 \text{ м}$ . Б.  $10,2 \text{ м}$ .  
В.  $9,8 \text{ м}$ . Г.  $9 \text{ м}$ . Д.  $8,2 \text{ м}$ .

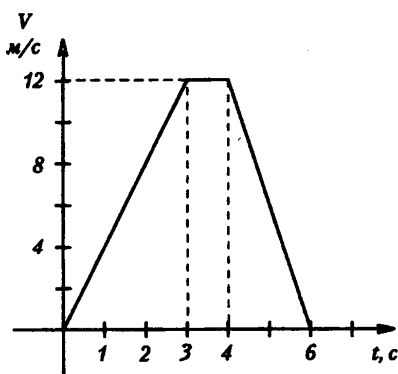


Рис. 49

**Вариант 2**

1. Наездник, проходит первую половину дистанции со скоростью 30 км/ч, а вторую – со скоростью 20 км/ч. Какова средняя скорость наездника на дистанции?

- А. 22 км/ч. Б. 24 км/ч.  
В. 25 км/ч. Г. 26 км/ч. Д. 28 км/ч.

2. На рисунке представлен график зависимости скорости тела  $V$  от времени  $t$ . Какой из графиков ниже на рисунке может соответствовать этой зависимости?

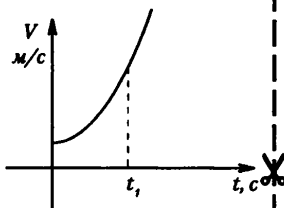
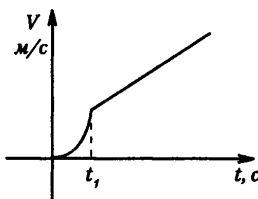
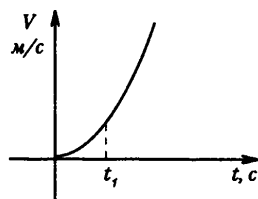
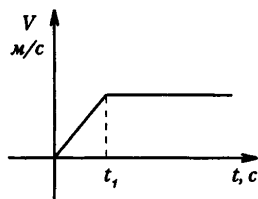


Рис. 50

- А. I. Б. II. В. I и III. Г. II и III. Д. I, II и III.

3. Какой из графиков зависимости ускорения тела  $a$  от времени  $t$  соответствует зависимости скорости от времени?

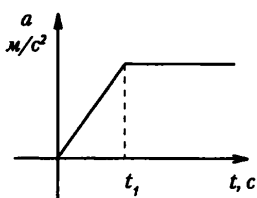
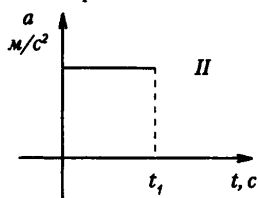
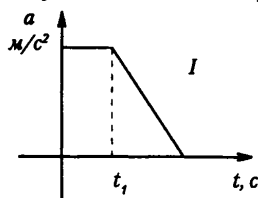


Рис. 51

- А. I. Б. II. В. III. Г. I и II. Д. I, II и III.

4. Какой путь проходит свободно падающая (без начальной скорости) капля за третью секунду от момента отрыва?

- А. 24,5 м. Б. 27,4 м.  
В. 30,2 м. Г. 32,6 м. Д. 33,1 м.

5. Упругий шар падает вертикально на наклонную плоскость со скоростью 5 м/с. На каком расстоянии шар второй раз ударится об эту плоскость?

Угол наклона плоскости к горизонту равен  $30^\circ$ .

- А. 6,1 м. Б. 5,9 м.  
В. 5,5 м. Г. 5,3 м.  
Д. 5,1 м.

## Контрольная работа по теме «Кинематика материальной точки» (вариант урока 21)

### Вариант 1

1. 1. Лыжник спускается с горы с начальной скоростью  $6 \text{ м/с}$  и ускорением  $0,5 \text{ м/с}^2$ . Какова длина горы, если спуск с нее продолжался  $12 \text{ с}$ ?

2. Автобус движется со скоростью  $54 \text{ км/ч}$ . На каком расстоянии от остановки водитель должен начать торможение, если для удобства пассажиров ускорение не должно превышать  $1,2 \text{ м/с}^2$ ?

3. Координата движущегося тела с течением времени меняется по следующему закону:  $x = -1 + 3t - t^2$ . Определите начальную координату тела, проекцию начальной скорости и проекцию ускорения. Укажите характер движения тела.

4. Троллейбус двигался со скоростью  $18 \text{ км/ч}$  и, затормозив, остановился через  $4 \text{ с}$ . Определите ускорение и тормозной путь троллейбуса.

5. Самолету для взлета нужно приобрести скорость, равную  $252 \text{ км/ч}$ . Сколько времени длится разгон, если эта скорость достигается в конце взлетной полосы длиной  $980 \text{ м}$ ?

6. По графику проекции скорости, изображенному на рисунке, определите ускорение, с которым двигалось тело, и перемещение, совершенное им за время  $8 \text{ с}$ .

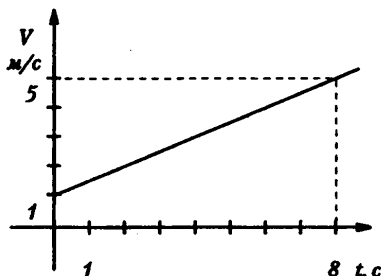


Рис. 52

7. Два автомобиля выезжают из одного пункта в одном направлении. Первый автомобиль выезжает на  $20 \text{ с}$  позже другого. Оба движутся с одинаковым ускорением, равным  $0,4 \text{ м/с}^2$ . Через сколько времени, считая от начала движения первого автомобиля, расстояние между ними окажется равным  $240 \text{ м}$ ?

8. С каким ускорением движется тело, если за шестую секунду этого движения оно прошло путь, равный  $11 \text{ м}$ ? Начальная скорость движения равна нулю.

9. Движение двух автомобилей описывается следующими уравнениями:  $x_1 = -2t + 0,2t^2$  и  $x_2 = 80 - 4t$ . Определите, когда и где произойдет их встреча. Найдите расстояние между ними через  $5 \text{ с}$  после начала движения.

**Вариант 2**

**1. 1.** При какой скорости самолет может приземлиться на посадочной полосе аэродрома длиной 800 м при торможении с ускорением  $5 \text{ м/с}^2$ ?

**2.** Через сколько секунд после отправления от станции скорость поезда метрополитена достигнет  $72 \text{ км/ч}$ , если ускорение при разгоне равно  $1 \text{ м/с}^2$ ?

**3.** Координата движущегося тела с течением времени меняется по следующему закону:  $x = 10 - t - 2t^2$ . Определите начальную координату тела, проекцию начальной скорости и проекцию ускорения. Укажите характер движения тела.

**II. 4.** За время торможения, равное 5 с, скорость автомобиля уменьшилась с  $72 \text{ км/ч}$  до  $36 \text{ км/ч}$ . Определите ускорение автомобиля при торможении и длину тормозного пути.

**5.** Пуля, летящая со скоростью  $400 \text{ м/с}$ , влетела в деревянную доску и углубилась в лес на 20 см. С каким ускорением двигалась пуля внутри доски? На какой глубине скорость пули уменьшилась в 2 раза?

**6.** По графику проекции скорости, изображенному на рисунке, определите ускорение, с которым двигалось тело, и перемещение, совершенное им за время 10 с.

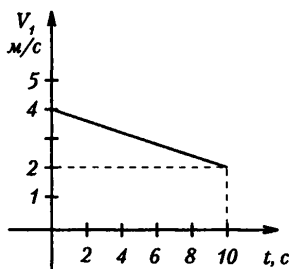


Рис. 53

**III. 7.** Два велосипедиста едут навстречу друг другу. Первый, имея скорость  $27 \text{ км/ч}$ , поднимается в гору с ускорением  $0,15 \text{ м/с}^2$ , а второй, имея скорость  $9 \text{ км/ч}$ , спускается с горы с ускорением  $0,25 \text{ м/с}^2$ . Через какой промежуток времени они встретятся, если известно, что встреча произойдет на середине пути?

**8.** Автобус, отходя от остановки, движется равноускоренно и проходит за третью секунду 2,5 м. Определите путь, пройденный автобусом за пятую секунду.

**9.** Уравнения движения двух тел имеют следующий вид:

$$x_1 = 10t + 0,4t^2 \text{ и } x^2 = -6t + 2t^2.$$

Найдите место и время их встречи. Каким будет расстояние между ними через 5 с?

## Самостоятельная работа (урок 28)

## Вариант I

1. Единицей измерения какой физической величины является Ньютон?

- А. Силы. Б. Массы.
- В. Работы. Г. Энергии.
- Д. Мощности.

2. Кто открыл закон инерции?

- А. Гераклит. Б. Аристотель.
- В. М. Ломоносов. Г. Галилей.
- Д. И. Ньютон.

3. Тело движется прямолинейно с постоянной скоростью. Какое утверждение о равнодействующей всех приложенных к нему сил правильно?

- А. Не равна нулю, постоянна по модулю и направлению.
- Б. Не равна нулю, постоянна по направлению, но не по модулю.
- В. Не равна нулю, постоянна по модулю, но не по направлению.
- Г. Равна нулю.
- Д. Равна нулю или постоянна по модулю и направлению.

4. Тело движется равноускоренно и прямолинейно. Какое утверждение о равнодействующей всех приложенных к нему сил правильно?

- А. Не равна нулю, постоянна по модулю и направлению.
- Б. Не равна нулю, постоянна по направлению, но не по модулю.
- В. Не равна нулю, постоянна по модулю, но не по направлению.
- Г. Равна нулю или постоянна по модулю и направлению.

5. Две силы  $F_1 = 3\text{ Н}$  и  $F_2 = 4\text{ Н}$  приложены к одной точке тела. Угол между векторами этих сил составляет  $90^\circ$ . Определите модуль равнодействующей сил.

- А. 1 Н. Б. 5 Н.
- В. 7 Н. Г. 25 Н.
- Д. Среди ответов А-Г нет правильного.

6. На тело действует сила тяжести 30 Н и сила 40 Н, направленная горизонтально. Каково значение модуля равнодействующей этих сил?

- А. 10 Н. Б. 70 Н.
- В. 50 Н. Г. 250 Н.
- Д. Среди ответов А-Г нет правильного.

7. Равнодействующая всех сил, приложенных к телу массой 5 кг, равна 10 Н. Каковы скорость и ускорение движения тела?

- А. Скорость 0 м/с, ускорение 2 м/с<sup>2</sup>.
- Б. Скорость 2 м/с, ускорение 0 м/с<sup>2</sup>.
- В. Скорость 2 м/с, ускорение 2 м/с<sup>2</sup>.
- Г. Скорость может быть любой, ускорение 2 м/с<sup>2</sup>.
- Д. Скорость 2 м/с, ускорение может быть любым.
- Е. Скорость и ускорение могут быть любыми.

8. Под действием силы 10 Н тело движется с ускорением 5 м/с<sup>2</sup>. Какова масса тела?

- А. 2 кг. Б. 0,5 кг.
- В. 50 кг.
- Г. Масса может быть любой.

**Вариант 2**

1. Единицей измерения какой физической величины является килограмм?  
 А. Силы. Б. Массы.  
 В. Работы. Г. Энергии.  
 Д. Мощности.
2. Кто открыл закон инерции?  
 А. Аристотель. Б. Гераклит.  
 В. М. Ломоносов. Г. И. Ньютон.  
 Д. Г. Галилей.
3. Тело движется прямолинейно с постоянной скоростью. Какое утверждение о равнодействующей всех приложенных к нему сил правильно?  
 А. Не равна нулю, постоянна по модулю, но не по направлению.  
 Б. Не равна нулю, постоянна по модулю и направлению.  
 В. Равна нулю, постоянна по модулю и направлению.  
 Г. Равна нулю или постоянна по модулю и направлению.  
 Д. Равна нулю.
4. Тело движется равноускоренно по окружности. Какое утверждение о равнодействующей всех приложенных к нему сил правильно?  
 А. Не равна нулю, постоянна по модулю, но не по направлению.  
 Б. Не равна нулю, постоянна по направлению, но не по модулю.  
 В. Не равна нулю, постоянна по модулю и направлению.  
 Г. Равна нулю или постоянна по модулю и направлению.  
 Д. Равна нулю.
5. Две силы  $F_1 = 2\text{ Н}$  и  $F_2 = 3\text{ Н}$  приложены к одной точке тела. Угол между векторами этих сил составляет  $90^\circ$ . Определите модуль равнодействующей сил.  
 А. 1 Н. Б. 5 Н.  
 В. 13 Н. Г. 13 Н.  
 Д. Среди ответов А-Г нет правильного.
6. На тело действует сила тяжести 40 Н и сила 30 Н, направленная горизонтально. Каково значение модуля равнодействующей этих сил?  
 А. 250 Н. Б. 50 Н.  
 В. 70 Н. Г. 10 Н.  
 Д. Среди ответов А-Г нет правильного.
7. Равнодействующая всех сил, приложенных к телу массой 3 кг, равна 6 Н. Каковы скорость и ускорение движения тела?  
 А. Скорость 0 м/с, ускорение 2 м/с<sup>2</sup>.  
 Б. Скорость 2 м/с, ускорение 0 м/с<sup>2</sup>.  
 В. Скорость 2 м/с, ускорение 2 м/с<sup>2</sup>.  
 Г. Скорость может быть любой, ускорение 2 м/с<sup>2</sup>.  
 Д. Скорость 2 м/с, ускорение может быть любым.  
 Е. Скорость и ускорение могут быть любыми.
8. Тело массой 2 кг движется с ускорением 4 м/с<sup>2</sup>. Какова равнодействующая всех приложенных к телу сил?  
 А. 2 Н.  
 Б. 0,5 Н.  
 В. 8 Н.  
 Г. Равнодействующая может иметь любое значение.



## Самостоятельная работа (урок 30)

## Вариант 1

1. Какая из приведенных ниже формул выражает закон Гука?

А.  $F = ma$ . Б.  $F = mN$ . В.  $F_x = -kx$ .

2. При столкновении двух вагонов буферные пружины жесткостью  $10^5$  Н/м сжались на 10 см. Чему равна максимальная сила упругости, с которой пружины действовали на вагон?

А.  $10^4$  Н. Б.  $2 \cdot 10^4$  Н. В.  $10^6$  Н. Г.  $2 \cdot 10^6$  Н.

3. На рис. 60 представлены графики зависимости модулей сил упругости от деформации для трех пружин. Жесткость какой больше?

А. 1. Б. 2. В. 3. Г. Жесткость всех трех пружин одинакова.

4. На рис. 61 приведен график зависимости модуля силы упругости от удлинения пружины. Чему равна жесткость пружины?

А. 0,2 Н/м. Б. 0,4 Н/м. В. 2 Н/м. Г. 10 Н/м.

5. Пружину, жесткость которой 100 Н/м, разрезали на две равные части. Чему равна жесткость каждой пружины?

А. 50 Н/м. Б. 100 Н/м.

В. 200 Н/м. Г. 400 Н/м.

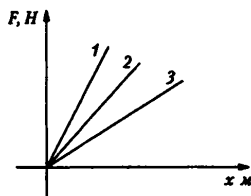


Рис. 60

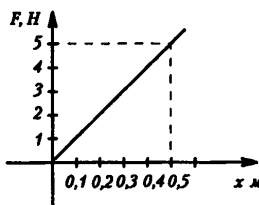


Рис. 61

## Вариант 2

1. Какая из приведенных ниже формул является выражением для силы упругости?

А.  $\vec{F} = m\vec{a}$ . Б.  $F = G \frac{mM}{R^2}$ . В.  $F = mN$ . Г.  $F = -kx$ .

2. При буксировке автомобиля буксирный трос с жесткостью  $10^6$  Н/м удлинился на 2 см. Чему равна сила упругости, с которой трос действует на автомобиль?

А.  $0,5 \cdot 10^6$  Н. Б.  $2 \cdot 10^6$  Н. В.  $0,5 \cdot 10^4$  Н. Г.  $2 \cdot 2 \cdot 10^4$  Н.

3. На рисунке 62 представлены графики зависимости модулей сил упругости от деформации для трех пружин. Жесткость какой меньше?

А. 1. Б. 2. В. 3. Г. Жесткость всех трех пружин одинакова.

4. На рисунке приведен график зависимости модуля силы упругости от деформации пружины. Чему равна жесткость пружины?

А. 0,2 Н/м. Б. 2 Н/м. В. 20 Н/м. Г. 80 Н/м.

5. Пружину, жесткость которой  $k$ , разрезали на две равные части. Чему равна жесткость каждой пружины?

А.  $k/2$ . Б.  $k$ . В.  $2k$ . Г.  $4k$ .

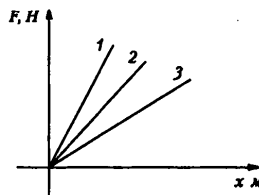


Рис. 62

## Самостоятельная работа (урок 32)

## Вариант 1.

1. Как изменится сила трения скольжения при движении бруска по горизонтальной плоскости, если силу нормального давления увеличить в 2 раза?

- А. Не изменится.
- Б. Увеличится в 2 раза.
- В. Уменьшится в 2 раза.
- Г. Увеличится в 4 раза.

2. Брусок массой 0,2 кг равномерно тянут с помощью динамометра по горизонтальной поверхности стола. Показания динамометра 0,5 Н. Чему равен коэффициент трения скольжения? Ускорение свободного падения примите равным  $10 \text{ м/с}^2$ .

- А. 0,2.
- Б. 0,25.
- В. 0,4.
- Г. 0,5.

3. На рисунке представлен график зависимости модуля силы трения  $F$  от модуля силы нормального давления  $N$ . Определите коэффициент трения скольжения (рис. 64).

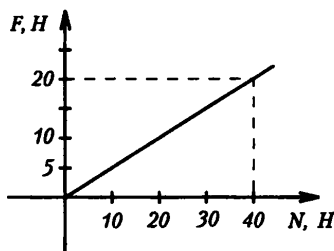


Рис. 64

- А. 0,1. Б. 0,2. В. 0,25. Г. 0,5

4. Конькобежец массой 60 кг скользит по льду. Определите силу трения скольжения, действующую на конькобежца, если коэффициент трения скольжения коньков по льду равен 0,015.

- А. 400 Н. Б. 40 Н.
- В. 9 Н. Г. 0,9 Н

5. Брусок массой  $m$  движется вверх по наклонной плоскости, коэффициент трения скольжения  $\mu$ . Чему равен модуль силы трения?

- А.  $\mu g$ . Б.  $\mu mg$ .
- В.  $\mu g \sin \alpha$ . Г.  $\mu mg \cos \alpha$ .

6. Брусок массой  $m$  кг лежит на наклонной плоскости, угол наклона которой к горизонту равен  $\alpha$ . Коэффициент трения скольжения  $\mu$ . Чему равен модуль силы трения?

- А.  $\mu g \sin \alpha$ .
- Б.  $\mu mg$ .
- В.  $\mu mg \cos \alpha$ .
- Г.  $\mu g$ .

### Вариант 2

1. На рисунке представлены графики зависимости модуля силы трения  $F$  от модуля силы нормального давления  $N$ . В каком случае коэффициент трения больше и во сколько раз?

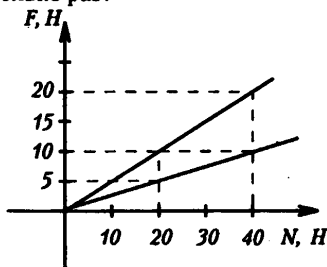


Рис. 65

- А. В первом случае;  $\mu_1 = 4 \mu_2$ .  
 Б. В первом случае;  $\mu_1 = 2 \mu_2$ .  
 В. Во втором случае;  $\mu_2 = 2 \mu_1$ .  
 Г. Во втором случае;  $\mu_2 = 4 \mu_1$ .

2. Брусок массой 0,2 кг прижат к вертикальной стене с силой 5 Н. Коэффициент трения между бруском и стеной равен 0,2. Чему равна сила трения скольжения бруска о стену?

- А. 0,4 Н. Б. 0,6 Н.  
 В. 1 Н. Г. 1,4 Н.

3. По условиям предыдущей задачи определите минимальную силу нормального давления на брусок, чтобы он был неподвижен. Ускорение свободного падения примите равным  $10 \text{ м/с}^2$ .

- А. 0,5 Н. Б. 1 Н.  
 В. 5 Н. Г. 10 Н.

4. Определите тормозной путь автомобиля, начавшего торможение на горизонтальном участке шоссе с коэффициентом трения 0,5 при начальной скорости движения  $15 \text{ м/с}$ . Ускорение свободного падения примите равным  $10 \text{ м/с}^2$ .

- А. 90 м. Б. 45 м.  
 В. 22,5 м. Г. 11,25 м.

5. Автомобиль совершает поворот по дуге окружности. Каково минимальное значение радиуса окружности траектории автомобиля при коэффициенте трения автомобильных шин о дорогу 0,4 и скорости автомобиля  $10 \text{ м/с}$ ? Ускорение свободного падения примите равным  $10 \text{ м/с}^2$ .

- А. 250 м. Б. 100 м. В. 50 м. Г. 25 м.

6. Брусок массой  $m$  движется вверх по горизонтальной поверхности под действием силы  $F$ , направленной под углом  $\alpha$ . Коэффициент трения скольжения  $\mu$ . Чему равен модуль силы трения?

- А.  $\mu g$                       Б.  $\mu mg$   
 В.  $mg \sin \alpha$               Г.  $\mu mg \cos \alpha$

6. Брусок массой  $m$  кг лежит на наклонной плоскости, угол наклона которой к горизонту равен  $\alpha$ . Коэффициент трения скольжения  $\mu$ . Чему равен модуль силы трения?

- А.  $F \cos \alpha$ . Б.  $F \sin \alpha$ . В.  $F \sin \alpha$ . Г.  $\mu (mg + A \sin \alpha)$

## Контрольная работа по теме «Динамика материальной точки» (урок 40)

### Вариант 1

1. Масса космонавта 60 кг. Какова его масса на Луне, где гравитационное притяжение тел в шесть раз слабее, чем на Земле?

А. 10 кг. Б. 54 кг. В. 60 кг. Г. 66 кг. Д. 360 кг

2. При отправлении поезда груз, подвешенный к потолку вагона, отклонился на восток. В каком направлении начал двигаться поезд?

А. На восток. Б. На запад. В. На север. Г. На юг.

Д. Среди ответов А-Г нет правильного.

3. В ящик массой 15 кг, скользящий по полу, садится ребенок массой 30 кг. Как при этом изменится сила трения ящика о пол?

А. Останется прежней. Б. Увеличится в 2 раза. В. Увеличится в 3 раза.

Г. Уменьшится в 2 раза. Д. Уменьшится в 3 раза.

4. Два бруска, связанные невесомой нерастяжимой нить, тянут с силой  $F = 2$  Н вправо по столу. Массы брусков  $m_1 = 0,2$  кг и  $m_2 = 0,3$  кг. Коэффициент трения скольжения бруска по столу  $\mu = 0,2$ . С каким ускорением сдвинутся бруски (рис. 87)?

А.  $1$  м/с<sup>2</sup>; Б.  $2$  м/с<sup>2</sup>; В.  $3$  м/с<sup>2</sup>; Г.  $4$  м/с<sup>2</sup>; Д.  $5$  м/с<sup>2</sup>

5. Шайба скользит с ледяной горки высотой  $H = 5$  м, наклонной к горизонту под углом  $\alpha = 45^\circ$ . Коэффициент трения шайбы о лед  $\mu = 0,2$ . Горка плавно переходит в горизонтальную ледяную поверхность.

Какой путь пройдет шайба до остановки по горизонтальной поверхности?

А. 25 м. Б. 10 м. В. 15 м. Г. 20 м. Д. 25 м.

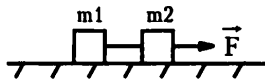


Рис. 87

### Вариант 2

1. На рисунке 88 представлены векторы скорости  $\vec{v}$  и ускорения  $\vec{a}$  движения тела. Каково направление равнодействующей всех сил, действующих на это тело?

2. Тело сжимают две силы. Сила, равная 100 Н, направлена вправо, а сила, равная 200 Н, направлена влево. Каковы направление и модуль равнодействующей сил, действующих на тело?

А. Вправо 100 Н; Б. Влево 200 Н; В. Вправо 200 Н;

Г. Влево 100 Н; Д. Влево 300 Н.

3. Тележку массой 15 кг толкают с силой 45 Н. Ускорение тележки при этом  $1$  м/с<sup>2</sup>. Чему равен модуль силы, препятствующий движению тележки?

А. 25 Н; Б. 30 Н; В. 35 Н; Г. 40 Н; Д. 45 Н.

4. Два тела, связанные невесомой нерастяжимой нитью, тянут с силой  $F = 12$  Н, составляющий угол  $\alpha = 60^\circ$  с горизонтом, по гладкому столу ( $\mu = 0$ ). Какова сила натяжения нити?

А. 1 Н; Б. 2 Н; В. 3 Н; Г. 4 Н; Д. 5 Н.

5. Кубик начинает скользить с начальной скоростью  $V_0 = 5$  м/с вверх по ледяной прямолинейной горке, наклоненной к горизонту под углом  $\alpha = 45^\circ$ . Коэффициент трения скольжения кубика о лед  $\mu = 0,2$ . Через какой промежуток времени кубик вернется к основанию горки?

А. 1,34 с; Б. 1,54 с; В. 1,74 с; Г. 1,94 с; Д. 2,04 с.

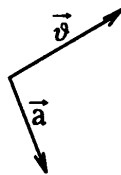


Рис. 88

**Контрольная работа по теме**  
**«Динамика материальной точки» (вариант урока 28)**

**Вариант 1**

I. 1. Летчик, масса которого равна 80 кг, выполняет мертвую петлю радиусом 250 м. При этом скорость самолета равна 5450 км/ч. С какой силой давит летчик на сиденье кресла в нижней точке петли?

2. Тело массой 10 кг соскальзывает с наклонной плоскости, у которой угол наклона равен  $40^\circ$ . Чему равна сила трения, если ускорение тела равно  $2 \text{ м/с}^2$ ?

II. 3. Определите радиус круга, который может описать мотоциклист, если он едет со скоростью 36 км/ч, а предельный угол его наклона к дороге равен  $60^\circ$ .

4. Автомобиль массой 2 т поднимается в гору, уклон которой равен 0,2. На участке пути, равном 32 м, скорость автомобиля возросла от 21,6 км/ч до 36 км/ч. Считая движение автомобиля равноускоренным, найдите силу тяги двигателя. Коэффициент сопротивления движению равен 0,02.

III. 5. Диск вращается в горизонтальной плоскости со скоростью 30 об/мин. На расстоянии 20 см от оси вращения на диске лежит тело массой 1 кг. Каким должен быть коэффициент трения, чтобы тело удержалось на диске?

6. Груз массой 20 кг, находящийся на наклонной плоскости, привязан к одному концу шнура, перекинутого через блок. К другому концу этого же шнура подвешен груз массой 4 кг. С каким ускорением будут двигаться грузы, если угол наклона плоскости равен  $30^\circ$ , а коэффициент трения равен 0,2?

**Вариант 2**

I. 1. С какой скоростью должен двигаться мотоцикл по выпуклому участку дороги, имеющему радиус кривизны 40 м, чтобы в верхней точке этого участка давление на дорогу было равно нулю?

2. Какую силу надо приложить для равномерного подъема вагонетки массой 600 кг по эстакаде с углом наклона  $20^\circ$ ? (Трение не учитывать.)

II. 3. Велотрек имеет закругление радиусом 50 м. В этом месте он имеет наклон к горизонту, равный  $45^\circ$ . На какую скорость велосипеда рассчитан такой наклон?

4. С каким ускорением скользит брусок по наклонной плоскости, угол наклона которой равен  $30^\circ$ , коэффициент трения равен 0,2?

III. 5. Груз массой 100 г находится на стержне, укрепленном перпендикулярно оси центробежной машины. Груз соединяют с осью пружиной, жесткость которой равна 300 Н/м. Каким должен быть период вращения стержня, чтобы пружина растянулась на четверть своей первоначальной длины? (Стержень считать идеально гладким).

6. С вершины наклонной плоскости, у которой высота равна 10 м, а угол наклона к горизонту равен  $30^\circ$ , начинает соскальзывать тело. Определите скорость тела в конце спуска и продолжительность спуска, если коэффициент трения тела о плоскость равен 0,1.

## Самостоятельная работа (урок 43)

## Вариант 1

1. Каким выражением определяют импульс тела?

- А.  $ma$ ;  
 Б.  $mV$ ;  
 В.  $Ft$ ;  
 Г.  $\frac{mV^2}{2}$

2. В каких единицах измеряется импульс в Международной системе?

- А. 1 Н;  
 Б. 1 кг;  
 В. 1 Нс;  
 Г. 1 Дж

3. Чему равно изменение импульса тела, если на него подействовала сила 15 Н в течение 5 с?

- А. 3 кг·м/с; Б. 5 кг·м/с;  
 В. 15 кг·м/с; Г. 75 кг·м/с

4. Тело массой  $m$  движется со скоростью  $V$ . После взаимодействия со стенкой тело стало двигаться в противоположном направлении с той же по модулю скоростью. Чему равен модуль изменения импульса тела?

- А. 0; Б.  $mV$ ;  
 В.  $2mV$ ; Г.  $4mV$

5. Какое из выражений соответствует закону сохранения импульса для случая взаимодействия двух тел?

- А.  $p = mV$ ;  
 Б.  $F \Delta t = mV_2 - mV_1$ ;

В.  $m_1 \vec{v}'_1 + m_2 \vec{v}'_2 = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2$ ;

Г.  $\frac{m_1 \vec{v}_1^2}{2} + \frac{m_2 \vec{v}_2^2}{2} = \frac{m_1 (\vec{v}'_1)^2}{2} + \frac{m_2 (\vec{v}'_2)^2}{2}$

6. Железнодорожный вагон массой  $m$ , движущийся со скоростью  $V$ , сталкивается с неподвижным вагоном массой  $2m$  и сцепляется с ним. Каким суммарным импульсом обладают два вагона после столкновения?

- А. 0; Б.  $mV$ ;  
 В.  $2mV$ ; Г.  $3mV$

7. Тележка массой 2 кг, движущаяся со скоростью 3 м/с, сталкивается с неподвижной тележкой массой 4 кг и сцепляется с ней. Чему равна скорость обеих тележек после взаимодействия?

- А. 0,5 м/с; Б. 1 м/с;  
 В. 1,5 м/с; Г. 3 м/с

8. При выстреле из пистолета вылетает пуля массой  $m$ , движется со скоростью  $V$ . Какой по модулю импульс приобретает после выстрела пистолет, если его масса в 100 раз больше массы пули?

- А. 0; Б.  $mV/100$ ;  
 В.  $mV$ ;  
 Г.  $100mV$

**Вариант 2**

1. Чему равен импульс тела массой 2 кг, движущегося со скоростью 3 м/с?

А. 1,5 кг · м/с; Б. 6 кг · м/с;

В. 9 кг · м/с; Г. 18 кг · м/с

2. Каково наименование единицы измерения, выраженное через основные единицы Международной системы ?

А. 1 кг; Б. 1 кг · м/с;

В. 1 кг · м/с<sup>2</sup>; Г. 1 кг · м<sup>2</sup>/с<sup>2</sup>

3. Какое выражение определяет изменение импульса тела?

А.  $m\bar{a}$  ;

Б.  $m\bar{v}$  ;

В.  $\bar{F}t$  ;

Г.  $\frac{m\bar{v}^2}{2}$

4. Тело массой  $m$  движется со скоростью  $V$ . После взаимодействия со стенкой тело стало двигаться в противоположном направлении с той же по модулю скоростью. Чему равен модуль изменения импульса тела?

А. 0; Б.  $mV$ ;

В.  $2mV$ ; Г.  $4mV$

5. Какое из выражения соответствует закону сохранения импульса для случая взаимодействия двух тел?

А.  $p = mV$ ;

Б.  $F \Delta t = mV_2 - mV_1$ ;

В.  $m_1\bar{v}'_1 + m_2\bar{v}'_2 = m_1\bar{v}_1 + m_2\bar{v}_2$  ;

Г.  $\frac{m_1\bar{v}_1^2}{2} + \frac{m_2\bar{v}_2^2}{2} = \frac{m_1(\bar{v}'_1)^2}{2} + \frac{m_2(\bar{v}'_2)^2}{2}$

6. Железнодорожный вагон массой  $m$ , движущийся со скоростью  $V$ , сталкивается с неподвижным вагоном массой  $2m$  и сцепляется с ним. Каким суммарным импульсом обладают два вагона после столкновения?

А. 0; Б.  $mV$ ;

В.  $2mV$ ; Г.  $3mV$

7. Тележка массой 2 кг, движущаяся со скоростью 3 м/с, сталкивается с неподвижной тележкой массой 4 кг и сцепляется с ней. Чему равна скорость обеих тележек после взаимодействия?

А. 0,5 м/с; Б. 1 м/с;

В. 1,5 м/с; Г. 3 м/с

8. При выстреле из пистолета вылетает пуля массой  $m$ , движется со скоростью  $V$ . Какой по модулю импульс приобретает после выстрела пистолет, если его масса в 100 раз больше массы пули?

А. 0;

Б.  $mV/100$ ;

В.  $mV$ ;

Г.  $100mV$

**Вариант 3**

1. Чему равен импульс тела массой 2 кг, движущегося со скоростью 3 м/с?
- А. 1,5 кг · м/с;  
Б. 6 кг · м/с;  
В. 9 кг · м/с;  
Г. 18 кг · м/с
2. Каково наименование единицы импульса, выраженное через основные единицы Международной системы?
- А. 1 кг; Б. 1 кгм/с;  
В. 1 кгм/с<sup>2</sup>;  
Г. 1 кгм<sup>2</sup>/с<sup>2</sup>
3. Какое выражение определяет изменение импульса тела?
- А.  $ma$ ; Б.  $mV$ ;  
В.  $Ft$ ; Г.  $mV^2/2$
4. Тело массой 2 кг движется со скоростью 3 м/с. После взаимодействия со стенкой тело стало двигаться в противоположном направлении со скоростью 2 м/с. Чему равен модуль изменения импульса тела?
- А. 2 кг · м/с;  
Б. 4 кг · м/с;  
В. 6 кг · м/с;  
Г. 10 кг · м/с
5. Какое из выражений соответствует закону сохранения импульса для случая взаимодействия двух тел?
- А.  $m_1V_1 + m_2V_2 = m_1V_1 + m_2V_2$   
Б.  $p = mV$   
Г.  $F \Delta t = mV_2 - mV_1$
6. Тележка массой 3 кг, движущаяся со скоростью 4 м/с, сталкивается с неподвижной тележкой той же массы и сцепляется с ней. Чему равен импульс тележек после взаимодействия?
- А. 6 кг · м/с;  
Б. 12 кг · м/с;  
В. 24 кг · м/с;  
Г. 0
7. Тележка массой 3 кг, движущая со скоростью 4 м/с, сталкивается с неподвижной тележкой той же массы и сцепляется с ней. Чему равна скорость обеих тележек после взаимодействия?
- А. 2 м/с;  
Б. 3 м/с;  
В. 4 м/с;  
Г. 12 м/с
8. Скорость легкового автомобиля в 4 раза больше скорости грузового, а масса грузового – в 2 раза больше массы легкового. Сравните значения модулей импульсов легкового  $p_1$  и грузового  $p_2$  автомобилей.
- А.  $p_1 = p_2$ ;  
Б.  $p_1 = 2p_2$ ;  
В.  $p_2 = 2p_1$ ;  
Г.  $p_1 = 4p_2$



### Самостоятельная работа (урок 44)

#### Вариант 1

1. По какой формуле следует рассчитывать работу силы  $F$ , если угол между направлением силы и перемещением  $S$  равен  $\alpha$ ?

- А.  $\frac{F}{S} \cos \alpha$ ; Б.  $S \cdot F \sin \alpha$ ; В.  $F \cdot S \cdot \cos \alpha$ ; Г.  $\frac{F}{S} \sin \alpha$

2. На рисунке 93 представлены три варианта взаимного расположения векторов силы  $F$ , действующей на тело, и скорости  $V$  тела. В

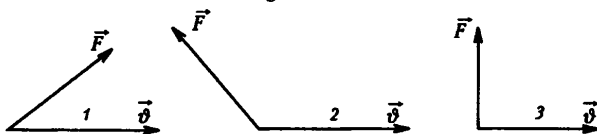


Рис. 93

каком случае работа силы  $F$  отрицательна?

- А. 1; Б. 2; В. 3; Г. Ни в одном из случаев 1-3

3. Лыжник может спуститься с горы от точки М до точки N по одной из траекторий, представленных на рисунке 94. При движении по какой траектории работа силы тяжести будет иметь максимальное по модулю значение?



Рис. 94

- А. 1; Б. 2; В. 3; Г. По всем траекториям работа силы тяжести одинакова.

4. Тело массой 1 кг силой 30 Н поднимается на высоту 5 м. Чему равна работа этой силы?

- А. 0 Дж; Б. 50 Дж; В. 100 Дж; Г. 150 Дж

5. Чему равна работа силы упругости, возникающей при растяжении резинового шнура жесткостью  $k = 1000$  Н/м на  $x = 6$  см?

#### Вариант 2

1. Как называется единица работы в Международной системе единиц?

- А. Ньютон; Б. Ватт; В. Джоуль; Г. Килограмм

2. Чему равна работа силы  $F$ , если угол  $\alpha$  между направлением силы и перемещением тела  $S$  равен  $90^\circ$ ?

- А.  $FS$ ; Б.  $F/S$ ; В.  $S/F$ ; Г. 0

3. На рисунке 95 представлены три варианта взаимного расположения векторов силы  $F$ , действующей на тело, и скорости  $V$  тела. В каком случае работа силы  $F$  положительна?

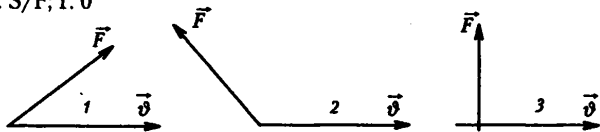


Рис. 95

- А. 1; Б. 2; В. 3; Г. Ни в одном из случаев 1-3.

4. Какая формула связывает мощность двигателя, силу тяги и максимальную скорость?

- А.  $V = F_{\text{тяги}} N$ ; Б.  $V = \frac{N}{F_{\text{тяги}}}$ ; В.  $V = \frac{F_{\text{тяги}}}{N}$ ; Г.  $V = F_{\text{тяги}} + N$

5. Чему равна работа силы, необходимая для подъема груза массой  $m = 20$  кг на высоту  $h = 5$  м с ускорением  $a = 1,2$  м/с<sup>2</sup>?

## Самостоятельная работа (урок 45)

## Вариант 1

1. Тело массой  $m$  поднято над поверхностью Земли на высоту  $h$ . Какова потенциальная энергия тела?

- А.  $mg$ ; Б.  $mgh$ ;
- В.  $mh$ ; Г.  $gh$ ;
- Д.  $mg/h$ .

2. Какова потенциальная энергия стакана с водой на столе относительно уровня пола? Масса стакана с водой 300 г, высота стола 80 см, ускорение силы тяжести  $10 \text{ м/с}^2$ .

- А.  $2,4 \cdot 10^5 \text{ Дж}$ ; Б.  $2,4 \cdot 10^3 \text{ Дж}$ ;
- В.  $2,4 \cdot 10^2 \text{ Дж}$ ; Г.  $2,4 \text{ Дж}$ ;
- Д.  $2,4 \cdot 10^{-2} \text{ Дж}$ .

3. Пружина жесткостью  $103 \text{ Н/м}$  растянута на 4 см. Какова потенциальная энергия упругой деформации пружины?

- А.  $4 \cdot 10^3 \text{ Дж}$ ; Б.  $80 \text{ Дж}$ ;
- В.  $40 \text{ Дж}$ ; Г.  $1,6 \text{ Дж}$ ;
- Д.  $0,8 \text{ Дж}$ .

## Вариант 2

1. Как называется физическая величина, равная произведению массы тела  $m$  на ускорение свободного падения и на расстояние  $h$  от тела до поверхности Земли?

- А. Импульс тела;
- Б. Импульс силы;
- В. Кинетическая энергия;
- Г. Потенциальная энергия;
- Д. Двойная кинетическая энергия.

2. Тело массой  $m$  находилось на расстоянии  $h$  от поверхности Земли. Затем расстояние увеличилось на  $\Delta h$ . Как изменилась потенциальная энергия тела?

- А. Увеличилась на  $mgh$ ;
- Б. Увеличилась на  $mg(h + \Delta h)$ ;
- В. Увеличилась на  $mg\Delta h$ ;
- Г. Уменьшилась на  $mgh$ ; Д. Уменьшилась на  $mg(h + \Delta h)$ ; Е. Уменьшилась на  $mg\Delta h$ .

3. Какова потенциальная энергия книги на столе относительно уровня пола? Масса книги 500 г, высота стола 80 см, ускорение силы тяжести  $10 \text{ м/с}^2$ .

- А.  $4 \cdot 10^{-2} \text{ Дж}$ ; Б.  $4 \text{ Дж}$ ;
- В.  $4 \cdot 10^2 \text{ Дж}$ ; Г.  $4 \cdot 10^3 \text{ Дж}$ ;
- Д.  $4 \cdot 10^5 \text{ Дж}$ .

4. Пружина жесткостью  $104 \text{ Н/м}$  растянута на 4 см. Какова потенциальная энергия упругой деформации пружины?

- А.  $10^4 \text{ Дж}$ ; Б.  $16 \text{ Дж}$ ;
- В.  $800 \text{ Дж}$ ; Г.  $400 \text{ Дж}$ ;
- Д.  $4 \cdot 10^4 \text{ Дж}$ .

## Самостоятельная работа (урок 46)

## Вариант 1

1. Тело массой  $m$  движется со скоростью  $V$ ? Каков импульс тела?

А.  $\frac{m\bar{v}^2}{2}$ ; Б.  $\frac{m\bar{v}^2}{2}$ ; В.  $m\bar{v}$ ; Г.  $\frac{m\bar{v}}{2}$ ; Д.  $m\bar{v}$ ; Е.  $\frac{m\bar{v}}{2}$

2. Тело массой  $m$  движется со скоростью  $V$ . Какова кинетическая энергия тела?

А.  $\frac{m\bar{v}^2}{2}$ ; Б.  $\frac{m\bar{v}^2}{2}$ ; В.  $m\bar{v}$ ; Г.  $\frac{m\bar{v}}{2}$ ; Д.  $m\bar{v}$ ; Е.  $\frac{m\bar{v}}{2}$

3. Камень брошен вертикально вверх. На пути 1 м его кинетическая энергия уменьшилась на 16 Дж. Какую работу совершила сила тяжести на этом пути?

А. - 16 Дж; Б. - 4 Дж;  
В. 16 Дж; Г. 4 Дж; Д. 0 Дж

4. Какова кинетическая энергия автомобиля массой 1000 кг, движущегося со скоростью 36 км/ч?

А.  $36 \cdot 10^3$  Дж; Б.  $648 \cdot 10^3$  Дж;  
В.  $10^3$  Дж; Г.  $5 \cdot 10^4$  Дж

5. Автомобиль движется со скоростью 10 м/с. С какой скоростью он должен двигаться для того, чтобы его кинетическая энергия увеличилась вдвое?

А. 40 м/с; Б. 20 м/с; В. 5 м/с; Г. 2,5 м/с; Д. 10 м/с; Е. м/с

## Вариант 2

1. Как называется физическая величина, равная произведению массы тела на вектор его мгновенной скорости?

А. Импульс тела.  
Б. Импульс силы.  
В. Кинетическая энергия.  
Г. Потенциальная энергия.  
Д. Двойная кинетическая энергия.

2. Как называется физическая величина, равная половине произведения массы тела на квадрат его мгновенной скорости?

А. Импульс тела.  
Б. Импульс силы.  
В. Кинетическая энергия.  
Г. Потенциальная энергия.  
Д. Двойная кинетическая энергия.

3. Камень брошен вертикально вверх. На пути 1 метр его кинетическая энергия увеличилась на 10 Дж. Какую работу совершила сила тяжести на этом пути?

А. - 16 Дж; Б. - 4 Дж;  
В. 16 Дж; Г. 4 Дж; Д. 0 Дж.

4. Какова кинетическая энергия ракеты массой 100 кг, движущейся со скоростью 60 км/мин?

А.  $10^8$  Дж; Б.  $5 \cdot 10^8$  Дж; В.  $1,8 \cdot 10^7$  Дж; Г.  $6 \cdot 10^3$  Дж; Д. 50 Дж.

5. Автомобиль движется со скоростью 10 м/с. С какой скоростью он должен двигаться для того, чтобы его кинетическая энергия уменьшилась вдвое?

А. 40 м/с; Б. 20 м/с;  
В. 5 м/с; Д. 10 м/с; Е. м/с

## Самостоятельная работа (Урок 47)

### Вариант 1

1. Лошадь перемещает телегу, прикладывая силу в 500 Н под углом  $45^\circ$  к горизонту. Какую мощность развивает лошадь, если за каждые 2 с она проходит 6 м?

2. Автомобиль массой 2 т трогается с места и движется в гору, угол наклона которой  $65^\circ$ . На расстоянии 100 м автомобиль, двигаясь равноускоренно, развил скорость 36 км/ч. Коэффициент трения 0,05. Определите среднюю мощность, развиваемую двигателем автомобиля.

### Вариант 2

1. Трактор тянет плуг, прилагая силу 60 кН под углом  $25^\circ$  к направлению движения. Определить мощность, развиваемую трактором, если за 10 с трактор проходит равномерно 50 м.

2. Автомобиль массой 2 т спускается с горы, угол наклона которой  $7^\circ$ . Пройдя из состояния покоя путь 50 м, автомобиль приобрел скорость 72 км/ч. Коэффициент сопротивления движению 0,04. Найти среднюю мощность, развиваемую автомобилем на этом участке.

## Контрольная работа по теме «Закон сохранения» (урок 52)

### Вариант 1

1. Шарик массой  $m$ , движущийся вправо со скоростью  $V_0$  в направлении стенки, абсолютно упруго отражается от нее. Каково изменение импульса шарика?

А.  $mV_0$  (направлено влево). Б.  $2mV_0$  (направлено влево).  
В.  $mV_0$  (направлено вправо). Г.  $2mV_0$  (направлено вправо). Д. 0

2. По условию задачи 1 определите изменение кинетической энергии шарика.

А.  $mV_0^2$ ; Б.  $(mV_0^2)/2$ ; В. 0; Г.  $(-mV_0^2)/2$ ; Д.  $-mV_0^2$

3. Два мяча, движущихся друг другу со скоростями 2 м/с и 4 м/с. Массы мячей равны 150 г и 50 г соответственно (рис. 100).  $V_1 = 2$  м/с,  $V_2 = 4$  м/с.

После столкновения меньший мяч стал двигаться вправо со скоростью 5 м/с. С какой скоростью и в каком направлении будет двигаться больший мяч?

А. 1 м/с, влево; Б. 1 м/с, вправо; В. 2 м/с, влево; Г. 2 м/с, вправо; Д. 3 м/с, влево

4. Шарик из пластилина массой  $m$ , висающий на нити, отклоняют от положения равновесия на высоту  $H$  и отпускают. Он сталкивается с другим шариком массой  $2m$ , висающим на нити равной длины (рис. 101).

На какую высоту поднимутся шарики после абсолютно неупругого столкновения?

А.  $H/16$ ; Б.  $H/9$ ; В.  $H/8$ ; Г.  $H/4$ ; Д.  $H/2$

5. На столе высотой 1 м лежат рядом пять словарей, толщиной по 10 см и массой по 2 кг каждый. Какую работу требуется совершить, чтобы уложить их друг на друга?

А. 29,4 Дж; Б. 24,5 Дж; В. 19,6 Дж; Г. 9,8 Дж; Д. Среди ответов А-Г нет правильного.

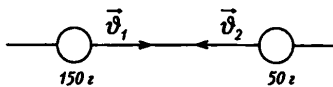


Рис. 100

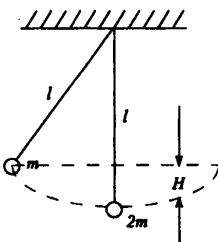


Рис. 101

**Вариант 2**

1. Какую скорость приобретет неподвижное тело массой 5 кг под действием импульса силы 20 Н·с?

- А. 100 м/с ; Б. 20 м/с; В. 10 м/с; Г. 4 м/с; Д. 2 м/с

2. После удара о пружину металлический цилиндр массой 1 кг останавливается за 0,02 с (рис. 102). Начальная скорость цилиндра  $V_0 = 10$  м/с.

Каково изменение импульса цилиндра в результате его остановки?

- А. 0,2 кг·м/с; Б. 2 кг·м/с; В. 10 кг·м/с; Г. 20 кг·м/с; Д. 200 кг·м/с

3. По условию задачи 2 определите среднюю силу сопротивления пружины.

- А. 200 Н; Б. 300 Н; В. 400 Н; Г. 500 Н; Д. 600 Н

4. Шарик массой  $m$ , подвешенный на нити длиной  $l$ , вращается по окружности радиусом  $r$  в горизонтальной плоскости с угловой скоростью  $\omega$ . Какова сила натяжения нити (рис. 103)?

- А.  $mg \cos \alpha$ ; Б.  $mg r/l$ ; В.  $m(\omega^2 r^2 + g^2)^{1/2}$ ; Г.  $mg r \sin \alpha/2$ ; Д.  $m(\omega^4 r^2 + g^2)^{1/2}$

5. Во сколько раз радиус орбиты спутника, висящего над определенной точкой Земли, больше радиуса Земли?

- А. в 3 раза; Б. в 7 раз; В. в 10 раз; Г. в 18 раз; Д. в 21 раз



Рис. 102

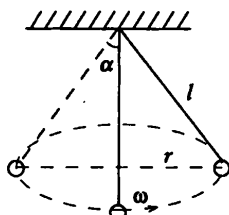


Рис. 103

**Контрольная работа по теме «Статика» (урок 57)**

**Вариант 1**

1. На концах уравновешенного рычага длиной 52 см подвешены грузы массами 0,25 кг и 0,4 кг. Пренебрегая массой рычага, найдите плечи этих сил.

2. Горизонтальная балка массой 400 кг и длиной 5 м лежит своими концами на опорах. Определить силу давления на каждую из опор, если на расстоянии 2 м от конца подвешен груз массой 500 кг.

3. Фонарь массой 4 кг подвешен над улицей на двух одинаковых тросах, угол между которыми равен  $160^\circ$ . Найдите натяжение тросов.

4. К кронштейну ABC подвешен груз массой 0,7 кг (рис. 113). Угол  $\alpha = 30^\circ$ . Определить силы упругости в стержнях BC и AC.

5. Стержень, закрепленный шарнирно в точке O, отведен на угол  $\alpha = 30^\circ$ . Сила  $F = 2,5$  Н. Какова масса стержня, если сила F удерживает стержень в равновесии (рис. 114)?

6. Верхний конец лестницы опирается на гладкую вертикальную стену, а нижний находится на шероховатом полу (рис. 115). Коэффициент трения между лестницей и полом 0,5. При каких углах  $\alpha$  наклона лестницы она будет находиться в равновесии? Трением о стенку пренебречь.

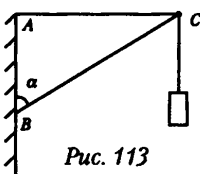


Рис. 113

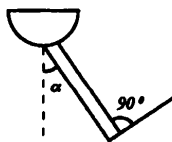


Рис. 114

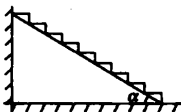


Рис. 115

**Вариант 2**

1. Стержень длиной 1 м и массой 2 кг подвешен за концы горизонтально на двух веревках. На расстоянии 0,25 м от левой веревки к стержню подвешен груз массой 12 кг. Найти силы натяжения веревок.

2. К концам рычага длиной 28 см подвешены грузы массами 0,9 кг и 0,3 кг. Пренебрегая массой рычага, найти плечи этих сил при равновесии рычага.

3. Лодку равномерно тянут к берегу двумя канатами, расположенными в горизонтальной плоскости. Угол между канатами  $90^\circ$ . К канатам приложены силы по 120 Н каждая. Какова сила сопротивления воды?

4. Фонарь массой 4,3 кг укреплен на подвесе (рис. 116). Определить силы упругости в бруске АВ и проволоке ВС, если  $AC=AB=500$  мм. Массами бруска и проволоки пренебречь.

5. С какой силой рабочий удерживает доску массой 40 кг и длиной 4 м, если он прилагает силу к краю доски перпендикулярно к ней (рис. 117). Доска образует с горизонталью угол  $\alpha = 30^\circ$ .

6. Однородный стержень АВ о шероховатый и удерживается в равновесии горизонтальной нитью ВС. Коэффициент трения между стержнем и полом равен 0,5 (рис. 118). При каких углах наклона стержня возможно это равновесие?

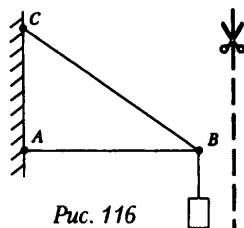


Рис. 116

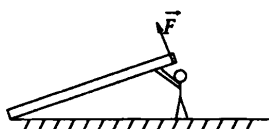


Рис. 117

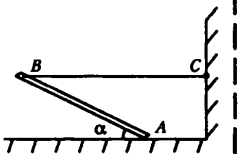


Рис. 118

**Самостоятельная работа (урок 62)****Вариант 1**

1. Рассчитайте число молекул, содержащихся в 1 г гелия.
2. Какова масса 50 молей углекислого газа?
3. Рассчитайте массу  $2 \cdot 10^{23}$  молекул азота.
4. Сколько молекул содержится в  $5 \text{ м}^3$  олова? Плотность олова  $7300 \text{ кг/м}^3$ .
5. На изделие, поверхность которого  $20 \text{ см}^2$ , нанесли слой серебра толщиной 1 мкм. Сколько атомов серебра содержится в покрытии? Плотность серебра  $10,5 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ .

**Вариант 2**

1. Рассчитайте массу молекулы кислорода.
2. Какое количество вещества содержится в алюминиевой отливке массой 5,4 кг?
3. Какова масса 20 молей ацетона  $\text{C}_2\text{H}_2$ ?
4. Сравните массы тел, сделанных из олова и свинца, если они содержат равные количества вещества.
5. Сравните число атомов, из которых состоят серебряная и алюминиевая ложки равного объема. Плотность серебра  $10,5 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ , а алюминия —  $2,7 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ .

Кроссворд «Строение вещества»



1. Газ, без которого невозможна жизнь человека.
2. Химически неделимая часть молекулы.
3. Оптический прибор для получения изображений неразличимых невооруженным глазом предметов.
4. Древнегреческий ученый.
5. Наименьшая частица вещества, обладающая его химическими свойствами.
6. Великий русский ученый, один из основателей учения о молекулярном строении вещества.
7. Явление проникновения молекул одного вещества в промежутки между молекулами другого вещества.
8. Шведский ученый, в честь которого названа температурная шкала.
9. Общее название физических явлений нагревания, охлаждения, таяния, плавления, кипения.
10. Явление взаимного тяготения тел.
11. ... - это то, из чего состоит однородное физическое тело.
12. Чем больше средняя скорость молекул тела, тем выше его...
13. Одно из агрегатных состояний вещества.
14. Научное предположение.
15. Физическое явление на границе соприкосновения твердого тела, жидкости и газа.
16. Морская птица, способная глубоко нырять.

**Самостоятельная работа (урок 67)****Вариант 1**

1. В сосуде вместимостью  $5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$  находится водород массой 1 кг под давлением  $2 \cdot 10^5 \text{ Па}$ . Чему равна средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул?

2. В баллоне вместимостью  $5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$  находится 1 моль газа. Какова концентрация молекул в баллоне? Рассчитайте концентрацию молекул в баллоне, если в нем осталась половина массы газа.

3. Изменится ли давление идеального газа на стенки сосуда, если концентрация его молекул уменьшится в четыре раза, а средняя квадратичная скорость молекул увеличится в четыре раза? Ответ обоснуйте.

4. Средняя квадратичная скорость молекул метана при нормальном атмосферном давлении равна 651 м/с. Какова концентрация молекул метана?

Масса молекулы метана равна  $26,6 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$ .

**Вариант 2**

1. Кислород массой 0,32 кг занимает объем  $2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ . Рассчитайте концентрацию молекул.

2. Рассчитайте давление, оказываемое молекулами азота на стенки сосуда, если средний квадрат скорости движения его молекул  $v^2 = 0,5 \cdot 10^6 \text{ м}^2/\text{с}^2$ . Плотность азота равна  $1,25 \text{ кг}/\text{м}^3$ .

3. Температура газа  $30 \text{ }^\circ\text{C}$ . Концентрация молекул  $10^{25} \text{ м}^{-3}$ . Под каким давлением находится газ?

4. Масса молекулы озона равна  $80 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$ . Рассчитайте среднюю квадратичную скорость молекул этого газ при  $29 \text{ }^\circ\text{C}$ .

5. Можно ли говорить о концентрации применительно к одной молекуле?

6. Можно ли говорить о температуре одной или нескольких молекул?



**Самостоятельная работа (урок 68)****Вариант 1**

1. Как изменится давление идеального одноатомного газа при уменьшении его объема в 4 раза и увеличении абсолютной температуры в 2 раза?

А. Увеличится в 8 раз. Б. Увеличится в 4 раза. В. Увеличится в 2 раза. Г. Не изменится.

2. Вычислите давление кислорода массой 0,032 кг в сосуде объемом 8,3 м<sup>3</sup> при температуре 100 °С.

А. 10 Па. Б. 830 Па.

В. 100 Па. Г. 373 Па.

3. Как меняется масса воздуха в помещении, если температура увеличивается?

А. Уменьшается. Б. Увеличивается. В. Не изменяется.

4. Чему равен объем 1 моля идеального газа при нормальных условиях?

А. 1 м<sup>3</sup>. Б. 24 м<sup>3</sup>. В. 0,024 м<sup>3</sup>.

5. В баллоне находится газ при  $t = 27^\circ\text{C}$ . Во сколько раз уменьшится давление газа, если 50 % его выйдет из баллона, а температура при этом увеличится до 600 К?

6. Масса кислорода  $m$  при давлении  $P$  занимает объем  $V$ . Как изменится температура газа, если при увеличении давления до  $2P$  его объем уменьшился в  $V/10$ ?

А. Увеличится в 5 раз.

Б. Уменьшится в 5 раз.

В. Не изменится.

7. В баллоне при неизменной массе газа температура увеличилась от 1 до 2°С. Как изменилось давление?

А. Увеличилось в 2 раза. Б. Увеличилось в 1,004 раза.

В. Не изменилось.

8. Что и по каким физическим величинам можно вычислить на основании уравнения Менделеева-Клапейрона?

1. Плотность газа, используя  $R$ ,  $\rho$ ,  $T$ ,  $M$ .

2. Число молекул в газе, используя  $V$ ,  $T$ ,  $P$ ,  $c$ .

3. Массу молекулы, используя  $T$ ,  $P$ ,  $c$ ,  $N_A$ ,  $R$ .

А. 1, 2, 3. Б. 1, 2. В. 1, 3.

**Вариант 2**

1. Как изменится давление идеального одноатомного газа при увеличении его объема и температуры в 2 раза?
- А. Увеличится в 4 раза.
  - Б. Уменьшится в 2 раза.
  - В. Останется прежним.
2. Вычислите давление водорода массой 0,02 кг в сосуде объемом 8,3 м<sup>3</sup> при температуре 100 °С.
- А. 3730 Па.
  - Б. 373 Па.
  - В. 1000 Па.
3. Как изменится плотность воздуха в помещении, если температура уменьшится?
- А. Не изменится.
  - Б. Уменьшится.
  - В. Увеличится.
4. Чему равны давление и температура газа при нормальных условиях?
- А.  $p = 10^5 \text{ Па}$  и  $t = 100^\circ\text{C}$  1 м<sup>3</sup>.
  - Б.  $p = 10^5 \text{ Па}$  и  $T = 273 \text{ К}$ .
  - В.  $p = 10^5 \text{ кПа}$  и  $T = 273 \text{ К}$ .
5. В баллоне находится газ при  $T = 300 \text{ К}$ . Во сколько раз уменьшится давление газа, если 50 % его выйдет из баллона, а температура останется неизменной?
- А. Уменьшится в 50 раз.
  - Б. Уменьшится в 2 раза.
  - В. Увеличится в 2 раза.
6. При нормальных условиях плотность кислорода:
- А. Больше плотности водорода.
  - Б. Меньше плотности водорода.
  - В. Равна плотности водорода.
7. При повышении температуры в комнате меняется:
- А. Давление.
  - Б. Давление и масса воздуха.
  - В. Масса воздуха.
8. В цилиндре с поршнем произошло увеличение давления газа больше допустимого за счет увеличения температуры. Как можно установить прежнее давление?
- А. Увеличением объема цилиндра или уменьшением массы газа.
  - Б. Только уменьшением массы газа.
  - В. Только увеличением объема цилиндра.

**Контрольная работа по теме «Молекулярная физика» (урок 72)****Вариант 1**

1. Ионизация атома происходит, когда ...

- А. электроны добавляются к атому или удаляются из него.
- Б. протоны добавляются к атому или удаляются из него.
- В. атомы ускоряются до значительной скорости
- Г. атом излучает энергию
- Д. электрон переходит на другую орбиту.

2. В резервуаре находится кислород. Чем определяется давление на стенки резервуара?

- А. Столкновением между молекулами.
- Б. Столкновениями молекул со стенками.
- В. Силами притяжения между молекулами.
- Г. Силами отталкивания между молекулами.
- Д. Силами притяжения молекул со стенками.

3. Каково число нейтронов в ядре изотопа Fe?

- А. 26. Б. 13. В. 30. Г. 56. Д. Среди ответов А-Г нет правильного

4. Воздух, находящийся в сосуде при атмосферном давлении и при температуре  $t_1 = 20^\circ\text{C}$  нагревают до температуры  $t_2 = 60^\circ\text{C}$ . Найдите давление воздуха после его нагревания.

- А.  $1,1 \cdot 10^5$  Па. Б.  $1,25 \cdot 10^5$  Па.
- В.  $1,15 \cdot 10^5$  Па. Д.  $1,3 \cdot 10^5$  Па. В.  $1,2 \cdot 10^5$  Па

5. До какого давления накачан футбольный мяч объемом 3 л за 30 качаний поршневого насоса? При каждом качании насос захватывает из атмосферы объем воздуха  $200 \text{ см}^3$ . Атмосферное давление нормальное ( $1 \text{ атм} = 1,01 \cdot 10^5 \text{ Па}$ ).

- А. 1,2 атм. Б. 1,4 атм.
- В. 1,6 атм. Г. 2,0 атм. Д. 2,5 атм

**Вариант 2**

1. При изотермическом сжатии определенной массы газа будет уменьшаться...

А. давление. Б. масса. В. плотность. Г. среднее расстояние между молекулами газа. Д. средняя квадратичная скорость молекул.

2. При повышении температуры идеального газа обязательно увеличивается...

А. давление газа. Б. концентрация молекул. В. средняя кинетическая энергия молекул. Г. объем газа. Д. число молей газа

3. Каков суммарный заряд изотопа Na?

- А.  $+11e$ . Б.  $+23e$ .
- В.  $-11e$ . Г.  $-23e$ . Д. 0

4. Давление газа в лампе  $4,4 \cdot 10^4$  Па, а его температура  $47^\circ\text{C}$ . Какова концентрация атомов газа?

- А.  $10^{25} \text{ м}^{-3}$ . Б.  $2 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$ .
- В.  $4 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$ . Г.  $10^{25} \text{ м}^{-3}$ . Д.  $8 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$

5. В сосуде объемом 30 л находится смесь газов: 28 г азота и 16 г кислорода. Давление смеси  $1,25 \cdot 10^5 \text{ Па}$ . Какова температура газа?

- А. 250 К. Б. 270 К. В. 280 К. Г. 290 К. Д. 300 К

### Вариант контрольной работы

#### Вариант 1

1. В баллоне содержится 40 л газа при температуре  $27^\circ\text{C}$  и давлении 15 атм. Привести объем газа к нормальным условиям.

2. Имеется 12 л углекислого газа под давлением 9 атм и температуре  $288^\circ\text{C}$ . Найти массу газа.

3. Представить данный процесс в координатах  $P(T)$  и  $P(V)$ .

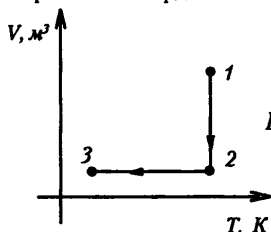


Рис. 134

4. Под каким давлением нужно сжать воздух, чтобы при температуре  $100^\circ\text{C}$  его плотность стала равной плотности при нормальных условиях?

5. Объем пузырька газа, всплывающего на поверхность со дна озера, увеличился в 2 раза. Определить глубину озера. Температура воздуха на поверхности озера  $27^\circ\text{C}$ , а на его дне  $17^\circ\text{C}$ . Атмосферное давление нормальное.

6. Представить данный процесс в координатах  $V(T)$  и  $P(V)$ .

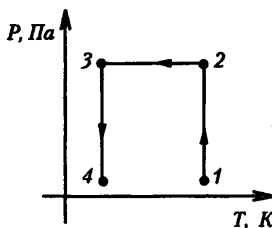


Рис. 135

7. Цилиндрический сосуд делится на две части подвижным поршнем. Каково будет равновесное положение поршня, когда в одну часть сосуда помещено некоторое количество кислорода, в другую – такое же количество водорода, если общая длина сосуда равна 85 см?

8. Поршень массой 3 кг и площадью  $0,1 \text{ дм}^2$  давит на газ в вертикальном цилиндре. Во сколько раз уменьшится объем газа, если на поршень поставить груз массой 3,1 кг? Атмосферное давление 100 кПа. Температура постоянна.

9. Представить данный процесс в координатах  $V(T)$  и  $P(T)$ .

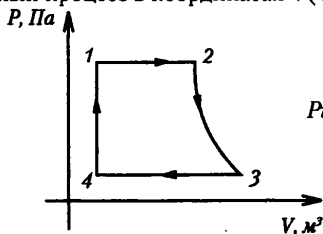


Рис. 136

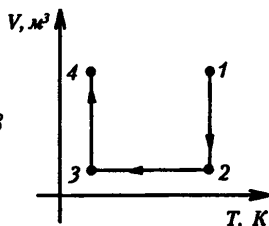
**Вариант 2**

1. Водород при температуре  $15^\circ\text{C}$  и давлении  $1,33 \cdot 10^5$  Па занимает объем 2 л. Газ сжали до объема 12,5 л и температуру повысили до  $30^\circ\text{C}$ . Каким стало давление газа?
2. При какой температуре 1 л воздуха имеет массу 1 г? Давление нормальное.
3. Представить данный процесс в координатах  $V(T)$  и  $P(V)$ .

Рис. 137

4. Газ в сосуде находится под давлением 2 атм при температуре  $127^\circ\text{C}$ . Определить давление газа после того, как половина массы газа выпущена из сосуда, а температура понижена на  $50^\circ\text{C}$ .
5. Открытую стеклянную трубку длиной 1 м погружают в ртуть. Затем трубку закрывают пальцем и вынимают. При этом в трубке остался столбик ртути высотой 25 см. Чему равно атмосферное давление?
6. Представить данный процесс в координатах  $P(T)$  и  $P(V)$ .

Рис. 138

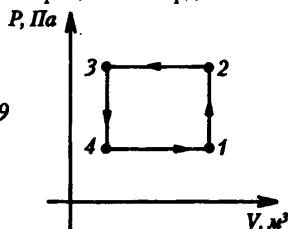


7. Три баллона емкостью 3 л, 7 л и 5 л наполнены кислородом ( $p_1 = 2$  атм), азотом ( $p_2 = 3$  атм) и углекислым газом ( $p_3 = 0,6$  атм) при одной и той же температуре. Баллоны соединяют между собой, причем образуется смесь той же температуры. Каково давление смеси?

8. Водяной паук-серебрянка строит в воде воздушный домик, перенося на лапках и брюшке пузырьки атмосферного воздуха и помещая их под купол паутины, прикрепленный концами к водным растениям. Сколько рейсов надо сделать пауку, чтобы на глубине 50 см построить домик объемом  $1 \text{ см}^3$ , если каждый раз он берет  $5 \text{ мм}^3$  воздуха под атмосферным давлением?

9. Представить данный процесс в координатах  $V(T)$  и  $P(T)$ .

Рис. 139



**Самостоятельная работа (урок 76)**

1. Какое количество теплоты выделится при полном сгорании 20 кг каменного угля?

2. Какое количество теплоты выделится при полном сгорании 50 л метана? Плотность метана примите равной  $0,7 \text{ кг/м}^3$ .

3. На стаканчике с йогуртом написано: энергетическая ценность 72 ккал. Выразите энергетическую ценность продукта в Дж.

4. Теплота сгорания суточного рациона питания для школьников вашего возраста составляет около 1,2 МДж.

1) Достаточно ли для вас потребление в течение дня 100 г жирного творога, 50 г пшеничного хлеба, 50 г говядины и 200 г картофеля. Необходимые дополнительные данные:

Удельная теплота сгорания  $q \cdot 10^3$ , Дж/кг:

– творог жирный – 9755;

– хлеб пшеничный – 9261;

– говядина – 7524;

– картофель – 3776.

2) Достаточно ли для вас потребление в течение дня 100 г окуня, 50 г свежих огурцов, 200 г винограда, 100 г ржаного хлеба, 20 г подсолнечного масла и 150 г сливочного мороженого.

Удельная теплота сгорания  $q \cdot 10^3$ , Дж/кг:

– окунь – 3520;

– огурцы свежие – 572;

– виноград – 2400;

– хлеб ржаной – 8884;

– масло подсолнечное – 38900;

– мороженое сливочное – 7498.

5. При подготовке к урокам в течение двух часов вы тратите около 800 кДж энергии. Восстановите ли вы запас энергии, если выпьете 200 мл обезжиренного молока и съедите 50 г пшеничного хлеба? Плотность обезжиренного молока равна  $1036 \text{ кг/м}^3$ .

6. Воду из мензурки перелили в сосуд, нагреваемый пламенем спиртовки, и испарили. Рассчитайте массу сгоревшего спирта. Нагреванием сосуда и потерями на нагревание воздуха можно пренебречь.

7. Какое количество теплоты выделится при полном сгорании 1 т антрацита?

8. Какую массу биогаза надо сжечь, чтобы выделилось 50 МДж теплоты?

9. Какое количество теплоты выделится при сгорании 5 л мазута. Плотность мазута примите равной  $890 \text{ кг/м}^3$ .

10. На коробке конфет написано: калорийность 100 г 580 ккал. Выразите калорийность продукта в Дж.

11. Изучите этикетки разных пищевых продуктов. Запишите энергетическую ценность (калорийность) продуктов, выразив ее в джоулях или калориях (килокалориях).

12. При езде на велосипеде за 1 час вы тратите примерно 2260 000 Дж энергии. Восстановите ли вы запас энергии, если съедите 200 г вишни?

## Самостоятельная работа (урок 78)

## Вариант 1

1. Используя показания термометров и психрометрическую таблицу, определите относительную влажность воздуха.

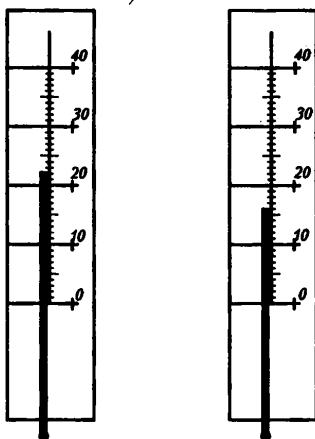


Рис. 141

2. Используя психрометрическую таблицу, определите недостающие параметры:

	$t_{\text{сух}} \text{ } ^\circ\text{C}$	$t_{\text{влаж}} \text{ } ^\circ\text{C}$	$Dt, \text{ } ^\circ\text{C}$	$g, \%$
1	26	18	—	—
2	20	—	—	83
3	—	—	5	35
4	—	24	2	—

3. В комнате при температуре  $20 \text{ } ^\circ\text{C}$  относительная влажность составляет 20%. Сколько нужно испарить воды для увеличения влажности до 50%, если объем комнаты  $40 \text{ м}^3$ ?

## Вариант 2

1. Влажный термометр психрометра показывает  $18 \text{ } ^\circ\text{C}$ , а сухой –  $22 \text{ } ^\circ\text{C}$ . Какова относительная влажность воздуха в помещении?

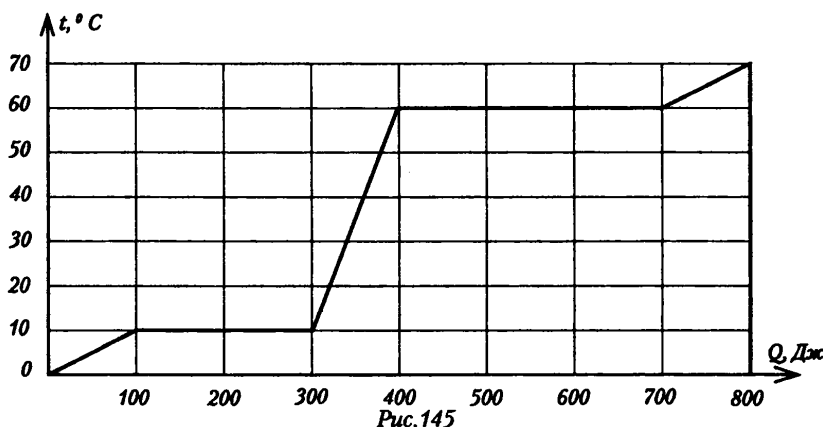
2. При температуре воздуха  $26 \text{ } ^\circ\text{C}$  влажный термометр психрометра показывает  $22 \text{ } ^\circ\text{C}$ . Определите показание влажного термометра психрометра при понижении температуры воздуха до  $16 \text{ } ^\circ\text{C}$ , если относительная влажность воздуха не изменится.

3. В теплице для прорастания огурцов и дынь нужно поддерживать температуру  $32 \text{ } ^\circ\text{C}$  и относительную влажность 90%. Выполняется ли это требование, если влажный термометр психрометра показывает  $29 \text{ } ^\circ\text{C}$ , а сухой –  $30 \text{ } ^\circ\text{C}$ ?

## Контрольная работа по теме «Агрегатные состояния вещества» (урок 86)

### Вариант I

1. На рисунке представлена зависимость температуры 10 г вещества от подведенного количества теплоты. Какова температура парообразования вещества?



А. 0 °С; Б. 10 °С; В. 20 °С; Г. 50 °С; Д. 70 °С

2. По данным задачи 1 определите отношение удельной теплоты парообразования к удельной теплоте плавления.

- А. 1 : 1;
- Б. 2 : 1;
- В. 3 : 2;
- Г. 3 : 1;
- Д. 4 : 1

3. По данным задачи 1 определите удельную теплоемкость жидкости.

- А. 50 Дж/(кг · К);
- Б. 100 Дж/(кг · К);
- Г. 200 Дж/(кг · К);
- Д. 250 Дж/(кг · К)

4. Какое количество теплоты потребуется для плавления 100 г льда при 0° С?

Удельная теплота плавления льда 0,34 МДж/кг.

- А. 33 кДж; Б. 44 кДж;
- В. 50 кДж; Г. 54 кДж;
- Д. 68 кДж

5. Груз какой массы следует подвесить к стальному тросу длиной 2 м и диаметром 1 см, чтобы он удлинился на 1 мм? Модуль Юнга для стали  $E = 2 \cdot 10^{11}$  Па.

- А. 400 кг;
- Б. 500 кг;
- В. 600 кг;
- Г. 700 кг;
- Д. 800 кг



**Вариант 2**

1. На рисунке представлена зависимость температуры 20 г вещества от подведенного количества теплоты. Какова температура парообразования вещества?

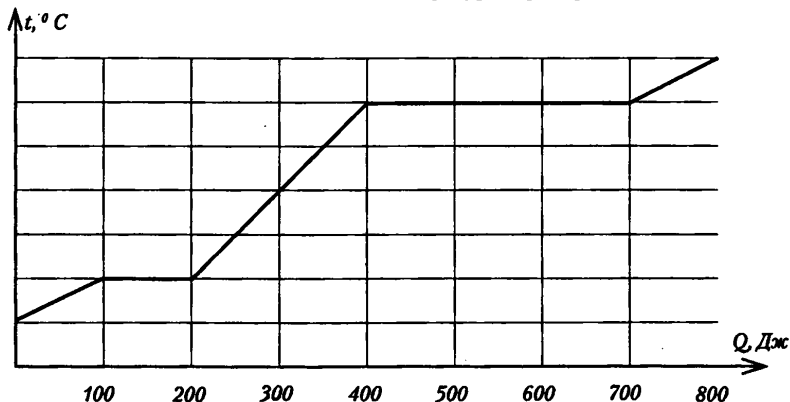


Рис. 146

А. 0 °С; Б. 10 °С; В. 20 °С; Г. 60 °С; Д. 70 °С

2. По данным задачи 1 определите удельную теплоту парообразования.

А. 15 кДж/кг;

Б. 35 кДж/кг;

В. 50 кДж/кг;

Г. 65 кДж/кг;

Д. 80 кДж/кг

3. По данным задачи 1 определите удельную теплоемкость пара.

А. 500 Дж/(кг · К);

Б. 600 Дж/(кг · К);

В. 700 Дж/(кг · К);

Г. 800 Дж/(кг · К);

Д. 900 Дж/(кг · К)

4. Какое количество теплоты потребуется для превращения в пар 100 г воды? Удельная теплота парообразования воды 2,26 МДж/кг.

А. 2,26 МДж;

Б. 226 кДж;

В. 22,6 кДж;

Г. 2,26 кДж;

Д. 226 Дж

5. Для определения модуля упругости вещества образец площадью поперечного сечения 1 см<sup>2</sup> растягивают с силой  $2 \cdot 10^4$  Н. При этом относительное удлинение образца оказывается равным 0,1%. Найдите по этим данным модуль упругости вещества образца.

А. 100 ГПа;

Б. 150 ГПа;

В. 200 ГПа;

Г. 250 ГПа;

Д. 300 ГПа

## Контрольная работа по теме «Агрегатные состояния вещества» (вариант контрольной работы)

### Вариант 1

1. Какое движение молекул и атомов в газообразном состоянии вещества называется тепловым движением?

А. Беспорядочное движение частиц во всевозможных направлениях с различными скоростями.

Б. Беспорядочное движение частиц во всевозможных направлениях с одинаковыми скоростями при одинаковой температуре.

В. Колебательное движение частиц в различных направлениях около определенных положений равновесия.

Г. Движение частиц в направлении от места с более высокой температурой к месту с более низкой температурой.

Д. Упорядоченное движение частиц со скоростью, пропорциональной температуре вещества.

2. Чем определяется внутренняя энергия тела?

А. Объемом тела.

Б. Скоростью движения и массой тела.

В. Энергией беспорядочного движения частиц, из которых состоит тело.

Г. Энергией беспорядочного движения частиц и энергией их взаимодействия.

Д. Энергией взаимодействия частиц, из которых состоит тело.

3. Может ли измениться внутренняя энергия тела при совершении работы и теплопередаче?

А. Внутренняя энергия тела измениться не может.

Б. Может только при совершении работы.

В. Может только при теплопередаче.

Г. Может при совершении работы и теплопередаче.

4. Выполнен опыт с двумя стаканами воды. Первый стакан нагрели, передав ему 1 Дж количества теплоты, второй стакан подняли вверх, совершив работу 1 Дж. Изменилась ли внутренняя энергия воды в первом и во втором стаканах?

А. Увеличилась в первом и во втором стаканах.

Б. Увеличилась в первом и не изменилась во втором.

В. Не изменилась в первом, увеличилась во втором.

Г. Не изменилась как в первом, так и во втором.

Д. В первом увеличилась, во втором уменьшилась.

5. Выполнили опыт с двумя металлическими пластинами. Первая пластина перемещалась по горизонтальной поверхности и в результате действия силы трения нагрелась. Вторая пластина была поднята вверх над горизонтальной поверхностью. Работа в первом и втором опыте была совершена одинаковая. Изменилась ли внутренняя энергия пластин?

А. Увеличилась у обеих пластин.

Б. Увеличилась у первой, не изменилась у второй.

В. Не изменилась у обеих пластин.

Г. Не изменилась у первой, увеличилась у второй.

6. Какая температура принята за  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?

- А. Температура льда.
- Б. Температура тела человека.
- В. Температура тающего льда при нормальном атмосферном давлении.
- Г. Температура кипящей воды.
- Д. Температура кипящей воды при нормальном атмосферном давлении.
- Е. Температура тающего льда, перемешанного с солью.

7. Какое физическое явление используется в основе работы ртутного термометра?

- А. Плавление твердого тела при нагревании.
- Б. Испарение жидкости при нагревании.
- В. Расширение жидкости при нагревании.
- Г. Конвекция в жидкости при нагревании.
- Д. Излучение при нагревании.

8. Каким способом осуществляется передача энергии от Солнца к Земле?

- А. Теплопроводностью.
- Б. Излучением.
- В. Конвекцией.
- Г. Работой.
- Д. Всеми перечисленными в ответах А-Г.

9. При погружении части металлической ложки в стакан с горячим чаем непогруженная часть ложки вскоре стала горячей. Каким способом осуществилась передача энергии в этом случае?

- А. Теплопроводностью.
- Б. Излучением.
- В. Конвекцией.
- Г. Работой.
- Д. Всеми перечисленными в А-Г способами.

10. Как обогревается комната радиатором центрального отопления?

А. Тепло выделяется радиатором и распространяется по всей комнате.  
Б. Обогревание комнат осуществляется только за счет явления теплопроводности.

В. Обогревание комнаты осуществляется только путем конвекции.

Г. Энергия от батареи теплопроводностью передается холодному воздуху у ее поверхности. Затем конвекцией распространяется по всей комнате.

11. Какой физический параметр определяет количество теплоты, необходимое для нагревания вещества массой  $1\text{ кг}$  на  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?

- А. Удельная теплота сгорания.
- Б. Удельная теплота парообразования.
- В. Удельная теплота плавления.
- Г. Удельная теплоемкость.
- Д. Теплопроводность.

12. Какой физический параметр определяет количество теплоты, необходимое для превращения одного килограмма жидкости в пар при температуре кипения?

- А. Удельная теплота сгорания.
- Б. Удельная теплота парообразования.

В. Удельная теплота плавления.

Г. Удельная теплоемкость.

Д. Теплопроводность.

**13.** Как изменится скорость испарения жидкости при повышении ее температуры, если остальные условия остаются без изменения?

А. Увеличится.

Б. Уменьшится.

В. Останется неизменной.

Г. Может увеличиться, а может и уменьшиться.

**14.** Как изменяется внутренняя энергия вещества при его переходе из твердого состояния в жидкое при постоянной температуре?

А. У разных веществ изменяется по-разному.

Б. Может увеличиваться или уменьшаться в зависимости от внешних условий.

В. Остается постоянной.

Г. Уменьшается.

Д. Увеличивается.

**15.** Какое количество теплоты необходимо для нагрева 200 г алюминия от  $20^{\circ}\text{C}$  до  $30^{\circ}\text{C}$ ? Удельная теплоемкость алюминия  $910 \text{ Дж/кг} \cdot ^{\circ}\text{C}$ .

А. 1820 Дж; Б. 9100 Дж; В. 1820 кДж; Г. 9100 кДж; Д. 45500 Дж; Е. 227500 Дж

**16.** Удельная теплота плавления свинца  $22,6 \text{ кДж/кг}$ . Какой мощности нагреватель нужен для расплавления за 10 мин 6 кг свинца, нагретого до температуры плавления?

А. 81360 кВт.

Б. 13560 Вт.

В. 13,56 Вт.

Г. 226 Вт.

Д. 0,226 Вт.

**17.** В стакане было 100 г воды при температуре  $20^{\circ}\text{C}$ . В него долили 50 г воды при температуре  $80^{\circ}\text{C}$ . Какой стала температура воды в стакане после смешивания воды?

А.  $60^{\circ}\text{C}$ .

Б.  $50^{\circ}\text{C}$ .

В.  $40^{\circ}\text{C}$ .

Г. Немного меньше  $60^{\circ}\text{C}$  с учетом теплоемкости стакана.

Д. Немного меньше  $50^{\circ}\text{C}$  с учетом теплоемкости стакана.

Е. Немного меньше  $40^{\circ}\text{C}$  с учетом теплоемкости стакана.

**18.** Зачем нужны двойные стекла в окнах?

А. Через двойные стекла входит меньше солнечного излучения в дом летом и меньше выходит теплового излучения из дома зимой.

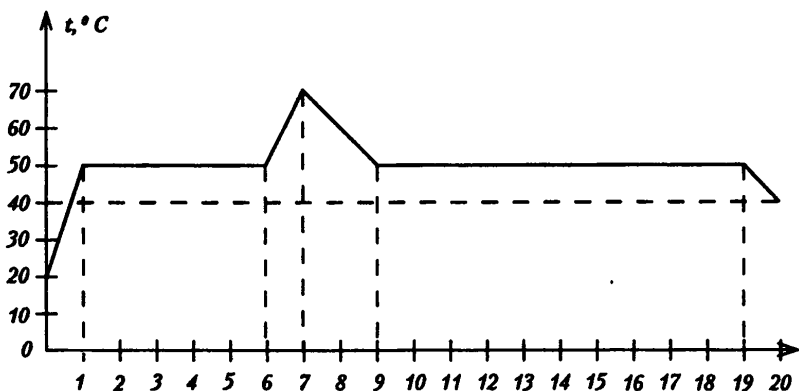
Б. Слой воздуха между стеклами имеет значительно меньшую теплопроводность, чем тонкое твердое стекло. Это уменьшает теплоотдачу из дома зимой.

В. При двойных стеклах в окнах тепловое излучение свободно входит в дом, но не может выходить. Это дает дополнительное обогревание дому зимой.

Г. Двойные стекла нужны для того, чтобы дом был прочным.

19. Кристаллическое вещество при температуре  $20^{\circ}\text{C}$  поместили в электрическую печь и некоторое время нагревали. Затем его вынули из печи, и оно некоторое время остывало. График зависимости температуры вещества от времени в течение этого опыта представлен на рисунке. Сколько минут в этом эксперименте длился процесс плавления вещества?

- А. 20 мин.
- Б. 18 мин.
- В. 10 мин.
- Г. 6 мин.
- Д. 5 мин.
- Е. 3 мин.
- Ж. 1 мин.



20. По графику п. 20 определите, во время какого процесса вещество поглотило большее количество теплоты? Процесс 1 – нагревание твердого вещества. Процесс 2 – нагревание жидкости. Процесс 3 – превращение твердого вещества в жидкость.

- А. В процессе 1.
- Б. В процессе 2.
- В. В процессе 3.
- Г. Во всех трех одинаковое количество.
- Д. Ни в одном из процессов 1-3 не происходит поглощения теплоты.

21. По графику задачи № 20 (п. 20) определите, в каком процессе – плавления или отвердевания вещества – мощность теплообменника была большей?

- А. В процессе плавления.
- Б. В процессе отвердевания.
- В. Одинакова в обоих процессах.

22. Кубик льда растаял в открытом термосе с водой, температура льда и воды при этом не изменялась и оставалась равной  $0^{\circ}\text{C}$ . Температура окружающего воздуха была  $+20^{\circ}\text{C}$ . Лед выделял или поглощал энергию в этом процессе?

- А. Лед поглощал энергию воздуха, отдавал энергию воде.
- Б. Лед поглощал энергию воздуха, но не передавал энергию воде.

В. Лед не поглощал и не выделял энергию.

Г. Лед поглощал энергию и воздуха, и воды.

Д. Лед отдавал энергию и воздуху, и воде.

**23.** Во время работы двигателя внутреннего сгорания в цилиндр вместе с бензином поступает воздух. Для чего нужен воздух?

А. Для процесса горения бензина и совершения работы в результате расширения при нагревании.

Б. Для совершения работы в результате расширения при нагревании и охлаждении цилиндра.

В. Для выдувания из цилиндра продуктов сгорания бензина и охлаждения цилиндра.

Г. Для распыления вредных продуктов сгорания бензина.

Д. Только для распыления бензина, впрыскиваемого в цилиндр.

**24.** Показания медицинского термометра после измерения температуры человеческого тела  $37^{\circ}\text{C}$ . Почему эти показания не изменяются после проведения измерений, хотя температура воздуха в комнате  $20^{\circ}\text{C}$ ?

А. Во время измерения температуры человека ртуть в термометре расплавляется и расширяется, заполняя тонкую трубку. После вынимания термометра ртуть охлаждается и замерзает в трубке.

Б. Во время измерения температуры тела человека термометр соприкасается с плотным телом человека, от которого поступает много тепла. Поэтому показания термометра изменяются быстро. Воздух обладает очень малой плотностью, поэтому остывание ртути в термометре на воздухе происходит очень медленно.

В. При измерении температуры медицинский термометр держат в горизонтальном положении. Ртуть при расширении переливается через небольшой выступ и заполняет тонкую трубку. Для ее возвращения в исходное положение нужно поставить термометр вертикально.

Г. У основания трубка термометра сужается. Через это маленькое отверстие ртуть выталкивается в трубку при нагревании. При остывании объем ртути уменьшается, но в пустое место ртуть из трубки не может опуститься, т. к. ее вес меньше силы, необходимой для проталкивания через малое отверстие.

Д. Внутри медицинского термометра имеется специальный механический клапан. Этот клапан пропускает ртуть только в одном направлении. Для возвращения ртути в исходное положение нужно переключить клапан. Клапан переключается встряхиванием термометра.

**25.** В опыте используются два одинаковых термоса. В первый налит 1 л воды при температуре  $45^{\circ}\text{C}$ , во второй – 1 л воды при температуре  $5^{\circ}\text{C}$ . Термосы закрыты и поставлены в комнате с температурой воздуха  $25^{\circ}\text{C}$ . Как изменится температура в первом и во втором термосах через 5 ч?

А. В обоих термосах совершенно не изменится.

Б. В первом немного понизится, во втором на столько же градусов повысится.

В. В первом очень мало понизится, во втором значительно повысится.

Г. В первом значительно понизится, во втором очень мало повысится.

Д. В обоих термосах температура будет равна температуре воздуха в комнате.

✂ 26. Каким способом можно точнее определить температуру горячей воды в стакане?

- А. Опустить термометр в воду, быстро его вынуть и снять показания.
- Б. Опустить термометр в воду, быстро его вынуть, обсушить салфеткой и снять показания.
- В. Опустить термометр в воду и быстро снять показания, не вынимая термометра из воды.
- Г. Опустить термометр в воду, дождаться, когда его показания перестанут изменяться, и снять показания, не вынимая его из воды.
- Д. Опустить термометр в воду, подождать 10-15 мин и снять показания, не вынимая термометр из воды.

27. Стакан с водой при температуре  $24\text{ }^{\circ}\text{C}$  поставили в морозильную камеру. За 5 мин температура воды снизилась до  $16\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Сколько еще минут пройдет до полного замерзания всей воды, если скорость отдачи тепла будет такой же? Удельная теплоемкость воды  $4180\text{ Дж/кг}\cdot^{\circ}\text{C}$ , удельная теплота отвердевания  $332,4\text{ кДж/кг}\cdot^{\circ}\text{C}$ .

- А. 10 мин. Б. 15 мин.
- В. 50 мин. Г. 60 мин.
- Д. 65 мин.

✂ 28. На рисунке представлен график зависимости температуры парафина от времени. Во время лечения человеку сделали «парафиновую ванну», используя для этого 200 г парафина. Определите мощность теплоотдачи «парафиновой ванны». Удельная теплота отвердевания парафина  $147\text{ кДж/кг}\cdot^{\circ}\text{C}$ .

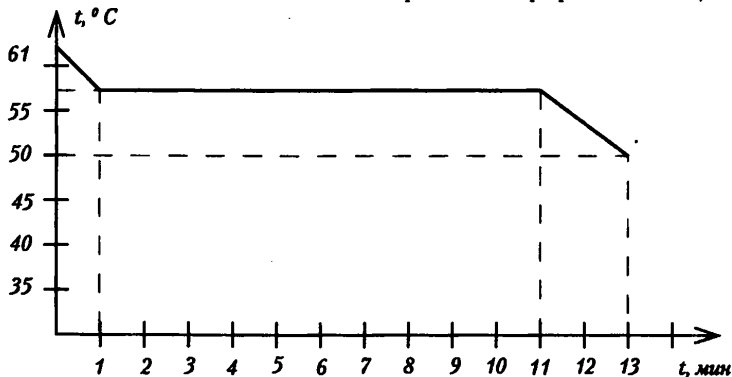


Рис. 148

- А. 40 кВт. Б. 300 Вт. В. 50 Вт. Г. 40 Вт. Д. 3 Вт. Е. 0,05 Вт.

✂ 29. Может ли осуществляться превращение части воды из жидкости в пар без передачи воде тепла извне и без совершения работы?

- А. Такое превращение невозможно.
- Б. Может, при этом внутренняя энергия оставшейся жидкости воды увеличивается.
- В. Может, при этом внутренняя энергия оставшейся жидкости воды уменьшается.
- Г. Может, при этом внутренняя энергия оставшейся жидкости воды не изменится.

## Самостоятельная работа «Физическое лото» (урок 94)

*Карточка учителя*

Вопросы	Ответы
<i>Основная часть</i>	
1. Как изменится внутренняя энергия идеального газа при адиабатическом расширении?	$\Delta U < 0$
2. Газ, находящийся под давлением $p = 10^5$ Па, изобарно расширился от 25 до 50 м <sup>3</sup> . Определите работу, совершенную газом при расширении	$2,5 \cdot 10^6$ Дж
3. Газу передано 100 Дж количества теплоты, а внешние силы совершили над ним работу 300 Дж. Чему равно изменение внутренней энергии газа?	400 Дж
4. Как изменится внутренняя энергия идеального газа при изотермическом сжатии?	$\Delta U = 0$
5. Газ получил количество теплоты 300 Дж. Его внутренняя энергия увеличилась на 200 Дж. Чему равна работа, совершенная газом?	100 Дж
6. Газ, находящийся под давлением $p = 10^5$ Па, изобарно расширился, совершив работу $A = 25$ Дж. На сколько увеличился объем газа?	$2,5 \cdot 10^{-4}$ м <sup>3</sup>
<i>Дополнительная часть</i>	
1. Какова внутренняя энергия 10 молей одноатомного газа при 27 °С?	$3,74 \cdot 10^4$ Дж
2. На сколько изменится внутренняя энергия гелия массой 200 г при увеличении температуры на 20 °С?	$1,25 \cdot 10^4$ Дж

*Карточка для учащихся*

$\Delta U < 0$	$1,25 \cdot 10^4$	100	0,00025	400
300	0	$\Delta U = 0$	16,7	2500000
4000	$\Delta U > 0$	$3,74 \cdot 10^4$	500	200



## Контрольная работа по теме «Термодинамика» (урок 96)

### Вариант 1

1. Какая из приведенных ниже физических величин не измеряется в джоулях?  
 А. Потенциальная энергия. Б. Кинетическая энергия. В. Работа. Г. Мощность. Д. Количество теплоты

2. Веществам одинаковой массы, удельные теплоемкости которых приведены ниже, при температуре  $20\text{ }^\circ\text{C}$  передается количество теплоты, равное 100 Дж. Какое из веществ нагреется до более высокой температуры?

А. Золото –  $0,13\text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$ . Б. Серебро –  $0,23\text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$ . В. Железо –  $0,46\text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$ . Г. Алюминий –  $0,88\text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$ . Д. Вода –  $4,19\text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$

3. Одна и та же масса веществ, приведенных в задании 2 при температуре  $20\text{ }^\circ\text{C}$ , охлаждается до  $5\text{ }^\circ\text{C}$ . Какое из веществ отдаст при этом наибольшее количество теплоты?

4. При адиабатном расширении газа:

А. Давление не изменяется. Б. Температура увеличивается. В. Температура может либо возрастать, либо уменьшаться в зависимости от сорта газа. Г. Температура уменьшается. Д. Температура не изменяется

5. Найдите работу, совершенную двумя молями газа в цикле, приведенном на диаграмме  $(p, V)$  (рис. 161). Температура газа в точках 1 и 2 равна соответственно  $300\text{ K}$  и  $360\text{ K}$ .

А. 80 Дж; Б. 100 Дж; В. 120 Дж; Г. 140 Дж; Д. 160 Дж

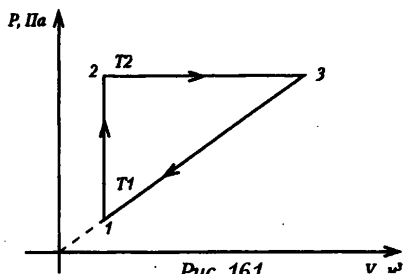


Рис. 161

### Вариант 2

1. Внутреннюю энергию воды определяет ее ...

1. температура
2. фазовое состояние
3. масса.

А. Только 1; Б. Только 2; В. Только 3; Г. Только 1 и 3; Д. 1, 2, 3

2. Какое количество теплоты необходимо передать воде массой 5 кг для нагревания ее от  $20\text{ }^\circ\text{C}$  до  $80\text{ }^\circ\text{C}$ ?

А. 1 МДж; Б. 1,25 МДж; В. 1,5 МДж; Г. 1,75 МДж; Д. 2 МДж

3. Температура медного образца увеличилась с  $293\text{ K}$  до  $353\text{ K}$  при передаче ему количества теплоты 16 кДж. Удельная теплоемкость меди  $0,39\text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$ . Какова масса образца?

А. 180 г; Б. 280 г; В. 380 г; Г. 480 г; Д. 680 г

4. В цилиндре компрессора адиабатно сжимают 2 моля кислорода. При этом совершается работа  $A = 831\text{ Дж}$ . Найдите, на сколько повысится температура газа.

А.  $20\text{ }^\circ\text{C}$ ; Б.  $25\text{ }^\circ\text{C}$ ; В.  $30\text{ }^\circ\text{C}$ ; Г.  $35\text{ }^\circ\text{C}$ ; Д.  $40\text{ }^\circ\text{C}$

5. Азот массой  $m = 140\text{ г}$  при температуре  $T = 300\text{ K}$  охладил изохорно, вследствие чего его давление уменьшилось в 3 раза. Затем газ расширили изобарно так, что его температура стала равной начальной. Найдите работу газа.

А. 7,3 кДж; Б. 8,3 кДж; В. 9,3 кДж; Г. 10,3 кДж; Д. 11,3 кДж

**Вариант контрольной работы****Вариант 1**

1. Какое количество теплоты получит 2 кг гелия при изохорном нагревании его на 50 К?

2. С какой скоростью должна лететь свинцовая пуля, чтобы при ударе о стенку она нагрелась на 120 °С, если при ударе в тепло превращается 20 % энергий пули?

3. Один моль идеального газа изобарно нагрели на 72 К, сообщив ему при этом 1,6 кДж теплоты. Найти совершенную газом работу и приращение его внутренней энергии.

4. Сколько надо сжечь каменного угля, чтобы 5 т воды, взятой при 30 °С, обратить в пар? КПД котла 60 %. Теплопроводность угля 30 МДж/кг.

**Задачи повышенной сложности**

5. Одноатомный идеальный газ при давлении 3 атм и температуре 0 °С занимает объем 2 м<sup>3</sup>. Газ сжимают без теплообмена с окружающей средой. При этом температура повышается до 200 °С. Определить работу, совершаемую газом.

6. Железный шар, падая свободно, достиг скорости 41 м/с, ударившись о землю, подскочил на 1,6 м. Найти изменение температуры шара при ударе.

7. Одноатомный газ гелий, расширяясь при постоянном давлении, совершил некоторую полезную работу. Найти КПД для данного процесса.

**Вариант 2**

1. Какую работу совершили над двумя молями идеального одноатомного газа при его адиабатном сжатии, если его температура увеличилась на 20 К?

2. В 200 г воды при 20 °С впускают 10 г стоградусного водяного пара, который превращается в воду. Найти конечную температуру воды.

3. Один моль идеального одноатомного газа, находящегося при температуре 300 К, изохорно охлаждается так, что его давление уменьшается в 3 раза. Определить количество отданной газом теплоты.

4. С какой высоты над поверхностью Земли должен начать падение кусочек льда при температуре -20 °С, чтобы к моменту удара о Землю он полностью расплавился? Считать, что 50 % кинетической энергии льда превращается во внутреннюю.

**Задачи повышенной сложности**

5. Один моль одноатомного газа находится в закрытом баллоне при температуре 27 °С. Какое количество теплоты необходимо сообщить газу, чтобы повысить его давление в 3 раза?

6. Алюминиевый чайник массой 400 г, в котором находится 2 кг воды при 10 °С, помещают на газовую горелку с КПД 40 %. Какова мощность горелки, если через 10 мин вода закипела, причем 120 г воды выкипело?

7. В сосуде объемом 2 л находится одноатомный газ при давлении 100 кПа и температуре 200 К, а в сосуде объемом 5 л – одноатомный газ при давлении 200 кПа и температуре 500 К. Сосуды соединили трубкой с краном. Определить температуру газа в сосудах после открытия крана и установления теплового равновесия. Сосуды теплоизолированы.

**Физический диктант****«Электризация тел.****Закон сохранения электрического заряда» (урок 98)**

1. Как называется раздел физики, изучающий заряженные тела?
2. Какое взаимодействие существует между заряженными телами, частицами?
3. Какая физическая величина определяет электромагнитное взаимодействие?
4. Зависит ли величина заряда от выбора системы отсчета?
5. Можно ли сказать, что заряд системы складывается из зарядов тел, входящих в эту систему?
6. Как называется процесс, приводящий к появлению на телах электрических зарядов?
7. Если тело электрически нейтрально, означает ли это, что оно не содержит электрических зарядов?
8. Верно ли утверждение, что в замкнутой системе алгебраическая сумма зарядов всех тел системы остается постоянной?
9. Если в замкнутой системе число заряженных частиц уменьшилось, то означает ли это, что заряд всей системы тоже уменьшился?

**Физический диктант****«Закон сохранения электрического заряда.****Закон Кулона» (урок 100)**

1. Можно создать электрический заряд?
2. Создаем ли мы при электризации электрический заряд?
3. Может ли заряд существовать независимо от частицы?
4. Тело, суммарный положительный заряд частиц которого равен суммарному отрицательному заряду частиц, является...
5. Сила взаимодействия заряженных частиц с увеличением заряда любой из этих частиц...
6. При помещении зарядов в среду, сила взаимодействия между ними...
7. С увеличением расстояния между зарядами в 3 раза сила взаимодействия...
8. Величина, характеризующая электрические свойства среды, называется...
9. В каких единицах измеряется электрический заряд?

## Контрольная работа по теме «Силы электромагнитного взаимодействия неподвижных зарядов» (урок 103)

### Вариант 1

1. Два разноименных заряда  $-Q, q$  ( $[Q] > g$ ) располагаются на некотором расстоянии друг от друга.

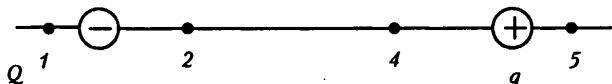


Рис. 171

В какую точку надо поместить третий отрицательный заряд, чтобы он находился в равновесии?

А. 1; Б. 2; В. 3; Г. 4; Д. 5

2. Электрон движется между противоположно заряженными металлическими пластинами.

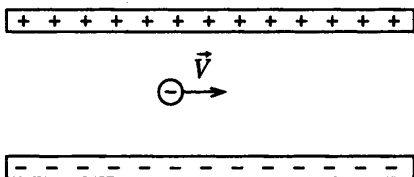


Рис. 172

Какая из стрелок указывает направление вектора силы, действующей на электрон?

А.  $\uparrow$ ; Б.  $\downarrow$ ; В.  $\leftarrow$ ; Г.  $\Rightarrow$

3. Две материальные точки, массы которых  $m_1$  и  $m_2$  и заряды  $q_1$  и  $q_2$  соответственно, находятся в равновесии вследствие равенства гравитационной и электрических сил.

Знаки зарядов для этого должны быть следующими:

А.  $q_1$  – положительный,  $q_2$  – отрицательный

Б.  $q_1$  – отрицательный,  $q_2$  – положительный

В.  $q_1, q_2$  – положительные заряды

Г.  $q_1, q_2$  – отрицательные заряды

Д.  $q_1, q_2$  – одноименные заряды.

4. Два одинаково заряженных шарика висят на нитях одинаковой длины  $l = 47,9$  см. Угол между нитями  $\alpha = 90^\circ$ , массы шариков  $m = 2$  г. Найдите заряд шариков.

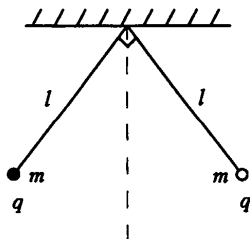


Рис. 173

А. 1 мкКл. Б. 2 мкКл. В. 3 мкКл. Г. 4 мкКл. Д. 5 мкКл

**Вариант 2**

1. Две сферы равного радиуса имеют заряды  $+10$  Кл и  $-2$  Кл соответственно. Какими станут заряды на сферах после их соединения?

- А. 2 Кл. Б. 4 Кл.  
В. 6 Кл. Г. 8 Кл. Д.  $-4$  Кл

2. На металлической сферической оболочке радиусом 2 см находится заряд 1 мкКл. Какова напряженность поля в центре сферы?

- А. 10 Н/Кл. Б. 6 Н/Кл.  
В. 4 Н/Кл. Г. 2 Н/Кл.  
Д. 0 Н/Кл

3. Какова сила притяжения точечных зарядов  $q_1 = -3$  мКл и  $q_2 = 4$  мКл, находящихся на расстоянии 12 м?

- А. 1000 Н. Б. 900 Н.  
В. 750 Н. Г. 600 Н.  
Д. 500 Н.

4. По тонкому кольцу радиусом 4 см равномерно распределен заряд 9,26 мнКл. Найдите напряженность поля, созданного в точке, находящейся на расстоянии 3 см от центра кольца по перпендикуляру к его плоскости.

- А. 10 МН/Кл. Б. 20 МН/Кл.  
В. 30 МН/Кл. Г. 40 МН/Кл.  
Д. 50 МН/Кл

**Физический диктант «Электрическое поле» (урок 104)**

- Какие виды материи вы знаете?
- Как называется поле неподвижных зарядов?
- Что является источником электрического поля?
- Главное свойство любого электрического поля?
- Как называется сила, с которой взаимодействуют заряды?
- Как называется физическая величина, равная отношению силы, действующей на заряд со стороны электрического поля, к этому заряду?
- Запишите формулу напряженности электрического поля точечного заряда.

8. В каких единицах измеряется напряженность электрического поля?

9. Как направлены силовые линии электрического поля?

10. Как направлен вектор напряженности в точке А (рис. 174)?

11. Как изменится напряженность при увеличении электрического заряда?

12. Как изменится напряженность при увеличении расстояния от точки до заряда?

13. Как изменится сила, действующая на заряд, если напряженность электрического поля увеличить в 2 раза?

14. Какой заряд помещен в электрическое поле, если вектор силы, действующей на заряд, совпадает с вектором напряженности по направлению?



Рис. 174

### Физический диктант «Работа сил электростатического поля. Разность потенциалов» (Урок 106)

1. Если работа сил поля по любой замкнутой траектории равна нулю, то поле называется...?
2. От каких величин зависит работа сил электрического поля?
3. Зависит ли работа сил электрического поля от формы траектории?
4. Назовите энергетическую характеристику электрического поля?
5. В каких единицах она измеряется?
6. Зависит ли значение потенциала от выбора нулевого уровня?
7. Выразите вольт через другие единицы.
8. Чему равна работа сил электрического поля при перемещении заряда перпендикулярно силовым линиям поля?
9. При нахождении общего потенциала нескольких электрических полей все потенциалы...
10. Чему равна работа кулоновских сил на замкнутом пути?
11. Чему в электростатике равно напряжение?
12. В чем измеряется напряжение?
13. Как называются поверхности равного потенциала?
14. Как направлен вектор напряженности электростатического поля относительно эквипотенциальных поверхностей?
15. Каким образом связаны напряжение и напряженность в однородном электростатическом поле?

### Физический диктант «Проводники и диэлектрики в электростатическом поле» (урок 108)

1. Вещества, проводящие электрический ток, — ...
2. Металлы проводят электрический ток, потому что внутри них есть ...
3. Где располагаются свободные заряды в проводнике при электризации?
4. Существует ли электрическое поле внутри проводника?
5. Оказывает ли диэлектрик на внешнее электрическое поле какое-либо влияние?
6. Почему диэлектрик не проводит электрический ток?

### Физический диктант «Конденсаторы» (урок 109)

1. Способность проводника накапливать заряд называется ...?
2. В каких единицах измеряется электроемкость?
3. Как называется система из двух проводников, разделенных слоем диэлектрика?
4. Что понимают под зарядом конденсатора?
5. Где сосредоточенно электрическое поле конденсатора?
6. Как изменится емкость конденсатора, если между обкладками весь диэлектрик?
7. Зависит ли емкость конденсатора от его геометрических размеров?

**Контрольная работа по теме**  
**«Энергия электромагнитного взаимодействия**  
**неподвижных зарядов» (урок 112)**

**Вариант 1**

1. Какая из приведенных ниже физических величин является скалярной?

А. Напряженность поля

Б. Сила

В. Скорость

Г. Ускорение

Д. Потенциал

2. Потенциал, созданный заряженным шаром на расстоянии 4 ед. от него 100 В. При этом нуль отсчета потенциала находится на бесконечности. Какой потенциал создает этот шар на расстоянии 24 ед. от себя?

А. 20 В

Б. 50 В

В. 200 В

Г. 400 В

Д. 500 В

3. Как изменится емкость плоского конденсатора при введении между его пластинами диэлектрика с относительной диэлектрической проницаемостью  $\epsilon = 4$ ?

А. Уменьшится в 4 раза

Б. Уменьшится в 2 раза

В. Увеличится в 2 раза

Г. Увеличится в 4 раза

Д. Не изменится

4. Какую скорость приобретет неподвижный электрон, пройдя разность потенциалов 1 В? Отношение заряда электрона к его массе равно  $1,76 \cdot 10^{11}$  Кл/кг.

А.  $5,9 \cdot 10^5$  м/с

Б.  $6,4 \cdot 10^5$  м/с

В.  $6,9 \cdot 10^5$  м/с

Г.  $7,4 \cdot 10^5$  м/с

Д.  $7,9 \cdot 10^5$  м/с

5. Между пластинками плоского конденсатора площадью  $S = 2,25$  см<sup>2</sup> находится два слоя диэлектрика: слюдяная пластина ( $\epsilon_1 = 7$ ) толщиной  $d_1 = 1,4$  мм и парафин ( $\epsilon_2 = 2$ ) толщиной  $d_2 = 0,4$  мм. Какова емкость такого слоистого конденсатора?

А. 1 пФ

Б. 2 пФ

В. 3 пФ

Г. 4 пФ Д. 5 пФ

**Вариант 2**

1. Отрицательный заряд  $Q$  удерживают в однородном электрическом поле. При освобождении заряда (пренебрегая силой тяжести) он будет двигаться:
- А. Вправо. Б. Влево. В. Вверх  
Г. Противоположно линиям напряженности  
Д. Вдоль линий напряженности
2. Отрицательно заряженный стержень подносят близко к металлическому незаряженному шару, не касаясь его. В результате этого:
- А. Шар заряжается отрицательно  
Б. Шар заряжается положительно  
В. Шар поляризуется  
Г. Распределение зарядов по поверхности шара не меняется  
Д. Стержень заряжается положительно
3. Плоский конденсатор заполнен диэлектриком с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon = 8$ . Как изменится емкость конденсатора при удалении из него диэлектрика?
- А. Увеличится в 4 раза  
Б. Уменьшится в 4 раза  
В. Увеличится в 8 раз  
Г. Уменьшится в 8 раз  
Д. Не изменится
4. Найдите разность потенциалов между двумя параллельными пластинами, равномерно заряженными, с поверхностной плотностью  $+1 \text{ мк Кл/м}^2$  и  $-1 \text{ мк Кл/м}^2$ , расположенными на расстоянии 1 мм друг от друга.
- А. 113 В  
Б. 127 В  
В. 134 В  
Г. 150 В  
Д. 220 В.
5. Между вертикально отклоняющимися пластинами электронно-лучевой трубки взлетает электрон со скоростью  $x_0 = 6 \cdot 10^7 \text{ м/с}$ .

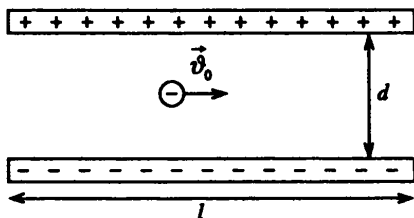


Рис. 181

Длина пластин  $l = 3 \text{ см}$ , расстояние между ними  $d = 1 \text{ см}$ , разность потенциалов между пластинами  $U = 600 \text{ В}$ , отношение заряда электрона к его массе  $e/m = 1,76 \cdot 10^{11} \text{ Кл/кг}$ . На какое расстояние по вертикали сместится электрон за время его движения между пластинами?

- А. 1,1 мм. Б. 1,2 мм.  
В. 1,3 мм. Г. 1,4 мм. Д. 1,5 мм



**Самостоятельная работа (урок 117)****Вариант I**

1. Какими носителями электронного заряда создается электрический ток:

- а) в металлах
- б) в газах

А. а – только электронами; б – положительными и отрицательными ионами.

Б. а – только электронами; б) – положительными и отрицательными ионами и электронами.

В. а – электронами и положительными ионами; б) – только электронами.

2. Какое минимальное количество электричества может быть перенесено электрическим током через газ, раствор электролита и через металл?

А. Может быть перенесено любое сколь угодно малое.

Б. Через газ любое, через раствор электролитов и металл  $1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

В. Возможен перенос  $1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

3. Если создать хороший контакт между медной и алюминиевой пластинами и пропускать ток в течение года, изменится ли масса брусков?

А.  $m_{Al}$  – увеличится.

Б.  $m_{сл}$  – уменьшится.

В. Масса брусков не изменится.

4. Электроны в металлах ведут себя, как молекулы из газа. Как изменится ток в проводнике, к которому приложено напряжение, если увеличить температуру проводника?

А. Увеличится.

Б. Уменьшится.

В. Не изменится.

5. Как известно, электроны в металлах участвуют в двух движениях: тепловом и упорядоченном. Скорость какого больше?

А. Теплового.

Б. Упорядоченного.

В. Почти равны.

6. Электрическая проводимость водных растворов электролита обусловлена:

А. Положительными ионами.

Б. Отрицательными и положительными ионами и электронами.

В. Положительными и отрицательными ионами.

**Самостоятельная работа (урок 119)**

1. Каково сопротивление 1 м провода из константана диаметром 0,8 мм?

2. Известно, что сопротивление спирали лампочки нормального фонарика составляет 15 Ом. Какой длины вольфрамовый провод взят для ее изготовления, если ее диаметр равен 0,1 мм?

3. При намотке катушки из медного провода ее масса возросла на 17,8 г, а сопротивление оказалось равным 34 Ом. Оцените по этим данным длину и площадь поперечного сечения провода?

**Вариант II**

1. Какими носителями электронного заряда создается электрический ток в растворах электролитов, в газах?

А. В растворах электролитов – положительный и отрицательный ион, в газах – электронами.

Б. В растворах электролитов и газах – положительными и отрицательными ионами.

В. В растворах электролитов – положительными и отрицательными ионами и электронами.

2. Какое минимальное количество электричества может быть перенесено электрическим током через полупроводник и вакуум?

А. Через полупроводник сколь угодно малое, через вакуум  $1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

Б. Через вакуум сколь угодно малое, а через полупроводник  $1 \cdot 10^{-19}$  Кл.

В. Возможен перенос  $1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

3. Опыты Манделъштама – Папалекси, Стюарта – Томлена, Рикке подтвердили, что проводимость в металлах:

А. Электронная.

Б. Ионная.

В. Электронно-ионная.

4. При увеличении температур проводимость газа:

А. Увеличивается.

Б. Уменьшается.

В. Не меняется.

5. Если у проводника температуру одного конца поддерживать выше температуры другого, то какой будет разность потенциалов  $U_r - U_x$ ?

А. Равна 0

Б.  $U_r - U_x < 0$

В.  $U_r - U_x > 0$

6. Электрическая проводимость металлов обусловлена

А. Положительными ионами.

Б. Свободными электронами.

В. Отрицательными ионами.

**Самостоятельная работа (урок 121)**

1. Рассчитать силу тока в цепи источника с ЭДС, равным 9 В, и внутренним сопротивлением 1 Ом при подключении во внешнюю цепь резистора с сопротивлением в 3,5 Ом.

2. К источнику тока с внутренним сопротивлением 1 Ом подключили последовательно амперметр и резистор с сопротивлением 2 Ом. При этом амперметр показал 1 А. Что покажет амперметр, если использовать резистор сопротивлением 3 Ом?

3. В цепи вольтметр показывает 3 В, а амперметр 0,5 А. При силе тока 1 А вольтметр показывает 2,5 В. Каковы ЭДС и внутреннее сопротивление источника?

## Контрольная работа (урок 123)

### Вариант I

1. Определите силу тока в проводнике  $R_3$  и напряжение на концах проводника  $R_3$ , если ЭДС источника 2,1 В, его внутреннее сопротивление 1,2 Ом,  $R_1 = 7$  Ом;  $R_2 = 5$  Ом;  $R_3 = 4$  Ом (рис. 201).

2. Определите мощность электрического чайника, если в нем за 20 минут нагревается 1,44 кг воды от 20 °С до 100 °С, КПД = 60 %. Удельная теплоемкость воды 4200.

3. Определить показания всех приборов, если движок реостата находится на середине. ЭДС источника 9,5 В, внутреннее сопротивление 1,5 Ом.  $R_1 = 40$  Ом;  $R_2 = 60$  Ом;  $R_3 = 120$  Ом, сопротивление реостата 52 Ом (рис. 202). Как изменятся показания всех приборов при движении ползунка реостата снизу вверх?

4. За какое время 3 дм<sup>3</sup> воды нагревают от 20 °С до кипения электрокипяльником, если напряжение в сети 220 В, сопротивление нагревателя кипяильника 55 Ом? КПД кипяильника 60 %.

5. В электрокипяльнике при напряжении 220 В возникает ток силой 0,2 А.

Какое количество олова, взятого при 22 °С, можно расплавить за 2 минуты, если КПД паяльника 90 %. Удельная теплоемкость олова 230, удельная теплота плавления 59,0, температура плавления олова 232 °С.

6. Какой ток течет через амперметр с пренебрежимо малым внутренним сопротивлением (рис. 203)?

$R_1 = 15$  Ом;  $R_2 = 10$  Ом;  $R_3 = 10$  Ом;  $R_4 = 10$  Ом; ЭДС = 7,8 В.

7\*. Трамвайный вагон массой 20 т движется равномерно по горизонтальному участку пути со скоростью 54 км/ч. После отключения электродвигателя он идет равнозамедленно и проходит до остановки 450 м. Какую электрическую мощность потреблял электродвигатель до его отключения? КПД двигателя 75 %.

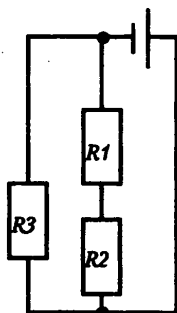


Рис. 201

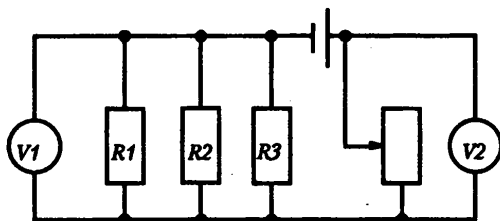


Рис. 202

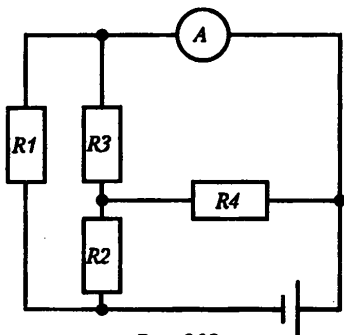


Рис. 203

**Вариант II**

1. Определить силу тока в проводнике  $R_2$  и напряжение на концах проводника  $R_2$ , если ЭДС источника 9 В, а его внутреннее сопротивление 1,8 Ом (рис. 204).  $R_1 = 3$  Ом;  $R_2 = 2$  Ом;  $R_3 = 1$  Ом.

2. Электрокипятильник мощностью 1 кВт, работающий от сети с напряжением 220 В, за 12 минут нагревает 1,5 л воды до 88 °С. Чему равен КПД нагревателя? Удельная теплоемкость воды 4200.

3. Определить показания всех приборов, если движок реостата находится в крайне правом положении (рис. 205). Как изменятся показания приборов,

если движок реостата перемещать влево? ЭДС = 12,4 В;  $r = 0,2$  Ом;  $R_1 = 2,9$  Ом;  $R_2 = 1,6$  Ом;  $R_3 = 6$  Ом;  $R_4 = 2$  Ом.

4. Электродвигатель трамвайных вагонов работает при токе 112 А и напряжении 550 В. С какой скоростью движется трамвай, если двигатели создают силу тяги 3,6 кН, а КПД их 70 %.

5. Сколько льда, взятого при -10 °С, можно растопить за 10 минут на электроплитке, работающей от сети напряжением 220 В при токе 3 А, если КПД установки 80 %. Удельная теплоемкость льда 2100. Удельная теплота плавления 340.

6. Найти распределение токов и напряжений в проводниках (рис. 206).  $r = 1$  Ом;  $R_1 = 3$  Ом;  $R_4 = 2$  Ом;  $R_2 = 4$  Ом;  $R_5 = 3$  Ом;  $R_3 = 4$  Ом;  $R_6 = 1$  Ом.

7\*. Электрический чайник имеет в нагревателе две секции. При включении первой секции вода в чайнике закипает за 10 минут, а при включении второй секции – за 40 минут. Через сколько времени закипит вода, если включить обе секции параллельно или последовательно? Условия нагревания одинаковы.

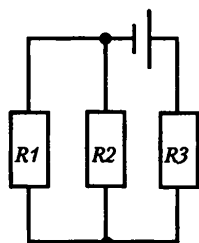


Рис. 204

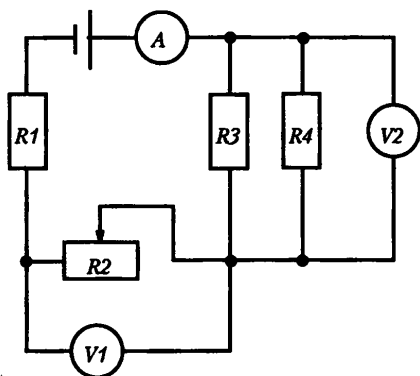


Рис. 205

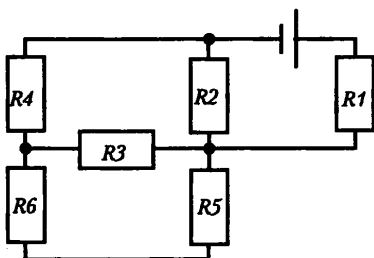


Рис. 206

## Самостоятельная работа (урок 127)

## Вариант I

1. Почему с повышением температуры полупроводников их сопротивляемость уменьшается?

- А. Уменьшается концентрация свободных носителей зарядов.
- Б. Увеличивается концентрация свободных носителей зарядов.
- В. Увеличивается скорость электронов.

2. В четырехвалентный кремний в качестве примеси вводят трехвалентный индий. Каким будет основной ток в кремнии?

- А. Электронный.
- Б. Дырочный.
- В. Электронно-дырочный.

3. При равных температурах двух различных полупроводников концентрации проводимости электронов различные:  $n_1 > n_2$ . В каком из этих полупроводников энергия, необходимая для образования свободных электронов, больше?

- А. В первом полупроводнике.
- Б. Во втором полупроводнике.
- В. Энергии равны.

4. В каком полупроводнике проводимость больше: в однородном кристалле кремния или кристалле кремния, где часть атомов заменена атомами индия?

(Валентность  $S_i = I_n - s$ )

- А. Равны.
- Б. Больше  $S_i$ .
- В. Больше в примесном полупроводнике.

5. Чистый полупроводник поместили в электронное поле, при этом в половине 1 собрались электроны в половине 2 – дырки. Затем полупроводник разделили точно пополам. Какая часть тяжелее?

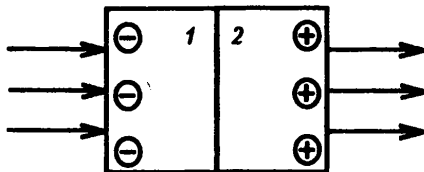


Рис. 207

- А. 1.
- Б. 2.
- В. Одинаковы по весу.

6. Как меняется сопротивление примесных полупроводников при увеличении температуры?

- А. Увеличивается.
- Б. Уменьшается.
- В. Не меняется.

**Вариант II**

1. Будет ли кремний сверхпроводящим, если его охладить до температуры, близкой к абсолютному нулю?

- А. Нет.
- Б. Да.
- В. Да, если охладить в магнитном поле.

2. В четырехвалентный германий в качестве примеси вводят пятивалентный мышьяк. Каким будет основной ток в германии?

- А. Электронный.
- Б. Дырочный.
- В. Электронно-дырочный.

3. Энергии, необходимые для образования электронов проводимости в германии и кремнии, равны соответственно  $1,12 \cdot 10^{-19}$  Дж и  $1,76 \cdot 10^{-19}$ . В каком из этих полупроводников при данной температуре будет больше концентрация свободных электронов проводимости?

- А. В германии.
- Б. В кремнии.
- В. Равны.

4. В каком полупроводнике проводимость больше: в кристалле кремния или в кристалле кремния, где часть атомов заменена атомами мышьяка?

(Валентность  $S_i = 4$ ;  $AS = 5$ )

- А. Равны.
- Б. Больше в  $S_i$ .
- В. Больше там, где проведена замена.

5. Проводник с акцепторной проводимостью поместили в электрическое поле. При этом основные носители (дырки) собрались на половине 2. Затем полупроводник разделили точно пополам. Какая часть тяжелее?

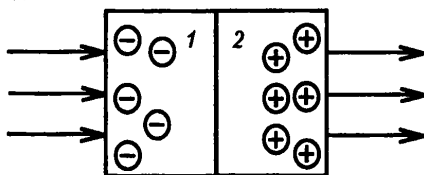


Рис. 208

- А. 1.
- Б. 2.
- В. Одинаковы по весу.

6. Что происходит при слиянии электронов и дырок?

- А. Образуется нейтральный атом.
- Б. Образуется отрицательный ион, энергия выделяется.
- В. Образуется нейтральный атом, энергия выделяется.

**Самостоятельная работа (урок 128)**

1. Почему в дымоходе раскаленные частички угля несут на себе электрический заряд, каков знак заряда?

- А. Заряжаются за счет электронизации трением, знак положительный.
- Б. Заряжаются за счет термоэлектронной эмиссии, заряд положительный.
- В. Заряжаются за счет электронизации трением, заряд отрицательный.

2. Каким образом можно управлять электронным пучком?

- А. Только электрическим полем.
- Б. Только магнитным полем.
- В. С помощью электрического и магнитного полей.

3. Работа выхода вольфрама 4,5 эВ, а оксида бария – 1 эВ. Какой материал будет испускать больше электронов в единицу времени при равных температурах?

- А. Вольфрам.
- Б. Оксид бария.
- В. Будут испускать равное количество электронов.

4. Если анодное напряжение увеличить в 2 раза, то как изменится скорость электронов в вакуумной лампе?

- А. Не изменится.
- Б. Уменьшится в 2 раза.
- В. Увеличится в 2 раза.

5. За счет какого механизма нагревается экран при работе кинескопа?

- А. Люминесцентного свечения.
- Б. Торможения электронов в материале экрана.
- В. Экран не нагревается, его температура равна температуре окружающей среды.

**Объясните эксперимент**

У трехэлектродной лампы сетку соедините с анодом, а анод – через гальванометр демонстрационного амперметра – с катодом. К нити накала подведите обычное напряжение. Если замкнуть цепь накала, то гальванометр в анодной цепи покажет слабый ток. Почему? При увеличении накала катода возрастает сила тока в анодной цепи. Почему?

**Самостоятельная работа (урок 130)**

**1.** Под действием ионизатора газ становится проводником; заряженный электроскоп, стоящий рядом, начинает быстро разряжаться. Почему после удаления ионизатора разряд прекращается?

А. Ионизатор разрядил электроскоп.

Б. В результате рекомбинации заряженные частицы быстро исчезают, превращаясь в нейтральные атомы, газ становится непроводником.

В. В газе будет только одноименный заряд.

**2.** Почему для уменьшения потерь электроэнергии на коронный разряд в линиях электропередач высокого напряжения применяют провода возможно большего диаметра?

А. Напряженность поля вблизи поверхности проводника увеличивается.

Б. Напряженность поля вблизи поверхности проводника не меняется.

В. Напряженность поля вблизи поверхности проводника уменьшается.

**3.** Какой вид разряда имеет место в лампах дневного света? Назовите носители зарядов при этом разряде.

А. Глеющий: электроны, ионы газа и поров ртути.

Б. Коронный: электроны, ионы газа.

В. Искровой: электроны, ионы газа.

**4.** Как зависит проводимость газов от давления?

А. Не зависит.

Б. Чем больше давление, тем больше проводимость.

В. Чем больше давление, тем меньше проводимость.

**5.** Какие физические явления используются для ионизации газа?

1. Увеличение температуры. 2. Рентгеновские лучи. 3. Уменьшение давления. 4. Радиоактивность. 5. Ультрафиолетовое излучение.

А. 1,2,3,5. Б. 1,2,4,5. В. 1,2,3.

**6.** Сила тока насыщения в газе зависит:

1. От положенного напряжения.

2. Действия ионизатора.

3. Объема между электродами.

А. 1. Б. 1,2. В. 2,3.

**7.** Плоский конденсатор, значение напряжения на котором близко к пробойному, отсоединили от источника тока. Наступит ли пробой, если пластины начать сближать?

А. Наступит.

Б. Не наступит.

В. Наступит, если пластины сближать с большой скоростью.

**8.** Коронный разряд поддерживается за счет.

А. Ионизирующим излучением.

Б. Термоэлектронной эмиссией.

В. Высокой температурой газа.

Г. Высокой напряженностью электрического поля.

**9.** Может возникнуть ток насыщения при самостоятельной проводимости газа?

А. Нет.

Б. Да.



# СОДЕРЖАНИЕ

От автора ..... 3

## Раздел I

Поурочные разработки по физике  
к учебнику С.В. Громова ..... 4

## Раздел II

Поурочные разработки по физике  
к учебнику Г. Я. Мякишева,  
Б.Б. Буховцева, Н.Н. Сотского ..... 90

## Раздел III

Поурочные разработки по физике  
к учебнику В.А. Касьянова ..... 320

## Раздел IV

Самостоятельные  
и контрольные работы ..... 330