Рекомендовано Министерством образования и науки
Республики Казахстан

Н.А. Закирова
Р.Р. Аширов

ФИЗИКА

Учебник для 8 класса общеобразовательной школы

8

басы
арман-пв

АРМАН-ПВ баспасы

УДК 373. 167. 1
ББК 22.3я 72
З 18

Закирова Н.А. и др.
З 18 **Физика:** учеб. для 8 кл. общеобразоват. шк. / Н.А. Закирова, Р.Р. Аширов. – Астана: Издательство «Арман-ПВ», 2018. – 304 с.

ISBN 978-601-318-089-2

Учебник по физике для 8 класса разработан в соответствии с Типовой учебной программой по предмету «Физика» для 8 класса уровня основного среднего образования по обновленному содержанию.

В изложении материала учтены возрастные особенности учащихся, соблюдены принципы научности и доступности, логика раскрытия учебного материала.

УДК 373. 167. 1
ББК 22.3я 72

© Закирова Н.А.,
Аширов Р.Р., 2018
© Издательство «Арман-ПВ», 2018

ISBN 978-601-318-089-2

Репродуцирование (воспроизведение) любым способом данного издания без договора с издательством запрещается

АРМАН-ПВ баспасы

Условные обозначения

Определения, которые нужно запомнить.

Контрольные вопросы

Вопросы для самоконтроля теоретического материала

Упражнение 1

Задания для выполнения в классе

Упражнение 1д

Задания для самостоятельной работы дома

Экспериментальные задания

Задания для исследовательской работы

Творческие задания

Задания на реализацию творческих способностей

Физика в нашей жизни

Задачи в формате международных исследований (TIMSS, PISA)

Ответьте на вопросы

Вопросы, требующие пояснения сущности физического явления

Задание

Задания для выполнения в классе

Эксперимент в классе

Экспериментальные задания для выполнения в классе

Запомните!

Памятка для учащихся

Интересно знать!

Дополнительная информация, относящаяся к содержанию темы

Кусочки науки

Научно-познавательные факты

Вспомните!

Сведения для повторения изученного материала

Обратите внимание!

Учебный материал, вызывающий затруднение при выполнении упражнений

АРМАН-ПВ баспасы

Предисловие

Уважаемые восьмиклассники! Физика – это наука, которую необходимо изучать на протяжении всей жизни. Все, что нас окружает, находится в постоянном движении, меняется и ставит перед нами новые загадки и проблемы. Учебник, который вы держите в руках, поможет вам открыть для себя закономерности происходящих в природе явлений, познакомиться с законами физики, которые используются в технике и быту, а также узнать много интересного о тепловых, электрических, магнитных и оптических явлениях. Но современную физику невозможно раскрыть в рамках одного учебника, поэтому она требует изучения дополнительного материала. Нужно проявлять свои творческие способности при выполнении предложенных в учебнике заданий. Это позволит глубже изучить физические явления, понять их закономерности.

Учебник состоит из семи глав: «Тепловые явления», «Агрегатные состояния вещества», «Основы термодинамики», «Основы электростатики», «Постоянный электрический ток», «Электромагнитные явления» и «Световые явления». В учебнике много иллюстраций, которые пригодятся вам для более глубокого восприятия изучаемой темы.

После каждого параграфа включены контрольные вопросы, упражнения, экспериментальные и творческие задания. Контрольные вопросы помогут вам закрепить изученный материал темы, а экспериментальные задания будут способствовать приобретению навыков исследовательской работы. Все упражнения в учебнике делятся на две части: первая предназначена для выполнения в классе, вторая – для индивидуальной самостоятельной работы дома. В конце каждой главы есть задания «Физика в нашей жизни», которые представляют собой задачи в формате международных исследований (TIMSS, PISA). Лабораторные работы, табличные величины, ответы к упражнениям вы найдете в конце учебника.

Учебник содержит много полезной информации, которая оформлена в виде различных рубрик. Так, в рубрике «Кусочки науки» приведены научно-познавательные факты, в рубрике «Интересно знать!» вы найдете дополнительную информацию, относящуюся к содержанию новой темы, рубрика «Обратите внимание!» включает в себя материал, вызывающий затруднение при выполнении упражнений, а рубрики «Вспомните!» и «Запомните!» содержат сведения для повторения пройденного и запоминания изученного материалов.

Желаем успехов в изучении физики – мира, в котором мы живем!

Авторы

АРМАН-ПВ баспасы

ГЛАВА I

ТЕПЛОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ

Тепловые явления связаны с движением и взаимодействием молекул (атомов), изменением температуры тела и агрегатного состояния вещества.

Изучив главу, вы сможете:

- описывать эксперименты и приводить примеры, подтверждающие основные положения молекулярно-кинетической теории;
- представлять температуру в разных температурных шкалах, описывать измерение температуры на основе теплового расширения;
- описывать способы изменения внутренней энергии;
- сравнивать различные виды теплопередачи;
- приводить примеры применения теплопередачи в быту и технике;
- приводить примеры приспособления живых организмов к различной температуре;
- определять количество теплоты, полученное или отданное в процессе теплопередачи;
- объяснить физический смысл удельной теплоемкости;
- при решении задач применять формулу количества теплоты, выделяемого при сгорании топлива;
- исследовать закон сохранения и превращения энергии в тепловых процессах;
- применять уравнение теплового баланса при решении задач.

АРМАН-ПВ баспасы

§ 1. Тепловое движение, броуновское движение, диффузия

Ожидаемый результат

Прочитав параграф, вы сможете:

- *подтвердить основные положения МКТ примерами теплового и броуновского движений и явления диффузии;*
- *указать сходство и различие этих явлений;*
- *привести примеры использования броуновского движения и диффузии в быту и технике.*

Ответьте на вопросы

1. *Почему обитатели рек, морей и океанов могут длительное время находиться под водой без воздуха?*
2. *Почему кусок сахара растворяется быстрее в горячей воде, чем в холодной?*
3. *Почему молекулы кислорода и азота распределены в атмосфере Земли равномерно? Известно, что молекула кислорода тяжелее.*

I. Тепловое движение

Сравним движение шайбы на хоккейной площадке с движением молекулы внутри газа. Траекторией движения шайбы является ломаная линия *(рис. 1)*. Используя датчики движения, мы можем определить координаты шайбы, пройденный путь, перемещение, среднюю скорость. Следовательно, движение шайбы является механическим движением.

За движением молекулы наблюдают, используя электронный или ионный микроскопы. Траектория движения молекулы также является ломаной линией, но определить пройденный путь, перемещение и скорость из-за большого количества молекул в единице объема невозможно *(рис. 2)*. В воздухе объемом 1 м^3 содержится около $2{,}4 \cdot 10^{25}$ молекул. В связи с этим возникла необходимость в создании другой теории для описания движения частиц, из которых состоит тело.

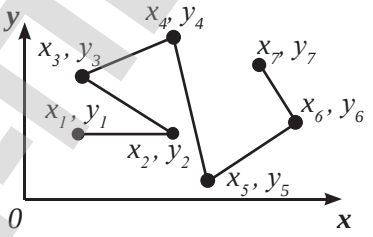


Рис. 1. *Траектория движения шайбы*

Рис. 2. *Траектория движения молекулы*

В курсе физики 7 класса мы выяснили, что *увеличение скорости движения молекул приводит к повышению температуры* тела. Эта зависимость легла в основу исследования тепловых явлений, а движение молекул и атомов было названо *тепловым движением*.

Беспорядочное движение молекул и атомов называют *тепловым движением*.

Тепловое движение не прекращается и при отрицательных температурах. В морозные дни мы чувствуем запах хвои в сосновом бору, или бензина

АРМАН-ПВ баспасы

на автозаправочной станции. Запах веществ и его распространение свидетельствут о движении молекул при понижении температуры до отрицательных значений.

II. Броуновское движение

Маленькие частицы твердых тел, например: пылинки, крупинки, пыльца, оказавшиеся в газах или жидкостях – движутся так же беспорядочно, как и сами молекулы. Движение таких малых частичек называют *броуновским движением* в честь английского ботаника Р. Броуна. Наблюдая в микроскоп за растворенной в воде цветочной пыльцой, он впервые обнаружил беспорядочное движение твердых частиц. Свои исследования он продолжил с мелкими частицами угля, сажи, пыли. Исследование броуновского движения показало, что *скорость движения мелких частиц больше, чем крупных*. При увеличении температуры жидкости скорость частиц возрастает. Причину возникновения движения Р. Броун объяснить не смог.

Теория броуновского движения была разработана практически в одно и то же время польским физиком М. Смолуховским в 1904 г. и А. Эйнштейном в 1905 г. Броуновское движение вызвано тепловым движением молекул. Молекулы среды непрерывно толкают броуновскую частицу, удары молекул не уравновешивают друг-друга *(рис. 3)*. Значение и направление равнодействующей силы меняется случайным образом. Под действием равнодействующей силы броуновская частица совершает хаотичное движение. Чем выше температура среды, тем сильнее удары молекул, тем быстрее движется частица. Мелкие по размеру частицы под действием одной и той же силы движутся с большей скоростью, чем крупные. Количественные измерения перемещения броуновской частицы выполнил экспериментально французский физик Ж. Перрен в 1908 г.

Эксперимент в классе

1. На стеклянную пластину при помощи пипетки нанесите каплю воды. Введите в воду небольшое количество туши кисточкой, чтобы вода едва окрасилась. Разместите пластину под объективом документ-камеры. На экране рассмотрите движение маленьких частиц туши.
2. С помощью острого пинцета осторожно введите в центр гелевой массы, приготовленной из желатина, небольшой кристаллик перманганата калия («марганцовки»). Пронаблюдайте за процессом в течение 2–3 минут. Объясните наблюдаемое явление.

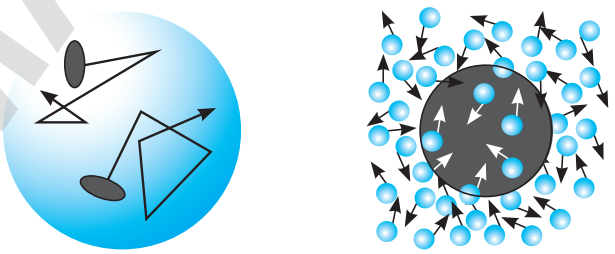


Рис. 3. *Хаотичное движение броуновской частицы*

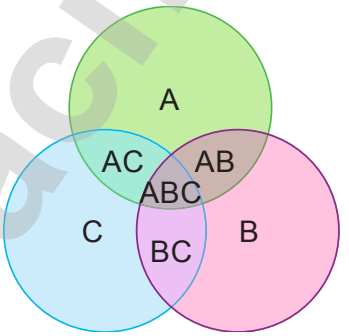
АРМАН-ПВ баспасы

Броуновское движение **– это непрерывное беспорядочное движение мельчайших частиц твердого тела, взвешенных в жидкости или газе, под влиянием ударов молекул.**

Примером такого движения является хаотичное колебание пылинок в лучах солнца.

Задания

1. Составьте диаграмму Венна – схему с пересекающимися тремя кругами (см. рис.). Каждый круг A, B и C должен содержать информацию о характеристиках рассматриваемого теплового процесса: A) теплового движения, B) броуновского движения и C) диффузии. В зоне перекрытия всех трех кругов ABC, запишите сходство всех трех указазанных процессов. В зону перекрытия AB, BC, AC внесите общие признаки только для двух процессов, например, в зоне AB необходимо записать общие признаки для теплового и броуновского движения, которые не свойственны диффузии.
2. Приведите по одному примеру диффузии в газах, жидкостях, твердых телах. Поясните, какое из положений МКТ они подтверждают.



III. Диффузия

Из курса физики 7 класса вам также известно, что молекулы одного вещества способны вследствие теплового движения проникать в межмолекулярное пространство другого вещества. Это свойство присуще веществам во всех трех агрегатных состояниях. Такое явление называют *диффузией*.

Диффузия **– это процесс взаимного проникновения молекул или атомов одного вещества между молекулами или атомами другого, в результате которого происходит равномерное распределение частиц по всему занимаемому объему.**

В результате диффузии смешиваются газы в атмосфере Земли; молекулы воздуха, необходимые для речных и морских обитателей, содержатся в водоемах. Благодаря диффузии растворяется краска в воде. Это явление играет большую роль в жизни человека: проникновение кислорода в легкие происходит благодаря диффузии.

АРМАН-ПВ баспасы

IV. Основные положения молекулярно-кинетической теории (МКТ)

Мы рассмотрели тепловое движение, броуновское движение и диффузию, которые являются ярким подтверждением МКТ и трех ее основных положений:

1. *Все вещества состоят из частиц: молекул или атомов, – между которыми есть промежутки.*
2. *Частицы вещества непрерывно и хаотично движутся.*
3. *Частицы вещества упруго взаимодействуют друг с другом.*

В создании молекулярно-кинетической теории большую роль сыграли немецкий физик Р. Клаузиус, английские физики Дж. Джоуль, Дж. Максвелл, австрийский физик Л. Больцман, русский ученый М. Ломоносов.

V. Использование броуновского движения и диффузии в быту и технике

Исследование явлений физики позволяет использовать полученные знания в повседневной жизни или в технике. Например, броуновское движение ограничивает точность измерительных приборов. Дрожание легкой стрелки зеркального гальванометра, служащего для определения малых токов в цепи, происходит под воздействием ударов молекул воздуха.

На явлении диффузии основана сварка металлов, покрытие поверхности изделия слоем металла, склеивание поверхностей. Диффузия получила широкое применение в промышленности, однако она же способствует загрязнению окружающей среды. Дымовые трубы предприятий выбрасывают в атмосферу углекислый газ, оксиды азота и серы, которые проникают во все слои атмосферы *(рис. 4)*. Избыток углекислого газа в атмосфере нарушает круговорот углерода в природе, приводит к образованию кислотных дождей, парниковому эффекту. Загрязняются реки, моря и океаны производственными и бытовыми стоками. Водоемы становятся непригодными для подводного мира. Воду, используемую для питья, приходится очищать.

Ответьте на вопросы

1. *Почему движение молекул не рассматривают так же, как и механическое движение?*
2. *Почему броуновское движение не наблюдается для крупных частиц?*
3. *Почему движение молекул названо тепловым?*
4. *В чем отличие броуновского движения от теплового?*

Рис. 4. *Тепловая электростанция*

АРХИВ РБ

Интересно знать!

Явление диффузии используется в различных технологических процессах в тяжелой и легкой промышленности. Например, в текстильной промышленности при производстве и покраске тканей. У многих народов, в том числе и у казахов, шерсть окрашивали в разные цвета, для того чтобы создать цветные изделия из войлока. Такой процесс окраски шерсти производился путем диффузии.

На явлении диффузии основаны соление овощей, приготовление варенья, а также выпечка вкусных воздушных баурсаков, которые готовят не только в кулинарных цехах, но и наши бабушки и мамы.

Красочно оформленное внутреннее убранство юрты

Контрольные вопросы

1. Какое движение называют тепловым, какое – броуновским?
2. Как температура тела связана со скоростью движения тела?
3. Какое явление называют диффузией?

Творческое задание

Подготовьте сообщение по темам (на выбор):

1. «Теория броуновского движения в реальной жизни» или «Как вести себя, если блуждаешь в поле или в лесу».
2. «Диффузия в быту и технике».
3. Из жизни ученого (Р. Клаузиус, Дж. Джоуль, Дж. Максвелл, Л. Больцман, М. Ломоносов, Р. Броун, Ж. Перрен, А. Эйнштейн).

АРМАН-ПВ спасы

§ 2. Температура, способы ее измерения, температурные шкалы

Ожидаемый результат

Прочитав параграф, вы сможете:

- *объяснить способ измерения температуры на основе теплового расширения;*
- *представить температуру в температурных шкалах Кельвина и Цельсия.*

I. Температура. Устройство жидкостного термометра

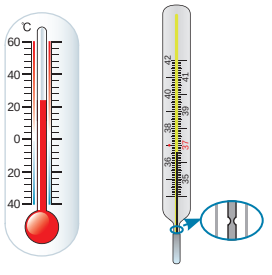
Значение температуры тела можно определить, используя термометр (от греч. «термо» – тепло, «метрео» – измеряю).

***Термометр* – это прибор для измерения температуры тела или окружающей среды.**

Тепловое состояние тела определяется быстротой движения молекул. Согласно молекулярно-кинетической теории сообщаемая телу энергия, вызывающая повышение его температуры, преобразуется в энергию движения молекул. Тепловое движение и тепловое состояние тела характеризуют физической величиной, названной температурой.

***Температура* – физическая величина, характеризующая тепловое состояние тела.**

Жидкостный термометр представляет собой трубку с узким каналом и шариком, наполненным ртутью или спиртом. Трубка запаяна, к ней крепится шкала с указанием единицы измерения *(рис. 5, а)*. При контакте с телом, температуру которого нужно измерить, жидкость в шарике нагревается, расширяется и поднимается вверх по трубке, указывая значение температуры.



а) *б)*

Рис. 5. *Устройство жидкостного термометра*

Ответьте на вопросы

1. *Почему термометры должны быть по размеру меньше, чем тела, температуру которых определяют?*
2. *Почему врач определяет показание термометра не раньше, чем через 5–7 минут после начала измерения?*
3. *Почему жидкости, которые используют в термометрах, должны расширяться сильнее, чем стекло?*
4. *Почему изменение температуры по шкале Цельсия и по шкале Кельвина совпадают по значению? Какие доказательства данному утверждению вы можете представить?*

АРМАН ПВ согласны

Андерс Цельсий (1701–1744) – шведский астроном и физик. Профессор астрономии Уппсальского университета (1730–1744). Был участником экспедиции, целью которой была проверка гипотезы И. Ньютона о том, что Земля сплющена у полюсов. В 1742 году опубликовал работу с описанием стоградусной шкалы термометра, которая позже получила название шкалы Цельсия.

Устройство медицинского термометра отличается от лабораторного тем, что канал трубки около шарика в таких термометрах сужен *(рис. 5, б)*. Это необходимо для того, чтобы показание прибора сохранялось длительное время, поскольку в момент определения показания медицинского термометра он не контактирует с телом. Для последующего использования термометра его необходимо встряхнуть, чтобы жидкость вновь вернулась в шарик. Комнатный или лабораторный термометр не встряхивают, так как температура жидкости в этих термометрах изменяется одновременно с температурой среды, в которой они находятся. Движению жидкости в этих термометрах ничто не препятствует.

II. Измерение температуры. Тепловое равновесие

Термометры позволили открыть один из важнейших законов природы – *закон теплового равновесия*. Он заключается в том, что соприкасающиеся тела сами собой с течением времени приходят в состояние, при котором их температуры становятся одинаковыми.

Состояние, при котором температуры тел становятся одинаковыми, называют *тепловым равновесием*.

Вспомните!

Для определения цены деления необходимо разность соседних чисел на шкале прибора разделить на число делений между ними.

Для термометров:

$$ц.д. = \frac{t_2 - t_1}{N}$$

Измерение температуры с помощью термометра основано на законе теплового равновесия. Тело должно прийти в тепловое равновесие с термометром, так как в этом случае температуры тела и термометра становятся одинаковыми. Термометр показывает собственную температуру. При измерении температуры тела с помощью термометра необходимо некоторое время для установления теплового равновесия между телом и термометром.

АРМАН-ПВ баспасы

III. Температурные шкалы.

Многие ученые для создания термометров использовали зависимость объема тела от температуры при их нагревании. Широкое применение в изготовлении жидкостных термометров получили спирт и ртуть.

Для нанесения шкалы прибора достаточно было выбрать два состояния вещества и соответствующие им значения температур. Разнообразие в выборе привело к тому, что в разных странах появились термометры с разными шкалами, но наибольшее распространение получила шкала Цельсия. В исследовательских лабораториях используют шкалу Кельвина.

Шкала Цельсия. На шкале Цельсия отметка 0 °С соответствует температуре замерзания воды, а 100 °С – температуре ее кипения при нормальном атмосферном давлении. Показания прибора выше нуля на этой шкале считаются положительными, а ниже нуля – отрицательными. Предельные значения, измеряемые термометром, могут быть разными. Это зависит от назначения прибора.

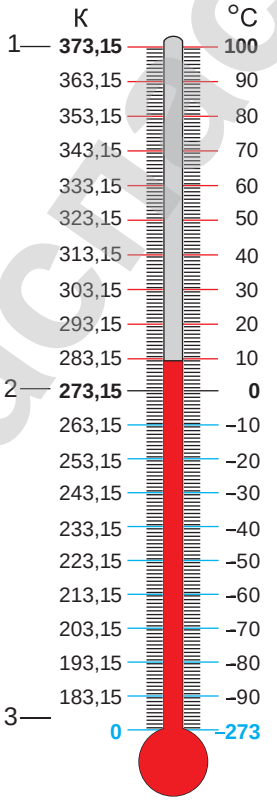
Шкала Кельвина. Английский физик Томсон Уильям, получивший титул лорда Кельвина, ввел шкалу, не имеющую отрицательных температур. Нулевому значению температуры в его шкале соответствует такое состояние вещества, при котором все частицы прекращают двигаться. Температуры ниже нуля по шкале Кельвина не существует не только на Земле, но и во всей Вселенной. Расчеты показали, что по шкале Цельсия эта температура равна –273,15 °С или приблизительно –273 °С *(рис. 6)*. Цена деления шкалы Кельвина равна цене деления шкалы Цельсия. Поэтому формулы перевода температур этих шкал довольно просты:

$$T = (t + 273)\ \text{К};$$
$$t = (T - 273)\ \text{°С};$$

где Т – температура по шкале Кельвина,
t – температура по шкале Цельсия.

Запомните!

Самые точные показания дает газовый термометр.



1. Температура кипения воды
2. Температура плавления льда
3. Абсолютный ноль

Рис. 6. *Шкалы термометров*

Запомните!

Т = (10 °С + 273) К = 283 К.
t = (623 К – 273) °С.

Обратите внимание!

Кроме термометров со шкалой Цельсия в Республике Казахстан распространены термометры с двойной шкалой: Цельсия и Фаренгейта.

АРМАН-ПВ баспасы

Задание

Используя формулу перевода значения температуры в Цельсиях в температуру по шкале Фаренгейта, получите формулу для обратного перевода.

Материал для дополнительного чтения

Шкала Фаренгейта

В ряде стран (например, в Англии и Америке) используют термометры со шкалой, предложенной немецким ученым **Г. Фаренгейтом**. За 0 °F *на шкале термометра была принята температура смеси льда, соли и нашатыря.* По мнению Фаренгейта, это было самое низкое из всех возможных искусственно полученных значений температур. За 100 °F *он принял температуру человеческого тела*. В дальнейшем его шкала была усовершенствована. Точке замерзания воды по шкале Фаренгейта соответствует 32 °F, а точке кипения 212 °F, поэтому не сложно установить соотношение цены деления по шкале Цельсия с ценой деления по шкале Фаренгейта: 1 °C = 1,8 °F.

Переведем 20 °C в градусы по Фаренгейту:

$$20\ °C = 20\ °C \cdot 1{,}8\frac{°F}{°C} + 32\ °F = 68\ °F.$$

Формула перевода значения температуры по шкале Цельсия в значение по шкале Фаренгейта имеет вид:

$$\mathbf{t\ °F = t\ °C \cdot 1{,}8\frac{°F}{°C} + 32\ °F.}$$

Нормальная температура человеческого тела 36,6 °C, по шкале Фаренгейта она равна 98 °F. Медицинский термометр со шкалой Фаренгейта имеет границы измерений от 94 °F до 110 °F, по шкале Цельсия от 34 °C до 42 °C.

Контрольные вопросы

1. Какой прибор называют *термометром?*
2. Какие шкалы термометров вам известны? В чем их различие?

Упражнение 1

1. Переведите в кельвины: –20 °C, 37 °C.
2. Переведите в градусы по Цельсию значения температур: 300 К, 100 К, 673 К.
3. Переведите 40 °C в °F.

АРМАН-ПВ базасы

Ответьте на вопросы

1. *Из чего состоит газовый термометр?*
2. *Почему газовый термометр не нашел широкого применения?*
3. *Предположите, для чего он необходим?*

Упражнение 1д

1. Переведите в градусы по Цельсию значения температур: 50 К, 273 К, 347 К.
2. Переведите в кельвины: –47 °С, 125 °С.
3. Самая высокая температура в Казахстане была зарегистрирована в городе Сарыагаш (Дарбаза) в Южном Казахстане, которая составляла +53 °С. Самая низкая температура была зарегистрирована в городе Атбасар в Акмолинской области, она составляла –57 °С. Переведите значения температур в Кельвины.
4. Переведите 86 °F в °С.

Экспериментальное задание

Проведите опыт: возьмите три стакана, налейте в один холодную воду, в другой – горячую воду из-под крана, в третий стакан – наполовину холодную, наполовину горячую воду. Опустите одновременно пальцы левой руки в горячую воду, а правой руки – в холодную. Держите их там, пока они не привыкнут к температурам воды в стаканах. Затем пальцы рук одновременно опустите в стакан с теплой водой. Сделайте вывод: достаточно ли надежны наши ощущения для оценки температуры тел?

Творческое задание

1. Изготовьте модель измерительного прибора – термометра, напишите к нему паспорт. В паспорте укажите назначение прибора.
2. Используя справочную литературу и Интернет, составьте таблицу самых низких и самых высоких значений температур небесных тел Солнечной системы в °С и К. Сравните колебание значений температуры на планетах с изменением температуры на Земле. Представьте данные в диаграмме.
3. Используя научную литературу, подготовьте сообщения с ppt-презентацией по темам: «Виды термометров», «Термоскоп Г. Галилея», «Шкалы термометров».

АРМАНТВ бағасы

§ 3. Внутренняя энергия. Способы изменения внутренней энергии

Ожидаемый результат

Прочитав параграф, вы сможете:

- *отличить внутреннюю энергию от механической;*
- *назвать способы изменения внутренней энергии;*
- *привести примеры к каждому способу изменения внутренней энергии.*

I. Внутренняя энергия

Все, что заполняет окружающее нас пространство, называют *материей*. Из курса 7 класса нам известно, что существует два вида материи: вещество и поле, – которые находятся в постоянном движении и взаимодействии.

Количественной мерой *различных форм движения и взаимодействия материи является энергия* (от греч. energeia – действие, деятельность).

Согласно МКТ, частицы вещества движутся и взаимодействуют, следовательно, они обладают энергией.

Энергию движения частиц, из которых состоит тело, называют *кинетической энергией*.

Кинетическая энергия (от греч. kinematos – движение) частиц зависит от массы и скорости движения молекул.

Энергию взаимодействия частиц, из которых состоит тело, называют *потенциальной энергией*.

Потенциальная энергия (от лат. potentia – способность, возможность) взаимодействия молекул зависит от расстояния между ними.

***Внутренняя энергия* – это физическая величина, равная сумме кинетической энергии теплового движения и потенциальной энергии взаимодействия частиц тела.**

Внутренняя энергия тела имеет свое обозначение $\boldsymbol{U}$ и единицу измерения джоуль: $[\mathbf{U}] = \mathbf{1}$ Дж.

Ответьте на вопросы

1. *Почему при откачивании воздуха из баллона внутренняя энергия оставшейся части воздуха уменьшается?*
2. *Какими способами можно восстановить значение внутренней энергии воздуха в сосуде?*
3. *Почему метеориты сгорают, когда входят в плотные слои атмосферы?*
4. *Почему мука из жерновов выходит горячей?*

АРМАН-ПВ баспасы

Джеймс Прескотт Джоуль (1818–1889) – английский физик. Занимался исследованиями теплоты, свойств газов. Вычислил скорости движения молекул газа, предложил одну из температурных шкал. Вошел в историю науки как один из первооткрывателей закона сохранения энергии, дав ему опытное подтверждение.

Единица измерения названа в честь английского физика **Д.П. Джоуля**.

Существует два способа изменения внутренней энергии: совершение работы и теплопередача. Рассмотрим их.

II. Механическая работа как способ изменения внутренней энергии

Не сложно убедиться в том, что трущиеся поверхности тел нагреваются. При резке и сверлении различных материалов, при наточке ножей нагреваются как изделие, так и сам инструмент. Под ударами молотка нагреваются шляпки гвоздей. Под действием силы трения и силы давления разогревается масло в гидравлической машине. Повышение температуры тел свидетельствует об увеличении скорости движения частиц вещества и внутренней энергии тела.

Совершая работу, можно изменить внутреннюю энергию не только твердых тел и жидкостей, но и газообразных веществ. Проведем опыт с прибором «воздушное огниво» *(рис. 7)*. Внутри цилиндра под поршнем поместим ватку, смоченную спиртом, прибор заполнится легковоспламеняющимися парами спирта. Резким движением руки приведем поршень в движение, совершая работу над парами спирта. При сжатии внутренняя энергия паров возрастает, температура достигает температуры воспламенения, вата загорится, цилиндр заполнится дымом. *Таким образом, в результате совершенной над телом работы его внутренняя энергия возрастает.*

Эксперимент в классе

Проведите опыты, изображенные на *рисунках 7 и 8*

Ответьте на вопросы

1. *Каким способом изменили внутреннюю энергию паров спирта в поставленных опытах?*
2. *В чем различие результатов эксперимента?*

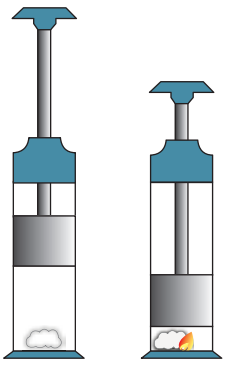


Рис. 7. *Самовозгорание паров спирта при сжатии*

АРМАН-ПВ баспасы

Рассмотрим обратный процесс: пусть тело совершает механическую работу за счет внутренней энергии. Логично предположение, что произойдет уменьшение внутренней энергии. Это должно привести к уменьшению скорости движения молекул, что легко обнаружить по снижению температуры тела. Проверим предположение на опыте. Пробирку с водой, закроем пробкой и укрепим в лапке штатива над пламенем спиртовки *(рис. 8)*. При закипании воды пробирка заполнится водяным паром. Под давлением пара пробка вылетит. Внутренняя энергия пара превращается в кинетическую энергию пробки, пар совершает механическую работу. На стенках пробирки появляются капли воды, они могут образоваться только в результате охлаждения пара. Точно так же, как и в природе, водяной пар, содержащийся в воздухе, при понижении температуры превращается в жидкость, на траве и листьях кустарников выпадает роса. На основании опыта мы пришли к выводу*: внутренняя энергия уменьшается, если пар совершает работу*.

Итак, внутреннюю энергию тела можно изменить совершением работы. Если работа совершается над телом, то внутренняя энергия тела возрастает. Если газ или пар совершает работу, то его внутренняя энергия уменьшается.

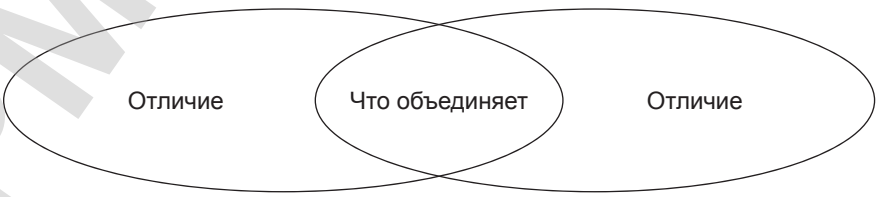
Рис. 8. *Уменьшение внутренней энергии пара при совершении работы*

Эксперимент в классе

Исследуйте зависимость изменения внутренней энергии монеты при трении о деревянную поверхность от величины силы трения и пройденного пути. Для измерения пройденного пути совершайте монетой возвратно-поступательное движение по заранее отмеченному отрезку. Силу трения можно изменить, уменьшив или увеличив силу давления на монету. Сделайте вывод: подтверждает ли полученный вами результат теорию.

Задания

1. Приведите по два примера к каждому способу изменения внутренней энергии, приводящих как к увеличению, так и уменьшению внутренней энергии.
2. Сравните внутреннюю энергию тела с механической энергией, составив диаграмму Венна.



АРМАН-ПВ баспасы

Интересно знать!

Внутреннюю энергию сжатых газов используют для совершения работы в тепловых двигателях, амортизаторах и пневматических устройствах.

Пневматические подушки безопасности

Пневматический домкрат

III. Теплопередача как способ изменения внутренней энергии тела

При соприкосновении тел более нагретое тело передает энергию менее нагретому телу. Например, нагревается холодная ложка, опущенная в горячую воду, или сосуд с водой при контакте с горячей плитой. Частицы холодного тела, получившие дополнительную энергию, начинают двигаться быстрее, температура тела повышается. Частицы горячего тела, потерявшего часть энергии, напротив, замедляют движение, температура тела понижается, происходит теплопередача.

***Теплопередача* – это процесс передачи энергии от более нагретого тела менее нагретому телу.**

Теплопередача прекратится, когда оба тела будут иметь одну и ту же температуру. При этом частицы тел, обменивающихся энергией, будут иметь одинаковые значения средней скорости движения.

Контрольные вопросы

1. Какую энергию называют кинетической, а какую – потенциальной?
2. Что представляет собой внутренняя энергия тела?
3. Какими способами можно изменить внутреннюю энергию тела?
4. Как изменится внутренняя энергия тела, если над ним совершить работу? Если пар или газ совершит работу?
5. Какой процесс называют теплопередачей?

АРМАН-ПВ бастеры

Упражнение 2

1. В один стакан налили холодную воду, в другой – столько же кипятка. В каком стакане вода обладает большей внутренней энергией?
2. В сосуде нагрели воду. Можно ли сказать, что внутренняя энергия воды увеличилась? Можно ли сказать, что воде передано некоторое количество теплоты?
3. Как изменится внутренняя энергия тела, если совершенная над ним работа равна 15 Дж?

Упражнение 2д

1. Обладает ли внутренней энергией тело при отрицательном значении температуры, например, –15 °С?
2. Закрытую пробирку погрузили в горячую воду. Изменились ли при этом кинетическая и потенциальная энергии молекул воздуха в пробирке? Если изменились, то как?
3. В одном сосуде находится разреженный газ, а в другом, таком же сосуде – сжатый газ. Какой газ обладает большей внутренней энергией, если их температура одинакова? Почему?

Экспериментальные задания

1. Исследуйте устройство чайника «со свистом», объясните, как действует звуковое приспособление.
2. Пользуясь сетью Интернет, выясните, производят ли такие чайники на предприятиях Казахстана.

АРМАНТПБ Баспасы

§ 4. Теплопроводность, конвекция, излучение

Ожидаемый результат

Прочитав параграф, вы сможете:

- *сравнить три способа теплопередачи, указать их особенности;*
- *назвать условия, при которых они происходят;*
- *привести примеры к каждому виду теплопередачи.*

Ответьте на вопросы

1. *Почему в жаркий летний день металлические поверхности нам кажутся более нагретыми, чем деревянные?*
2. *Почему юрту изготавливают из кошмы?*
3. *Почему в городе снег тает быстрее, чем в лесу?*

Различают три способа теплопередачи: *теплопроводность*, *конвекция*, *излучение*. Рассмотрим, как энергия передается от нагретых тел менее нагретым телам при различных способах теплообмена.

I. Теплопроводность

Нам известно, что при увеличении температуры тела скорость движения его частиц возрастает. В твердых телах более интенсивным становится колебательное движение частиц. При увеличении размаха колебательного движения взаимодействие молекул усиливается. Интенсивность колебаний молекул горячей части тела передается молекулам холодной части тела. Чем ближе расположены частицы друг к другу, тем быстрее происходит теплопередача, переноса вещества при этом не происходит.

Теплопроводность **– это процесс передачи энергии от более нагретых участков тела к менее нагретым в результате теплового движения и взаимодействия его частиц.**

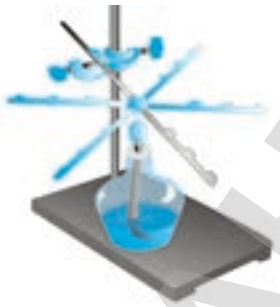


Рис. 9. *Различие теплопроводности металлов*

Теплопроводность твердых тел. Все тела в комнате находятся в тепловом равновесии, следовательно, их температуры одинаковы, но на ощупь металлические поверхности нам кажутся более холодными, чем деревянные. В точках соприкосновения рук с поверхностью тел начинается процесс теплопередачи. Металлы обладают большей теплопроводностью, их частицы быстрее обмениваются энергией с поверхностью соприкосновения, поэтому и кажутся на ощупь более холодными.

Теплопроводность жидкостей. Теплопроводность в жидкостях меньше, чем в твердых телах. Нагреем воду в пробирке, расположив пламя спиртовки под верхним слоем жидкости. Жидкость начинает кипеть. Коснувшись нижней части пробирки, можно убедиться в том, что она осталась как прежде

АРХИВ библиотеки

холодной *(рис. 10)*. Из-за малой теплопроводности энергия, полученная молекулами воды верхних слоев, не передается молекулам нижнего слоя.

Рис. 10. *Малая теплопроводность жидкости*

Теплопроводность газов. Теплопроводность газов ничтожно мала, так как молекулы газов расположены на больших расстояниях и практически не взаимодействуют друг с другом. Благодаря низкой теплопроводности воздуха мы можем достаточно близко подойти к сильно разогретым телам, например к костру, пламя которого достигает температуры 600–800 °С.

Вещества, плохо проводящие тепло, называются теплоизоляторами. Хорошими теплоизоляторами являются вата, войлок, дерево, шерсть, сухие опилки, рыхлый снег. В них содержится много воздуха.

В вакууме, где содержание частиц ничтожно мало, передача энергии теплопроводностью исключается полностью.

Эксперимент в классе

Рассмотрите *рис. 9* и *10*. Убедитесь на опыте, что теплопроводности различных металлов отличаются, теплопроводность воды ничтожно мала.

II. Конвекция

Под действием силы Архимеда воздух в комнате располагается слоями: внизу самый холодный слой, вверху − самый теплый. Открыв форточку, можно убедиться в том, что холодный воздух будет занимать

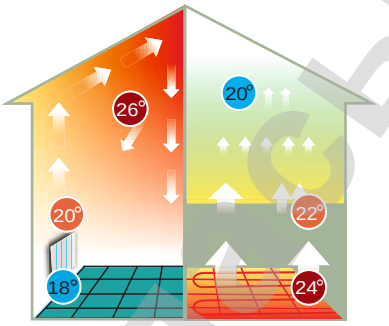
Ответьте на вопрос

Почему казахи и кочевые народы предпочитали посуду, изготовленную из древесины?

Национальная кухонная утварь отечественного производства г. Алматы

АРМАН-ПВ баспасы

нижние слои комнаты, вытесняя теплый воздух и заставляя его подниматься вверх. Воздух в комнате будет прогреваться по всему объему, если нагреватель расположен внизу. Холодный воздух, получив тепло от нагревателя, устремляется вверх, освобождая место для более холодных слоев *(рис. 11, а)*. В современных домах для более равномерного прогрева комнаты нагреватели монтируют по всей площади пола *(рис. 11, б)*. В рассмотренных случаях происходит конвекция (от лат. convectio – перенесение) – способ теплопередачи, при котором энергия переносится веществом.



а) Обычная система отопления *б) Теплый пол*

Рис. 11. *Конвекционные потоки воздуха при разных способах обогрева комнаты*

Конвекция **– это способ теплопередачи, при котором энергия переносится потоками жидкости или газа.**

Нагреем воду, опустив в стакан кипятильник *(рис. 13, а)*. Мы видим, что вся вода, которая находится выше нагревателя, закипает. Нагретые слои с меньшей плотностью под действием силы Архимеда поднимаются вверх, нижний слой воды остается холодным. Для равномерного распределения энергии по всему объему жидкости нагреватель располагают под сосудом *(рис. 13, б)*.

а) *б)*

Рис. 13. *Нагревание жидкости конвекционными потоками*

Эксперимент в классе

Рассмотрите *рисунок 12*. Проведите опыт и на рисунке в тетради изобразите направление конвекционных потоков в колбе. Под действием какой силы происходит движение жидкости при нагревании?

Рис. 12. *Движение конвекционных потоков*

АРМАН-ПВ баспасы

III. Излучение

Находясь возле камина или костра, мы чувствуем их тепло. В солнечный летний день можно погреться в лучах солнца. Как происходит теплопередача в этих случаях? Между пламенем и нашим телом находится воздух, между Солнцем и Землей − безвоздушное пространство. Следовательно, ни теплопроводностью, ни конвекцией передача тепла осуществиться не может. В этом случае тепло передается излучением. *Излучение – это электромагнитные волны − вид материи в виде поля.*

Излучение **– это теплопередача между телами, который осуществляется в процессе испускания, переноса и поглощения лучистой энергии.**

Одним из свойств этого поля является способность переносить энергию в пространстве, если даже в нем нет частиц вещества. *Для переноса энергии излучением среда не нужна*. Для прекращения теплопередачи излучением достаточно между телами поставить экран. Таким экраном в жаркие солнечные дни становятся головные уборы или навесы.

Все менее нагретые тела поглощают лучистую энергию.

Поглощение **– это процесс превращения энергии излучения во внутреннюю энергию тела.**

Наблюдения показывают, что *поглощательная способность темных тел больше, чем у светлых и зеркальных поверхностей*. К примеру, в городе снег, покрытый грязью и копотью, тает быстрее, чем чистый снег в лесу. Опытным путем доказано, что *тела, обладающие высокой поглощательной способностью, имеют также и высокую излучательную способность, они быстро охлаждаются*. Горячая вода в светлом чайнике охлаждается медленнее, чем в темном.

Задание

Составьте сравнительную таблицу способов теплопередачи. Параметры сравнения можно дополнить, прочитав текст учебника.

Виды теплопередачи			
Параметры сравнения	**Теплопроводность**	**Конвекция**	**Излучение**
Среда, в которой возможна теплопередача			
Техника теплопередачи			
Перенос вещества			

Сделайте вывод: что общего в трех способах теплопередачи, в чем их различие?

АРМАНТВ бастасы

Контрольные вопросы

1. Какие способы теплопередачи вам известны?
2. Как происходит передача энергии при теплопроводности?
3. В чем главное отличие двух способов теплопередачи: конвекции и теплопроводности?
4. Какая связь существует между поглощательной способностью тел и их цветом?
5. Дайте определения трем способам теплопередачи.

Упражнение 3

1. Назовите способы теплопередачи, указанные на *рисунке 14* цифрами 1–3.
2. Бумага легко возгорается. Можно ли, несмотря на это, вскипятить воду в бумажной коробке?
3. Один ученик сказал, что летом ходить в белой одежде прохладнее, поскольку она лучше отражает лучи и меньше нагревается. Другой возразил ему: прохладнее в черной одежде, так как она лучше испускает лучи. Кто из них прав?

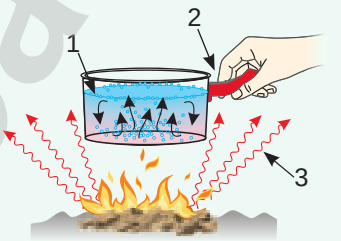


Рис. 14. *Способы теплопередачи*

Упражнение 3д

1. При какой температуре и металл, и дерево будут казаться на ощупь одинаково нагретыми?
2. Можно ли предсказать, какое направление будет иметь ветер у моря с наступлением осенней холодной погоды? Если да, то куда будет дуть ветер?
3. Что нагревается в солнечную погоду сильнее: вспаханное поле или зеленый луг?
4. Какой местный ветер характерен для степных зон Казахстана? Какова причина его возникновения?

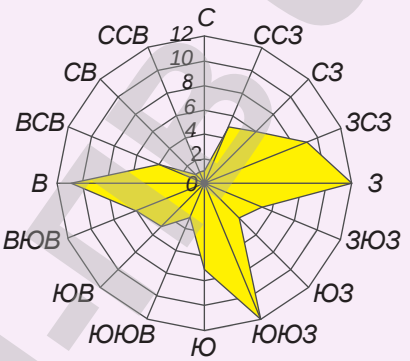
АРИАН-ПВ Баспасы

Экспериментальные задания

1. Сравните теплопроводность дерева и металла, опустив ложки из соответствующих материалов в горячую воду. По какому признаку вы сравнили теплопроводности тел?
2. Измерьте температуру воздуха в комнате около пола и потолка, сделайте выводы. Откройте форточку. Используя пламя свечи, изучите направление воздушных потоков в комнате.

Творческое задание

1. Изучите материалы сайтов: allatra-science.org› Карта ветров. Наблюдение за климатом онлайн, http://www.silkadv.com/ru/node/633 Климат Казахстана. Составьте список ветров, преобладающих в вашем регионе.
2. Постройте карту ветров для вашего населенного пункта *(см. рис.)*. Инструкцию по построению карты ветров найдите в Интернете.



Распределение направлений ветров для г. Бангкок за год

АРМАН-ПВ Баспасы

§ 5. Теплопередача в природе и технике

Ожидаемый результат

Прочитав параграф, вы сможете:

- *привести примеры теплопередачи в природе, быту и технике;*
- *указать вид теплопередачи в приведенном вами примере.*

Все виды теплопередачи играют важную роль в природе и широко используются в технике. Теплопередача определяет климатические условия на нашей планете, ее флору и фауну. Существование живых организмов невозможно без тепла. Эволюция животного мира способствовала заселению холодных регионов Земли. Человек, изучая теплопередачу в природе, научился использовать его закономерности в технике.

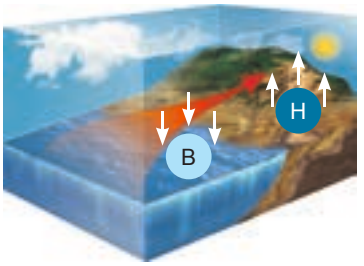


Рис. 15. *Дневной бриз*

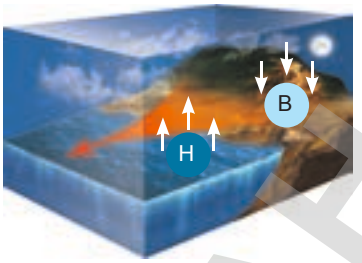


Рис. 16. *Ночной бриз*

I. Роль излучения и конвекции в движении воздушных масс

Энергия звезд передается небесным телам излучением. Неравномерно прогретые солнечными лучами и теплом Земли слои атмосферы создают области высокого и низкого давления, в результате которых образуются конвекционные потоки. Теплые слои с меньшей плотностью и давлением поднимаются вверх, уступая место холодным массам воздуха, создаются ветра. Охлаждаясь в разреженном слое атмосферы, воздух вновь опускается к поверхности Земли. Воздушные массы, смешиваясь, способствуют очищению атмосферы над промышленными городами, приносят влагу в степи и пустыни. Атмосферные потоки вокруг нашей планеты носят сложный характер. Ярким примером конвекционного потока являются береговые бризы *(рис. 15, 16)*.

Задания

1. Используя *рис. 15, 16,* объясните образование ночных и дневных бризов.
2. На основе какого закона можно объяснить наблюдаемые явления?

II. Система отопления жилых помещений и методы сохранения в них тепла

Человек построил жилье, в котором тепло и уютно. Созданная им конструкция системы отопления основана на закономерностях теплопередачи конвекцией. В большинстве случаев горячая вода подается в дом с первых этажей здания *(рис. 17)*.

АРМАН-ПВ баспасы

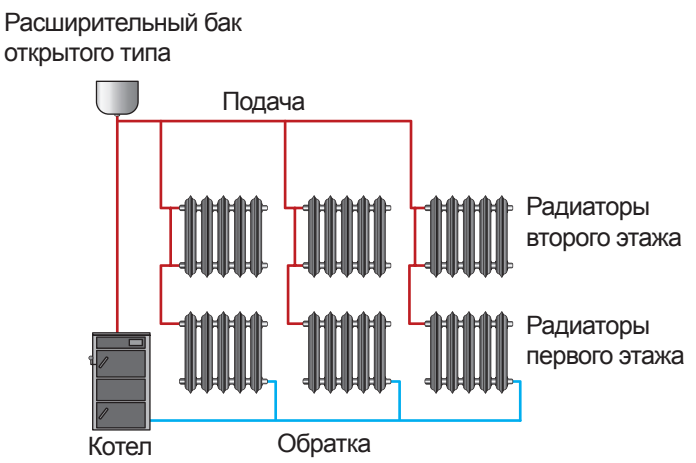


***Рис. 17**. Схема отопления двухэтажного здания*

Ответьте на вопросы

1. *Почему теплопроводность пористого кирпича больше чем у сплошного?*
2. *Какие материалы используют для строительства домов в Казахстане?*

Батареи системы отопления расположены под окном, что создает конвекционные потоки воздуха в комнате. Пластиковые окна с вакуумными стеклопакетами надежно защищают от зимней стужи, вакуум является хорошим теплоизолятором.

Пористые стройматериалы, содержащие воздух, сохраняют тепло в доме. Тепловые сети, водопроводные и канализационные коммуникации врывают глубоко в землю, чтобы, используя низкую теплопроводность грунта, не допустить замерзания воды в трубах *(рис. 18)*.

***Рис. 18.** Тепловая сеть Алматы*

III. Теплопередача в агротехнике

Знания о закономерностях теплопередачи используют в агротехнике. Приведем ряд примеров. Чтобы защитить плодовые деревья от вымерзания, приствольные круги покрывают на зиму слоями торфа, навоза, древесных опилок. Все эти материалы обладают плохой теплопроводностью, так как в них содержится много воздуха. На полях проводят меры по снегозадержанию. Снег является хорошим теплоизолятором. Для этой цели высаживают лесопосадки – живые изгороди.

Для получения раннего урожая овощей, цветов, а также для выращивания экзотических

***Рис. 19.** Папайя, выращенная ТОО «Топарские теплицы» Карагандинской области*

АРМАН-ПВ базасы

и теплолюбивых культур строят парники, теплицы, оранжереи *(рис. 19)*. В этих сооружениях создается парниковый эффект. Солнечные лучи проникают через пленку и стекло, прогревают поверхность земли, превращаются в тепловую энергию, которая практически не проходит через стекла и пленку. Температура в теплицах выше окружающей среды примерно на 10 °С.

IV. Термос

Создатель термоса исключил потерю тепла в своем изобретении всеми способами: теплопроводностью, конвекцией и излучением. Основная часть термоса – это стеклянный сосуд с двойными стенками и вакуумом между ними. Вакуум является хорошим изолятором, теплопроводность вакуума ничтожно мала. Стенки сосуда серебристого цвета, это уменьшает потери тепла излучением. Крышка сосуда препятствует потере тепла конвекцией воздуха над поверхностью жидкости в термосе. Сосуд с двойными стенками устанавливается в корпус и закрывается крышкой-стаканом *(рис. 20)*.

Рис. 20. *Устройство термоса*

Горячая вода, оставленная в термосе, из-за слабой теплопередачи с окружающей средой охлаждается медленно. Также медленно нагревается помещенный в термос лед. Термос можно использовать в качестве холодильника.

V. Вынужденная конвекция

Кроме *естественной, или свободной конвекции*, в быту и технике используют *вынужденную конвекцию*. Для быстрого прогревания или охлаждения всех слоев жидкости, газа и сыпучих веществ, прибегают к их вынужденному перемешиванию мешалкой или насосом. Примером вынужденной конвекции является движение воздуха в помещении под действием вентилятора. В центральном водяном отоплении используется вынужденная конвекция, течение воды происходит под давлением гидронасоса.

Контрольные вопросы

1. Какие материалы являются хорошими теплоизоляторами?
2. Какое природное явление легло в основу действия парников?
3. Перечислите основные части термоса и их назначение.
4. В чем различие естественной конвекции от вынужденной?

АРМАН-ПВ басласы

Задания

Составьте таблицу «Теплопередача в природе и технике».

Область применение	Теплопроводность	Конвекция	Излучение
в природе, быту и технике			

Упражнение 4

1. Приведите два примера изделий швейной промышленности с малой теплопроводностью. Где они используются?
2. Приведите примеры строительных материалов, которые являются теплоизоляторами.
3. Почему в искусственных спутниках Земли для равномерного прогревания отсеков используют вынужденную конвекцию?

Экспериментальное задание

Исследуйте теплоизоляционные свойства полиэтиленовой пленки и газетной бумаги. Оберните ими бутылки с горячей водой, при этом толщина слоя исследуемых материалов должна быть одинаковой, а между слоями не должен оставаться воздух. Толщину пленки и бумаги определите способом рядов. Через каждые 5 минут измерьте температуру воды в бутылках. На одной координатной плоскости постройте графики зависимости температуры воды от времени наблюдения. Сравнив результаты, сделайте вывод: какой из материалов обладает большей теплопроводностью?

Творческие задания

1. Подготовьте сообщение по темам (на выбор):
   1. Применение теплоизоляторов в природе и технике.
   2. Теплицы и оранжереи Казахстана.
   3. Образование ветров в Жетысуских воротах.
   4. О создателе термоса.
   5. Значение теплопередачи для авиации и космонавтики.
2. Изучив устройство и назначение термоса, изготовьте его из подручного материала. Проведите испытание полученного прибора.

АРМАН-ПВ баспасы

§ 6. Роль тепловых явлений в жизни живых организмов

Ожидаемый результат

Прочитав параграф, вы сможете:

- *привести примеры приспособления живых организмов к различной температуре;*
- *указать методы защиты организма от низких температур.*

Температурный режим окружающей среды влияет на жизнедеятельность различных организмов, значительное снижение или повышение температуры может привести к их гибели. Оптимальный температурный режим для большинства видов находится в пределах от 15 до 30 °С. Существуют организмы, которые способны выдерживать очень высокие или низкие температуры. Некоторые бактерии и водоросли обитают в горячих источниках с температурой воды, равной 85–87 °С. Перепады температур хорошо выдерживают куколки насекомых, споры бактерий, семена растений.

Выясним, как такие виды живых организмов, как растения и животные, приспособились к климатическим условиям нашей планеты, и каким образом в них происходит терморегуляция.

Рис. 21. *Одно из высочайших деревьев планеты (Штат Калифорния, США)*

I. Приспособление растений к различным климатическим условиям

Любой организм в результате теплообмена с окружающей средой теряет энергию, пропорциональную площади его поверхности. В результате эволюции растений в холодных регионах сохранились небольшие по размерам деревья по сравнению с деревьями, растущими в теплых климатических условиях. Ближе к экватору буйствуют широколиственные тропические леса, в лесах средних широт хвойные деревья заменяют широколиственные, с приближением к тундре высокие деревья сменяются карликовыми. Высота карликовой березы едва достигает 120 см, высочайшие деревья на нашей планете достигают высоты 115 м *(рис. 21)*. В осенний период деревья сбрасывают листья, что предотвращает испарение влаги с поверхности листьев, обезвоживания и замерзания. Процессы замедляются, прекращается движение сока, деревья приобретают способность переносить очень

Рис. 22. *Корневая система верблюжьей колючки*

АРХИВ ГГУ базовый

низкие температуры. Травянистые растения сбрасывают на зиму всю наземную часть, оставляя под землей лишь ростовые почки, которые отлично переносят холода под слоем снега. В пустынях под палящими лучами солнца способны выжить только растения-колючки, растения с большой корневой системой *(рис. 22)*. С проблемой нехватки воды и зноя справляются кактусы, у них нет листьев, а стволы защищены от испарения влаги толстым полированным слоем.

II. Роль тепловых явлений в жизни животных

Способы защиты от низких температур в животном мире аналогичны растительному, в результате эволюции в холодных регионах обитают животные меньших размеров. Например, в средних широтах рыжая лисица крупнее песца – полярной лисицы. Средняя масса песца составляет 3,5 кг, лисы – от 6 до 10 кг. Только северные медведи благодаря активной деятельности на протяжении всего года обладают толстым подкожным слоем жира, плотным мехом и превосходят по размеру бурого медведя. В морозные дни многие животные используют как способ терморегуляции уменьшение площади поверхности тела. Сворачиваясь в клубок, животные сохраняют свое тепло *(рис. 23)*.

В процессе эволюции животные, обитающие в холодных климатических условиях, покрылись пухом, шерстью, подкожным жиром − специальной теплоизолирующей прослойкой между организмом и окружающей его холодной средой. В морозные дни птицы сидят на ветках «нахохлившись», увеличение объема воздуха между пухом и перьями улучшает теплоизоляцию *(рис. 24)*.

Рис. 23. *Свернувшись в клубок, лиса сохраняет тепло своего тела*

На Земле существует немало животных, которые при наступлении зимы впадают в спячку, например: медведи, барсуки, еноты, различных видов грызуны. Они переходят в состояние анабиоза: обмен веществ снижается до минимума, температура тела снижается, и организм приобретает способность переносить очень низкие температуры без потерь энергии. Зимой уменьшается активность рыб: полностью прекращается или резко снижается потребление пищи, обмен веществ поддерживается за счет накопленных в организме энергетических ресурсов, в первую очередь жировых отложений.

Анабиоз – временное замедление или прекращение жизненных процессов в организме.

Рис. 24. *Терморегуляция увеличением объема воздуха в пухе и перьях*

АРМАТ-ПРЕСС

Еще один из способов защиты животных от холода, снега и дождя – это построение жилища: берлог, нор, гнезд *(рис. 25)*. Воздух в жилище препятствует теплообмену с окружающей средой, тем самым сохраняет тепло организма.

Рис. 25. *Нора – надежная защита от холода и жары*

III. Человек в условиях холода

У человека, как и животных, обязательным условием существования является постоянство температуры тела. Это важно для внутренних органов и мышц тела, температура кожного покрова может колебаться и зависит от внешней среды. Допустимая разность температур между внутренними органами и кожей составляет около 10 °С. Теплообмен происходит благодаря кровообращению: кровь поступает в капилляры и передает тепло отдаленным участкам тела. Потери тепла организмом должны в точности восполняться, иначе наступит перегревание или переохлаждение тела. За сохранение постоянной температуры отвечают механизмы терморегуляции.

Под воздействием холода включаются физические механизмы терморегуляции: сужаются сосуды кожи и легочные альвеолы, снижается глубина и частота дыхания. Если механизмы физической терморегуляции недостаточны, то подключаются химические механизмы – повышается мышечный тонус, появляется мышечная дрожь, что приводит к усилению потребления кислорода. В результате повышаются кровяное давление и скорость кровотока в мышцах. Дрожь возникает вследствие сокращения мышечных волокон, расположенных в коже, и является естественной реакцией на излишнюю потерю тепла. Дрожь может длиться часами, затихая и возобновляясь вновь. При многократных контактах с холодом у человека вырабатываются защитные механизмы, повышается устойчивость к возникновению обморожений. У коренных жителей севера эта способность закреплена генетически.

Ответьте на вопросы

1. *Почему сосны и ели не сбрасывают хвою? Почему хвоя не замерзает даже в лютую стужу?*
2. *Почему заяц «меняет» летнюю «шубу» на зимнюю?*
3. *Почему животный мир пустыни активен только ночью?*
4. *Почему в легкой промышленности для пошива теплой одежды необходимы теплоизоляционные материалы?*
5. *Из каких материалов созданы чумы, юрты? Почему?*
6. *Почему в тесной обуви ноги замерзают?*

IV. Защита человека от холода

Человек многому учится у природы и перенимает ее опыт в своей жизни. Волосяной покров не способен защитить человека от холода, как пух птиц

АРХИВ ГГУ Библиотека

или мех животных. Эту функцию выполняет одежда, теплоизолирующие свойства которой обусловлены действием воздушной прослойки. У каждого человека есть свое жилище, в результате эволюции человека оно менялось: от пещеры до современных коттеджей. Не менялось его назначение – защита от неблагоприятных условий окружающей среды: холода, жары, дождя.

Контрольные вопросы

1. Как организмы животного и растительного мира осуществляют терморегуляцию?
2. Как организм человека реагирует на холод?
3. Как человек защищается от холода и жары?

Экспериментальное задание

Исследуйте теплоизолирующие свойства материалов, используемых для пошива одежды: синтепона, меха. Оберните две банки с теплой водой одинаковой температуры (50–60 °С) исследуемыми материалами. Толщина материалов должна быть одинаковой. Через некоторое время (например, через 10 минут) измерьте температуру воды в банках, сравните их, сделайте вывод о теплоизоляционных свойствах материалов. При выполнении опыта можно исследовать свойства любых материалов.

Творческое задание

Подготовьте сообщение с ppt-презентацией (на выбор):

1. «Теплопередача и терморегуляция животных пустыни».
2. «Роль тепловых явлений для животных подводного мира».

АРМАК-ПБ баспасы

§ 7. Количество теплоты, удельная теплоемкость вещества

Ожидаемый результат

Прочитав параграф, вы сможете:

- *определить количество теплоты, полученное или отданное в процессе теплопередачи; объяснить физический смысл удельной теплоемкости;*
- *прочитать графики зависимости температуры тела от времени или количества переданной теплоты.*

I. Количество теплоты и изменение внутренней энергии

В результате теплопередачи меняются скорость и энергия движения молекул. Введем еще один физический термин, характеризующий процесс теплопередачи – количество теплоты.

Количество теплоты **– это энергия, которую тело получает или теряет при теплопередачи**

Количество теплоты обозначают буквой $\boldsymbol{Q}$. Единицей измерения количества теплоты в «СИ» является джоуль:

$$[Q] = 1\,\text{Дж}.$$

На практике используют единицы измерения с кратными и дольными приставками.

Получение или потеря энергии приводит к изменению внутренней энергии тела. Обозначим изменение внутренней энергии ΔU, тогда $\Delta U = U_2 - U_1$,
где U_1 – внутренняя энергия тела до теплопередачи, а U_2 – внутренняя энергия тела после теплопередачи.

Количество теплоты и изменение внутренней энергии при теплопередаче равны: $\Delta U = Q$.

Запомните!

1 кДж = 1000 Дж
1 МДж = 1 000 000 Дж
1 мДж = 0,001 Дж

Количество теплоты – это количественная мера изменения внутренней энергии тела при теплопередаче.

II. Зависимость количества теплоты от изменения температуры и массы вещества

Для того чтобы вскипятить, а не просто получить теплую воду, требуется больше времени. *Чем больше изменение температуры тела при неизменной его массе, тем большее количество теплоты передано или получено телом*. Обозначим изменение температуры Δt, тогда:

$$\Delta t = t_2 - t_1,$$

где t_1 – температура тела до теплопередачи, t_2 – температура тела после теплопередачи.

Кусочки науки

Теплоемкость тела равна произведению удельной теплоемкости вещества на массу тела: $C_\text{т} = mc$.
Единица измерения теплоемкости тела:

$$[C_\text{т}] = \frac{\text{Дж}}{°\text{C}}.$$

АРМАН-ПВ баспасы

Экспериментально было подтверждено, что между количеством теплоты и изменением температуры существует прямо пропорциональная зависимость:

$$Q \sim (t_2 - t_1).$$

Увеличение массы вещества приводит к увеличению числа молекул. Следовательно, при нагревании вещества до определенной температуры необходимо передать дополнительную энергию всем добавочным молекулам. *Чем больше масса тела, тем большее количество теплоты необходимо для изменения его температуры на одно и то же значение. Между количеством теплоты и массой существует прямо пропорциональная зависимость:*

$$Q \sim m.$$

III. Удельная теплоемкость вещества

Разным веществам одной и той же массы для изменения температуры на одно и то же значение требуется разное количество теплоты. В связи с этим введена специальная физическая величина, отражающая свойство веществ накапливать и хранить тепло. Величину назвали *удельной теплоемкостью вещества.*

Удельная теплоемкость вещества **– это физическая величина, показывающая, какое количество теплоты необходимо для изменения температуры вещества массой 1 кг на 1 °С.**

Значения удельной теплоемкости некоторых веществ даны в таблице 6 Приложения 2. Удельную теплоемкость вещества обозначают буквой c, а ее единица измерения:

$$[c] = 1\,\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°C}}.$$

Среди известных нам веществ одним из наибольших значений удельной теплоемкости обладает вода, уступая только водороду. Свойство воды накапливать большое количество теплоты широко используется в технике, например, в системе отопления. Большой теплоемкостью воды легко объясняется мягкий климат приморья.

Обратите внимание!

1. Удельная теплоемкость меди равна $400\,\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°C}}$. Это значит, что для нагревания меди массой 1 кг на 1 °С требуется количество теплоты, равное 400 Дж.
2. Удельная теплоемкость вещества зависит от внутреннего строения вещества. В различных агрегатных состояниях одно и то же тело обладает разной удельной теплоемкостью. Например, удельная теплоемкость льда – $2100\,\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°C}}$, воды – $4200\,\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°C}}$, водяного пара – $2130\,\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°C}}$.

АРМАН-ПВ Босгпаэы

Чем больше удельная теплоемкость вещества, тем больше количества теплоты поглощается или выделяется телом при изменении его температуры.

IV. Расчет количества теплоты при нагревании и охлаждении

Из всего выше рассмотренного следует: *количество теплоты при нагревании тела или его охлаждении определяется произведением удельной теплоемкости вещества, массы тела и изменения его температуры:*

$$Q = cm(t_2 - t_1), \text{ или } Q = cm\Delta t.$$

При нагревании тела $t_2 > t_1$, количество теплоты будет иметь положительное значение. При охлаждении тела $t_2 < t_1$, результат расчета количества теплоты будет иметь отрицательное значение. В этом случае *отрицательный знак указывает на то, что энергия телом выделяется, сама же энергия не имеет отрицательных значений.*

Задания

1. Преобразуйте формулу расчета количества теплоты для вычисления массы вещества, удельной теплоемкости, изменения температуры, а также значения конечной и начальной температур тела.
2. Запишите все полученные формулы с использованием удельной теплоемкости тела.

V. График зависимости температуры тела от количества теплоты

Чем больше тело получает или выделяет энергии, тем значительнее изменяется его температура. Если начальная температура тела равна 0 °C, то графиком прямо пропорциональной зависимости $\Delta t = \dfrac{Q}{c \cdot m}$ является прямая, проходящая через начало координат *(рис. 26)*. На графике по оси абсцисс отложено значение количества теплоты, переданного телу, а по оси ординат – значение температуры тела. По графику можно определить, что на момент, когда тело получило 20 кДж теплоты, его температура повысилась до 50 °C. В природе и в быту нагревание или охлаждение тела начинается с температуры окружающей среды. График с учетом значения начальной температуры будет иметь вид, изображенный на *рисунке 27*: график I – процесс нагревания; график II – процесс охлаждения. Начальная температура тел составляет 20 °C.

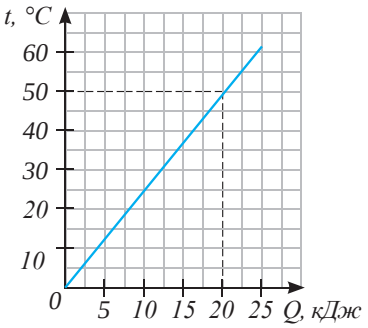


Рис. 26. *График зависимости температуры тела от переданной теплоты*

По графикам можно определить, как изменяется температура тела, и какое количество теплоты при этом оно получает или теряет. Например, для увеличения температуры первого тела от 20 °C до температуры 50 °C потребовалось 15 кДж энергии.

АРМАН-ПВ баспасы

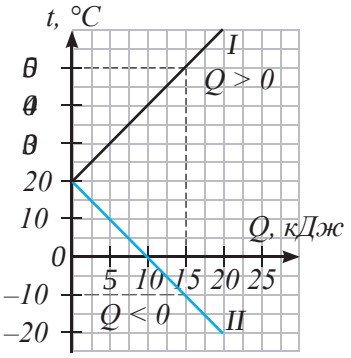


Рис. 27. *I. График процесса нагревания.*
II. График процесса охлаждения

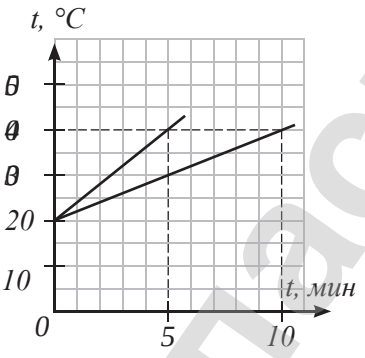


Рис. 28. *Графики зависимости температуры тела от времени*

VI. График зависимости температуры тела от времени

На *рисунке 28* изображены два графика зависимости температуры тела t °C от времени, время на оси абсцисс обозначено буквой *t*. Изображенные графики соответствуют нагреванию одного и того же тела разными нагревателями. В одном случае для изменения температуры тела от 20 до 40 °C потребовалось 5 мин, а в другом случае – 10 мин. Первым нагревателем на теплопередачу затрачено время в два раза меньшее, чем вторым.

График зависимости температуры от времени для одного и того же тела будет иметь больший угол наклона к оси времени для более мощного нагревателя.

Задания

1. Определите количество теплоты, отданное вторым телом при охлаждении от 20 до 0 °C *(рис. 27)*.
2. Изобразите график зависимости температуры тела от времени, если мощность нагревателя уменьшится в два раза *(рис. 28)*.

Контрольные вопросы

1. Что называют количеством теплоты? В каких единицах его измеряют?
2. Как связаны между собой количество теплоты и изменение внутренней энергии при теплопередаче?
3. Что такое удельная теплоемкость вещества? В каких единицах ее измеряют?
4. Какая связь существует между теплоемкостью тела и удельной теплоемкостью вещества?
5. Как по графику зависимости температуры тела от переданного ему количества теплоты определить, какой нагреватель более эффективный?
6. Как по графику зависимости температуры тела от времени передачи ему тепловой энергии определить, какое тело обладает большей теплоемкостью?

АРМАН-ПВ баспасы

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

В ванной смешали горячую воду объемом 30 л, имеющую температуру 80 °С, и холодную воду объемом 60 л, имеющую температуру 20 °С. Температура теплой воды оказалась равной 40 °С. Вычислите, какое количество теплоты отдала горячая вода при остывании и получила холодная вода при нагревании. Сравните эти количества теплоты.

Дано:	**СИ**	**Решение:**
$V_1 = 60$ л	0,06 м^3	Количество теплоты, полученное холодной водой: $Q_1 = cm_1(t - t_1)$, где t – конечная температура, t_1 – начальная температура, m_1 – масса холодной воды.
$t_1 = 20$ °С		$m_1 = \rho V_1$.
$V_2 = 30$ л	0,03 м^3	$m_1 = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 0,06\ \text{м}^3 = 60$ кг.
$t_2 = 80$ °С		
$t = 40$ °С		$Q_1 = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°С}} \cdot 60\ \text{кг} \cdot (40\ \text{°С} - 20\ \text{°С}) = 5\,040\,000$ Дж.
$c = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°С}}$		Количество теплоты, отданное горячей водой: $Q_2 = cm_2(t - t_2)$, где t – конечная температура, t_2 – начальная температура, m_2 – масса горячей воды.
$\rho = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$		$m_2 = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 0,03\ \text{м}^3 = 30$ кг.
$Q_1 - ?$		$Q_2 = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°С}} \cdot 30\ \text{кг} \cdot (40\ \text{°С} - 80\ \text{°С}) = -5\,040\,000$ Дж.
$Q_2 - ?$		Знак «–» означает, что энергия выделяется.
		Ответ: $Q_1 = 5\,040\,000$ Дж. $Q_2 = 5\,040\,000$ Дж.

По результатам расчетов можно сделать вывод.

Количество теплоты, отданное горячей водой, и количество теплоты, полученное холодной водой, равны между собой. В опытах и на практике к такому выводу можно прийти лишь в том случае, если не будет потерь энергии на нагревание сосуда и окружающей среды.

АРМАНТ-ПВ баспасы

Упражнение 5

1. Удельная теплоемкость латуни составляет $380\ \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot {}^\circ\text{C}}$. Что это означает?
2. Алюминиевую ложку массой 50 г, имеющую температуру 25 °С, опускают в горячую воду с температурой 75 °С. Какое количество теплоты получит при этом ложка?
3. Определите удельную теплоемкость вещества, если при нагревании некоторого его количества массой 200 г от 12 до 16 °С потребовалось 304 Дж теплоты.
4. В алюминиевой кастрюле массой 300 г находится вода объемом 5 л при 20 °С. Какое количество теплоты необходимо сообщить им для того, чтобы их температура стала равной 100 °С?
5. По графику зависимости температуры тела от количества теплоты *(рис. 29)* определите вещество, из которого сделано тело. Масса тела 4 кг.

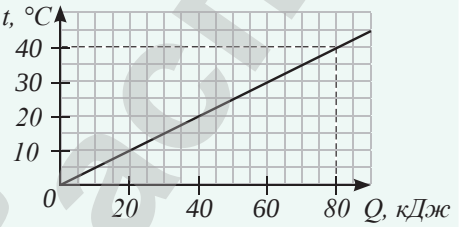


Рис. 29. *График зависимости температуры тела от количества теплоты*

Упражнение 5д

1. Какое количество теплоты выделяется при остывании стакана горячего чая при температуре 80 °С до комнатной температуры 20 °С? Массу чая принять равной 200 г.
2. Ведро воды объемом 10 л подняли из колодца, где температура 15 °С, и поставили на солнце. Вода в ведре нагрелась на 5 °С. Найдите изменение внутренней энергии воды, произошедшей при этом.
3. Сколько воды можно нагреть на 10 °С, сообщив ей при этом 168 кДж теплоты?
4. Определите теплоемкость алюминиевого чайника массой 0,8 кг.

Экспериментальное задание

Постройте график зависимости температуры воды от времени, нагретой до кипения на газовой горелке и в электрическом чайнике. Начальную температуру воды измерьте термометром. Температуру кипения воды примите равной 100 °С.

Творческое задание

Составьте задачу по изученной теме с техническим и экологическим содержанием.

АРМАН-ПВ баспасы

§ 8. Энергия топлива, удельная теплота сгорания топлива

Ожидаемый результат

Прочитав параграф, вы сможете:

- *определить количество теплоты, выделенное при сгорании топлива;*
- *определить количество топлива, которое необходимо для получения заданного количества теплоты;*
- *назвать основные топливные ресурсы РК; неисчерпаемые и возобновляемые ресурсы.*

I. Виды топлива

Существуют различные виды органического топлива. *Топливо, содержащее в себе углерод, принято называть органическим.* К таким видам топлива относятся хорошо известные вам дрова, торф, уголь, нефть, газ. Все они являются продуктом разложения и видоизменения растительных остатков, некогда росших на Земле деревьев и кустарников. Зеленые листья растений, благодаря энергии солнечных лучей, из молекул воды и углекислого газа вырабатывают органические вещества. Вот почему *залежи органического топлива называют «кладовыми солнца»*. В состав таких видов топлива входят одни и те же химические элементы: углерод, водород, кислород, азот.

Вид топлива	Содержание углерода, %
дрова	50
торф	60
бурый уголь	64–77
природный газ (метан)	74
каменный уголь	75–80
нефть	86
мазут	86–88
антрацит (уголь)	90–95

II. Удельная теплота сгорания топлива. Энергия топлива

При сгорании топлива атомы углерода соединяются с атомами кислорода, образуя при этом молекулы углекислого газа. При образовании молекул углекислого газа выделяется энергия. Различные виды топлива при сгорании выделяют различные количества теплоты. Чем больше содержание углерода в топливе, тем больше тепла выделяется при его сгорании. Для характеристики энергетического выхода топлива введена физическая величина – *удельная теплота сгорания топлива*.

Количество теплоты, которое выделяется при полном сгорании 1 кг топлива, называют *удельной теплотой сгорания топлива.*

Задание

Определите по таблице, какой вид топлива при сгорании выделяет большее количество теплоты.

Обозначение удельной теплоты сгорания топлива – $\boldsymbol{q}$, единица измерения: $[q] = 1\,\frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$.

Удельную теплоту сгорания топлива определяют опытным путем. Результаты опытных данных приведены в таблице 7 Приложения 2.

АРМАН-ПВ баспасы

Энергетический выход при сгорании топлива произвольной массы определяют произведением удельной теплоты сгорания топлива на его массу:

$$Q = qm.$$

Количество теплоты Q, выделяющееся при полном сгорании топлива любой массы m, равно произведению удельной теплоты сгорания топлива на его массу.

Массу топлива, необходимого для получения определенного количества теплоты, рассчитывают по формуле:

$$m = \frac{Q}{q}.$$

III. Основные топливные ресурсы энергетики Казахстана

Казахстан располагает значительными запасами органического топлива.

По разведанным запасам нефти он занимает восьмое место в мире. Его опережают Саудовская Аравия, Иран, Ирак, Кувейт, ОАЭ, Венесуэла и Россия. Запасы нефти на участке Каспийского шельфа прогнозируются до 8 млрд тонн. При добыче нефти до 80 млн тонн в год этих запасов хватит на 100 лет. Но нефть является ценным сырьем нефтехимической промышленности. В 2011 году начато строительство в Атырауской области нефтехимического комплекса по производству различных видов пластмасс, дорожного битума, каучука, планируется наладить шинное производство. С 2016 года запущен комплекс по производству бензола, сырья для нефтехимической продукции, бензина *(рис. 30)*.

Рис. 30. *Нефтехимический комплекс в г. Атырау*

По запасам угля Казахстан входит в первую десятку стран мира. Самые крупные месторождения – это Карагандинский, Екибастузский, Майкубенский бассейны. Обеспеченность уже разведанными запасами в среднем оценивается от 70 до 100 лет. Тепловая и электрическая энергия в Казахстане на 80% вырабатывается с применением угля.

По разведанным запасам природного газа наше государство занимает 15-е место в мире. Газовая промышленность является молодой и перспективной отраслью в топливно-энергетической

Обратите внимание!

Удельная теплота сгорания нефти

$$q = 4,4 \cdot 10^7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}},$$

это значит, что при полном сгорании нефти массой 1 кг выделяется $4,4 \cdot 10^7$ Дж энергии.

АРМАНПВ спасибы

промышленности, так как газ полностью сгорает, легко транспортируется. Строительство первого интегрированного газохимического комплекса планируется также в Атырауской области, которая по праву становится центром нефтегазовой промышленности Казахстана.

Ответьте на вопросы

1. *Почему разгорающийся огонь можно потушить, накрыв его плотной тканью?*
2. *Почему в космическом пространстве невозможно зажечь спички?*
3. *Почему использовать нефть в качестве топлива невыгодно?*
4. *Почему органическое топливо остается основным источником энергии, несмотря на вред, который наносит окружающей среде его добыча и использование?*
5. *Почему использование неисчерпаемых и возобновляемых ресурсов становится перспективным?*

IV. Топливно-энергетическая промышленность и окружающая среда. Неисчерпаемые и возобновляемые энергетические ресурсы

Использование органических видов топлива приносит вред окружающей среде. Открытый способ добычи угля, установка нефтяных вышек и насосов нарушают плодородный слой почвы *(рис. 31)*. При сжигании топлива образуется углекислый газ и другие вредные вещества. Повышенное содержание углекислого газа в атмосфере создает «парниковый эффект», приводящий к изменению климата на всей планете.

Рис. 31. *Нефтяные вышки*

Международные организации по защите окружающей среды видят решение проблемы загрязнения нашей планеты в освоении *неисчерпаемых и возобновляемых энергетических ресурсов. Неисчерпаемыми ресурсами являются энергия ветра, Солнца, тепла Земли, потоков воды (приливы и отливы).*

Возобновляемыми энергетическими ресурсами являются бытовые и сельскохозяйственные отходы, биомасса, которая появляется в результате деятельности мясо-молочной промышленности.

V. Перспективы использования неисчерпаемых и возобновляемых энергетических ресурсов

По договоренности между Правительством Казахстана и Программой Развития ООН был создан проект «Ускорение развития ветроэнергетики в Казахстане», реализацию которого планировали начать в 2004 году. Были проведены специальные метеорологические исследования двух регионов: Жетысуских ворот и Шелекского коридора Алматинской области. Жетысуские ворота были определены как одно из лучших мест в мире для развития

АРМАН-ПВ баспасы

ветроэнергетики. Проект пока не завершен. Первый ветропарк площадью 60 га был полностью введен в эксплуатацию в Ерейментауском районе Акмолинской области в декабре 2015 года, установлены 22 турбины общей мощностью 45 МВт *(рис. 32)*.

Рис. 32. *Ветропарк Ерейментауского района*

Перспективными для реализации проектов по солнечной энергетике являются южные регионы страны. В Казахстане достаточное количество залежей кремния, который используется для изготовления солнечных батарей – преобразователей солнечной энергии в электрическую. Солнечные батареи, установленные на крыше автономного дома, способны обеспечить жителей тепловой и электрической энергией. Первая солнечная электростанция на 50 МВт введена в действие в Жамбылской области в 2015 году *(рис. 33)*.

Рис. 33. *Солнечная электростанция «Бурное Solar-1» в Жамбылской области*

В Казахстане биомасса и отходы зерновых культур составляют значительные ресурсы возобновляемой энергии в связи с тем, что животноводство и растениеводство были и остаются одними из основных направлений экономики страны. Планируется использовать биомассу и отходы зерновых культур для получения биогаза. Такой вид топлива можно использовать в транспорте. Казахстан стремится перейти к экологически чистым видам топлива. Эту цель преследовала Всемирная выставка «ЭКСПО-2017» в столице Казахстана, на которой были представлены проекты энергоснабжения около 112 стран *(рис. 34)*.

Рис. 34. *Здания выставочных залов «ЭКСПО-2017»*

АРМАН-ПВ баспасы

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

Какую массу воды можно нагреть от 20 до 70 °С, используя теплоту, выделившуюся при полном сгорании каменного угля массой 500 г?

Дано:
$t_1 = 20$ °С
$t_2 = 70$ °С
$c = 4200$ Дж/кг · °С
$m_2 = 0{,}5$ кг
$q = 3 \cdot 10^7$ Дж/кг

$m_1 - ?$

Решение:
При сгорании топлива выделяется количество теплоты, равное:

$$Q_2 = qm_2.$$

Для нагревания воды необходимо количество теплоты, равное:

$$Q_1 = cm_1(t_2 - t_1).$$

Предположим, что вся энергия топлива передана воде, тогда $Q_1 = Q_2$ или $qm_2 = cm_1(t_2 - t_1)$.

Из полученного уравнения выразим неизвестную величину:

$$m_1 = \frac{qm_2}{c(t_2 - t_1)}.$$

Вычислим массу воды:

$$m_1 = \frac{3 \cdot 10^7 \text{ Дж/кг} \cdot 0{,}5 \text{ кг}}{4200 \text{ Дж/кг} \cdot \text{°С} \, (70 \text{ °С} - 20 \text{ °С})} = 71{,}4 \text{ кг}.$$

Ответ: $m_1 = 71{,}4$ кг.

Контрольные вопросы

1. Какие виды органического топлива вам известны?
2. Какую величину называют удельной теплотой сгорания топлива? В каких единицах она измеряется?
3. Как определяется количество теплоты, выделяющееся при сгорании топлива любой массы?
4. Какие энергетические ресурсы являются неисчерпаемыми, какие – возобновляемыми?

АРМАН-ПВ баспасы

Упражнение 6

1. Сколько энергии выделится при полном сгорании каменного угля массой 15 кг?
2. Бак вместимостью 5 л наполнен бензином. Достаточно ли этого количества бензина, чтобы получить при его сгорании 230 МДж энергии?
3. В печи сгорели березовые дрова объемом 10 дм^3 и торф массой 5 кг. Какое количество теплоты выделилось в печи? Плотность березы считайте равной $600\ \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

Упражнение 6д

1. Сколько нужно сжечь природного газа, чтобы получить $2{,}2 \cdot 10^{10}$ Дж теплоты?
2. Сколько нужно сжечь каменного угля, чтобы получить столько же энергии, сколько ее выделяется при сгорании бензина объемом 3 л?

Творческое задание

Подготовьте доклад по темам (на выбор):

1. «Влияние тепловых электростанций на окружающую среду».
2. «Перспективы использования неисчерпаемых энергетических ресурсов».
3. «Перспективы использования возобновляемых энергетических ресурсов».

АРМАНПВ базасы

§ 9. Закон сохранения и превращения энергии в тепловых процессах

Ожидаемый результат

Прочитав параграф, вы сможете:

- *применить уравнение теплового баланса при теплообмене тел замкнутой системы.*

Ответьте на вопросы

1. *Почему единицы измерения механической работы и количества теплоты такие же, как у энергии?*
2. *Почему фраза: «На совершение работы затрачена энергия…» с точки зрения физики не точная?*

Рис. 35. *Калориметр*

Задание

Сравните по *рис. 20 и 35* устройства термоса и калориметра. Что в них общего, в чем различие?

I. Закон сохранения энергии в теплоизолированных системах

Теплоизолированная система может состоять из любого количества тел.

Систему тел называют *теплоизолированной*, если в ней не происходит теплообмена с окружающей средой.

Теплообмен происходит между телами самой системы до тех пор, пока их температуры не станут одинаковыми. Количество теплоты тел, получивших энергию, имеет положительное значение. Количество теплоты тел, передавших энергию, – отрицательное. Теплообмен с окружающими телами, не входящими в систему, не происходит, поэтому *сумма количества теплоты для системы тел равна нулю*. При тепловом равновесии для теплоизолированной системы, состоящей из ***n*** тел, выполняется уравнение теплового баланса:

$$Q_1 + Q_2 + \ldots + Q_n = 0.$$

В замкнутой теплоизолированной системе из двух тел при тепловом равновесии количество теплоты, переданное горячим телом, равно количеству теплоты, полученному холодным телом.

$$Q_1 = Q_2,$$

где Q_1 – количество теплоты, переданное горячим телом, Q_2 – количество теплоты, полученное холодным телом.

АРМАН-ПВ Бассы

II. Взаимные превращения механической и тепловой энергий

Внутренняя энергия определяет температуру тела, следовательно, она связана с количеством теплоты. Изменить внутреннюю энергию можно двумя способами: теплопередачей и совершением работы. Например, обрабатывая деталь, кузнец нагревает ее двумя способами: помещая в пламя горна или ударами молота.

Возможно и обратное превращение внутренней энергии в механическую. Совершая работу, пар или газ приводят в движение различные механизмы, например, двигатели.

III. Работа и количество теплоты

Английский физик Б. Румфорд в 1798 году обнаружил, что пушечные стволы при сверлении нагреваются. В 1799 году Гемфри Дэви доказал, что при трении кусков льда выделяется количество теплоты, достаточное для их таяния. Опытным путем было установлено, что совершенная работа равна изменению внутренней энергии замкнутой системы тел:

$$A = \Delta U.$$

Основываясь на законе сохранения энергии, Дж. Джоуль провел ряд опытов и определил соотношение между единицами измерения работы и количества теплоты:

1 калория ≈ 4,19 Дж.

Калория – это единица измерения количества теплоты, которая использовалась в XIX веке при изучении тепловых явлений. Сосуд, в котором происходил теплообмен тел замкнутой системы, получил название *калориметр*, что означает «тепло измеряю».

Интересно знать!

Удельная теплота сгорания сливочного масла составляет 7800 ккал/кг, сахара – 4100 ккал/кг, яблок – 480 ккал/кг, свежих огурцов – 140 ккал/кг.

Обратите внимание!

Количество теплоты – это мера передачи энергии от нагретых тел холодным телам при теплопередачи.

1 калория **– это количество теплоты, необходимое для увеличения температуры 1 г воды на 1 ˚С.**

В современной физике количество теплоты стали измерять в джоулях. Калорию как единицу измерения используют для определения энергетической ценности продуктов в пищевой промышленности. Удельная теплота сгорания

АРМАНТВ бастасы

калорийной пищи выше, чем низкокалорийной. Энергия, выделяющаяся при сгорании продуктов в организме человека, необходима для превращения в другие виды энергии – совершения работы.

IV. Закон сохранения полной энергии замкнутой теплоизолированной системы

Эквивалентность работы и количества теплоты как величин, характеризующих энергию тел и частиц, позволила понять, что закон сохранения энергии – фундаментальный закон. Он объединяет все виды энергии, не ограничиваясь механической. При совместном изучении механических и тепловых явлений и взаимных превращений энергии в этих процессах вводится понятие «полная энергия».

Полной энергией системы тел называют *сумму механической и внутренней энергий*.

$$W = E + U,$$

где W – полная энергия системы, U – внутренняя энергия, E – полная механическая энергия.

Заменим полную механическую энергию в формуле суммой потенциальной и кинетической энергий, получим:

$$W = E_k + E_p + U.$$

Для замкнутых теплоизолированных систем выполняется закон сохранения полной энергии.

В замкнутой теплоизолированной системе тел полная энергия остается величиной, постоянной при любых изменениях, происходящих в системе.

К середине XIX века ученые-физики пришли к выводу: *энергия в природе не возникает из ничего и никуда не исчезает; она только переходит из одного вида в другой, от одного тела к другому. Полная энергия в замкнутой системе остается величиной постоянной.*

АРМАНТВ басасы

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

Свинцовая пуля, летящая со скоростью 200 м/с, попадает в земляной вал. Определите, на сколько градусов повысилась температура пули?

Дано:
$\upsilon = 200$ м/с
$c = 130$ Дж/кг · °С

Δt – ?

Решение:
Рассмотрим два состояния замкнутой системы «пуля – Земля – вал»: первое состояние – пуля летит к валу, второе состояние – пуля под действием силы сопротивления остановилась в земляном валу.
Систему можно считать теплоизолированной, так как процесс происходит за малый промежуток времени, теплопередача с окружающей средой не происходит.
Полная энергия пули в первом состоянии:
$W_1 = E_{p1} + E_{k1} + U_1$. (1)
Во втором состоянии: $W_2 = E_{p2} + E_{k2} + U_2$. (2)
На основе закона сохранения полной энергии:
$W_1 = W_2$. (3)
Подставив (1) и (2) в (3), получим:
$E_{p1} + E_{k1} + U_1 = E_{p2} + E_{k2} + U_2$. (4)

Учитывая, что $E_{p1} \approx E_{p2}$; $E_{k1} = \frac{m\upsilon^2}{2}$; $E_{k2} = 0$,

уравнение (4) запишем в виде: $\frac{m\upsilon^2}{2} = U_2 - U_1$. (5)

Изменение внутренней энергии пули равно:
$\Delta U = Q = cm\Delta t$. (6)
Подставим (6) в (5) и, решая относительно Δt,
получим: $\Delta t = \frac{\upsilon^2}{2c}$. (7)

Выполним расчеты: $\Delta t = \frac{4 \cdot 10^4 \text{ м}^2/\text{с}^2}{2 \cdot 130 \text{ Дж/кг} \cdot \text{°С}} \approx 154 \text{ °С}$.

Ответ: $\Delta t = 154$ °С.

Контрольные вопросы

1. В чем различие полной механической энергии от полной энергии?
2. Для каких систем выполняется закон сохранения полной энергии?
3. Какую систему называют замкнутой, какую – теплоизолированной?
4. Сформулируйте закон сохранения энергии.

АРМАНТ ПВ баспасы

Упражнение 7

1. Для приготовления ванны теплой воды температурой 40 °С смешали холодную воду при 10 °С с горячей при температуре 60 °С. Какой объем горячей воды был добавлен в холодную объемом 80 л?
2. При обработке детали слесарь совершил 46 движений стальным напильником, прикладывая силу 40 Н и перемещая напильник на 8 см при каждом движении. Определите, насколько повысилась температура напильника, если он имеет массу 100 г?
3 Стальной осколок, падая с высоты 500 м, имел у поверхности земли скорость 50 м/с. Определите, насколько повысилась температура осколка, если считать, что вся работа сопротивления воздуха пошла на его нагревание?

Упражнение 7д

1. В калориметр теплоемкостью $63\frac{Дж}{K}$ было налито 250 г масла при 12 °С. После опускания в масло медного тела массой 500 г при 100 °С установилась общая температура 33 °С. Определите удельную теплоемкость масла.
2. Оцените, насколько повысится температура железного гвоздя массой 5 г при одном ударе молотка массой 400 г, поднятого на высоту 1 м. Изменением температуры молотка пренебрегите. Насколько изменится температура гвоздя после пяти ударов молотка?
3. Какую работу совершил мальчик, пытаясь переломить алюминиевую проволоку массой 20 г, если температура проволоки повысилась на 3 °С?

Экспериментальное задание

Небольшое количество воды известной массы налейте в сосуд, измерьте ее температуру. Размешайте воду миксером в течение 5 минут. Вновь измерьте температуру воды. Сделайте вывод.

Творческое задание

Изучите энергетическую потребность человека в пище, составьте меню на одни сутки.

АРМАНТВ базасы

Итоги главы I

Формулы связи температурных шкал	Формулы расчета количества теплоты:	
	при нагревании и охлаждении	при сгорании топлива
$T = (t + 273)$ К $t = (T - 273)$ °C $t\,°F = t\,°C \cdot 1{,}8\frac{°F}{°C} + 32\,°F$ $t\,°C = \frac{t°F - 32°F}{1{,}8\frac{°F}{°C}}$	$Q = cm(t_2 - t_1)$ $Q = C_T(t_2 - t_1)$, где $C_T = mc$	$Q = qm$

Полная энергия замкнутой системы	Уравнение теплового баланса
$W = E_k + E_p + U$	$Q_1 + Q_2 + ... + Q_n = 0$ $Q_1 = Q_2$

Изменение внутренней энергии замкнутой системы	
при теплопередачи	при совершении работы
$\Delta U = Q$	$\Delta U = A$

Закон сохранения полной энергии

В замкнутой теплоизолированной системе тел полная энергия остается величиной постоянной при любых изменениях, происходящих в системе.

Глоссарий

Внутренняя энергия тела – это сумма кинетической энергии теплового движения и потенциальной энергии взаимодействия частиц тела.

Излучение – это теплопередача между телами, который осуществляется в процессах испускания, переноса и поглощения лучистой энергии.

Калория – это количество теплоты, необходимое для увеличения температуры 1 г воды на 1 °C.

Количество теплоты – это энергия, которую тело получает или теряет при теплопередаче.

Конвекция – это способ теплопередачи, при котором энергия переносится потоками жидкости или газа.

Полная энергия – это сумма механической и внутренней энергий замкнутой системы тел.

АРМАН-ПВ базасы

Работа – мера превращения одного вида энергии в другой.

Температура – физическая величина, характеризующая тепловое состояние тела.

Тепловое движение – это беспорядочное движение молекул и атомов.

Тепловое равновесие – состояние, при котором температуры тел становятся одинаковыми.

Теплоемкость тела – это физическая величина, показывающая, какое количество теплоты необходимо для изменения температуры тела на 1 °С.

Теплоизолированная система тел – это система, в которой не происходит теплообмен с окружающей средой.

Теплопередача – это процесс передачи энергии от более нагретого тела менее нагретому телу.

Теплопроводность – это процесс передачи энергии от более нагретых участков тела к менее нагретым в результате теплового движения и взаимодействия его частиц.

Термометр – это прибор для измерения температуры тела или окружающей среды.

Удельная теплоемкость вещества – это физическая величина, показывающая, какое количество теплоты необходимо для изменения температуры вещества массой 1 кг на 1 °С.

Удельная теплота сгорания топлива – это количество теплоты, которое выделяется при полном сгорании 1 кг топлива.

АРМАН-ПВ басшасы

1. Бекзат ремонтирует загон для овец. В багажнике своей машины он оставил бутылку с холодной водой, коробку гвоздей и деревянные бруски. После того, как машина три часа простояла на солнце, температура внутри нее достигла 40 ºС. Что произошло с предметами в машине?
   A. Температура всех предметов стала одинаковой 40 °С;
   B. Гвозди нагрелись сильнее, чем вода и доски, до 50 °С;
   C. Вода осталась холодной, доски и гвозди нагрелись до 40 °С;
   D. Доски не нагревались, вода и гвозди нагрелись до 40 °С.
   Что нужно сделать, чтобы вода осталась холодной?
2. Какой материал вы выберите для утепления зимней юрты: пенополиэтилен, стекловату, холлофайбер, войлок, синтепон? Почему в летний период для юрты можно использовать тот же материал? Каково назначение этого материала в жаркий день? Используя информацию из сети Интернет blog.flexyheat.ru› /uteplenie-yurty/, составьте сравнительную таблицу перечисленных утеплителей.
3. «Разбитый градусник».
   Описание ситуации:

У Олжаса на уроке заболела голова, он зашел в медицинский кабинет. Там пока никого не было, а в стакане на столе стоял термометр. Олжас решил измерить температуру, взял термометр, но вдруг он выскользнул из рук, упал и разбился. Ртуть раскатилась на маленькие капли. Олжас слышал, что пары ртути очень ядовиты. Что надо делать, если градусник разбился?

Справочные материалы

Ртуть – серебристо-белый металл. Металлическая ртуть при комнатной температуре летуча: пары рассеиваются по всему помещению. Ртуть очень плохо растворяется в воде: в отсутствие воздуха в одном литре воды может раствориться только 0,06 мг ртути. Ртуть – чрезвычайно опасное химическое вещество. Предельно допустимая концентрация для ртути составляет 0,0003 мг/м³. Особенно опасны выбросы в воду из-за образования там под действием микроорганизмов растворимой в воде и токсичной метилртути. Ртуть и ее соединения поражают нервную систему, печень, почки, желудочно-кишечный тракт, при вдыхании – дыхательные пути. При легком отравлении у человека через 2–3 недели нарушенные функции восстанавливаются по мере выведения ртути из организма. Если поступление ртути в организм происходит малыми дозами, но в течение длительного времени, наступает хроническое отравление. Для него характерны повышенная утомляемость, слабость, сонливость, апатия, головные боли и головокружения, а также

АРМАН-ПВ бастағы

психические расстройства. При вдыхании воздуха, содержащего пары ртути в концентрации не выше 0,25 мг/м³, ртуть задерживается в организме и накапливается в лёгких. В случае более высоких концентраций ртуть всасывается неповрежденной кожей.

Задания и вопросы для анализа ситуации

Существуют памятки по первичной демеркуризации (очищения) помещения, но в них нет обоснования необходимости рекомендуемых действий. Заполните пустые ячейки памятки.

Памятка по первичной демеркуризации (очищения) бытового помещения

№	Правило	Обоснование
1.	Перед сбором ртути нужно надеть резиновые перчатки и респиратор	
2.	Соберите шарики ртути. Проще всего ртуть можно собрать при помощи двух листов бумаги, при помощи резиновой груши или липкой лентой. Нельзя использовать пылесос или веник	
3.	Собранную ртуть поместите в банку с холодной водой и плотно закройте её крышкой	
4.	Банку лучше отнести на балкон, а впоследствии передать специалистам службы 112. Выкидывать ртуть в мусоропровод или выливать в канализацию нельзя	
5.	Проветрите помещение	
6.	Место разлива ртути обработайте раствором марганцовки, подкисленной уксусной кислотой	
7.	Вымойте пол мыльно-содовым раствором	
8.	Людям, находившимся в помещении, где была разлита ртуть, в течение нескольких дней полезно обильное питье	

АРМАНТВ Басласы

Контрольный тест

Вариант 1

1. **Беспорядочное движение молекул и атомов.**
   A) Тепловое равновесие.
   B) Конвекция.
   C) Броуновское движение.
   D) Тепловые движения.
2. **Физическая величина, характеризующая тепловое состояние тела.**
   A) Температура.
   B) Конвекция.
   C) Теплопередача.
   D) Удельная теплоемкость тела.
3. **Теплопередача, который может происходить в вакууме.**
   A) Конвекция.
   B) Излучение.
   C) Поглощение.
   D) Теплопроводность.
4. **Величина, равная сумме кинетической энергии теплового движения и потенциальной энергии взаимодействия частиц тела.**
   A) Количество теплоты.
   B) Удельная теплота сгорания.
   C) Внутренняя энергия.
   D) Удельная теплоемкость.
5. **Удельная теплота сгорания топлива – это количество теплоты, которое выделяется при полном сгорании топлива массой...**
   A) 2 кг.
   B) 10 кг.
   C) 12 кг.
   D) 1 кг.
6. **Формула расчета количества теплоты при нагревании тела.**
   A) $Q = cm(t_2 - t_1)$.
   B) $Q = cm(t_1 - t_2)$.
   C) $Q = cm - (t_2 - t_1)$.
   D) $Q = qm$.
7. **Единица измерения удельной теплоемкости вещества.**
   A) $\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot {}^\circ\text{C}}$.
   B) Дж.
   C) °C.
   D) $\frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$.

АРМАН-ПВ баспасы

8. **Запишите значение температуры 30 °С в кельвинах.**
   A) 243 К.
   B) 303 К.
   C) 203 К.
   D) 143 К.
9. **Определите, какое количество каменного угля потребуется для получения энергии, равной 300 МДж. Удельная теплота сгорания каменного угля равна $30 \cdot 10^6$ Дж/кг.**
   A) 1 кг.
   B) 0,1 кг.
   C) 10 т.
   D) 10 кг.
10. **Какое количество теплоты выделяет кирпичная печь массой 500 кг, охлаждаясь на 10 °С. Удельная теплоемкость кирпича $880 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot °\text{С}}$.**
   A) 4,4 МДж.
   B) 44 кДж.
   C) 440 кДж.
   D) 4400 Дж.

Вариант 2

1. **Состояние, при котором температуры тел становятся одинаковыми.**
   A) Тепловое равновесие.
   B) Теплообмен.
   C) Тепловое движение.
   D) Конвекция.
2. **Прибор для измерения температуры тела или окружающей среды.**
   A) Барометр.
   B) Гидрометр.
   C) Термометр.
   D) Ареометр.
3. **Способ теплопередачи, при котором энергия переносится потоками жидкости или газа.**
   A) Излучение.
   B) Конвекция.
   C) Теплопроводность.
   D) Поглощение.
4. **Один из способов изменения внутренней энергии без теплопередачи.**
   A) Совершение работы.
   B) Поглощение.

АРМАН-ПВ баспасы

C) Конвекция.
D) Теплопроводность.

5. Формула расчета количества теплоты при полном сгорании топлива.

A) $Q = cm.$
B) $Q = cm(t_2 - t_1).$
C) $Q = \lambda m.$
D) $Q = qm.$

6. Физическая величина, показывающая, какое количество теплоты необходимо для изменения температуры тела на 1 °С.

A) Теплопроводность.
B) Теплоемкость тела.
C) Удельная теплоемкость вещества.
D) Теплопередача.

7. Процесс превращения энергии излучения во внутреннюю энергию тела.

A) Конвекция.
B) Количество теплоты.
C) Поглощение.
D) Испускание.

8. Стальная деталь m = 20 кг при обработке на токарном станке нагрелась на 50 °С. На сколько джоулей увеличится внутренняя энергия детали? Удельная теплоемкость стали 500 $\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot {}^\circ\text{C}}$.

A) 50 кДж.
B) 5 МДж.
C) 500 кДж.
D) 5000 Дж.

9. Какое количество теплоты выделится при полном сгорании бензина m = 5 кг. Удельная теплота сгорания бензина $46 \cdot 10^6$ Дж/кг.

A) $2{,}3 \cdot 10^5$ кДж.
B) $1{,}15 \cdot 10^5$ кДж.
C) $23 \cdot 10^6$ кДж.
D) $2{,}3 \cdot 10^7$ Дж.

10. Запишите значение температуры 363 К в градусах по шкале Цельсия.

A) 100 °С.
B) 90 °С.
C) 110 °С.
D) 636 °С.

АРМАН-ПВ баспасы

ГЛАВА II

АГРЕГАТНЫЕ СОСТОЯНИЯ ВЕЩЕСТВА

Все вещества могут находиться в трех состояниях: твердом, жидком и газообразном. Их принято называть агрегатными. Тепловые процессы, связанные с переходом вещества из одного состояния в другой рассматривают на основе знаний о внутреннем строении вещества.

Изучив главу, вы сможете:

- описывать переход из твердого состояния в жидкое и обратно на основе молекулярно-кинетической теории;
- применять формулу количества теплоты, поглощаемого/выделяемого при плавлении /кристаллизации, при решении задач;
- анализировать график зависимости температуры от времени при плавлении и кристаллизации;
- экспериментально определить удельную теплоту плавления льда;
- описывать переход вещества из жидкого состояния в газообразное и обратно на основе молекулярно-кинетической теории;
- анализировать график зависимости температуры от времени при парообразовании и конденсации;
- описывать состояние насыщения на примере водяного пара;
- определять количество теплоты при парообразовании;
- объяснять зависимость температуры кипения от внешнего давления.

АРМАГПБ Спасы

§ 10. Плавление и кристаллизация твердых тел, температура плавления, удельная теплота плавления

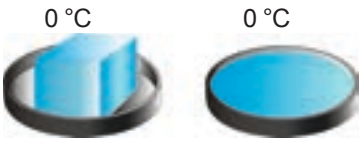
Ожидаемый результат

Прочитав параграф, вы сможете:

- *описывать переход из твердого состояния в жидкое и обратно на основе молекулярно-кинетической теории;*
- *применять в решении задач формулу количества теплоты, поглощаемого при плавлении и выделяемого при кристаллизации;*
- *анализировать график зависимости температуры от времени при плавлении и кристаллизации.*

I. Плавление и отвердевание твердых тел. Температура плавления и кристаллизации

Все твердые тела можно разделить на кристаллические и аморфные. Тела, в которых молекулы или атомы расположены строго в определенном порядке, называют *кристаллическими.* В аморфных телах порядка в расположении частиц не наблюдается, они не обладают кристаллической решеткой. Получив энергию, твердое кристаллическое тело при определенном значении температуры плавится, превращается в жидкость *(рис. 36)*. Во время плавления температура не меняется. Например, температура льда во время плавления остается равной 0 °С. Эксперименты, проведенные с другими кристаллическими телами, подтвердили этот вывод и показали, что различные кристаллические вещества имеют разные по значению температуры плавления. Например, стеарин плавится при температуре 71 °С, цинк – при 420 °С. В таблице 8 Приложения 2 даны температуры плавления ряда веществ при нормальном атмосферном давлении.



а) *б)*

Рис. 36. *Плавление льда*

Плавление **– это процесс перехода вещества из твердого состояния в жидкое при температуре плавления.**

Температуру, при которой кристаллическое вещество плавится, называют *температурой плавления.*

При потере энергии жидкость вновь переходит в твердое состояние, отвердевает. Опыты показали, что отвердевание жидкости происходит при температуре, равной ее температуре плавления. *Температура плавления и температура кристаллизации имеют равные значения для одного и того же вещества.*

Отвердевание, или кристаллизация **– это процесс перехода вещества из жидкого состояния в твердое при температуре кристаллизации.**

Температуру, при которой вещество кристаллизуется (отвердевает), называют *температурой кристаллизации.*

АРМ-ПРО Беларусь

При нагревании пчелиного воска, не имеющего кристаллическую решетку, температура повышается непрерывно *(рис. 37)*. При нагревании воска уменьшается его вязкость, перехода в другое состояние не происходит. Такие вещества, как воск, пластилин, стекло, можно рассматривать как очень вязкую густую жидкость.

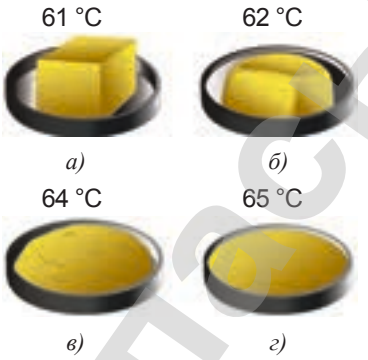


Рис. 37. *Изменение вязкости аморфных веществ при нагревании*

II. Плавление и отвердевание с точки зрения МКТ

Тепловая энергия, полученная твердым телом, распределяется между молекулами вещества, скорость и размах колебаний атомов и молекул в узлах кристаллической решетки увеличиваются. При температуре плавления кристаллическая решетка разрушается, вся подводимая энергия превращается в потенциальную энергию взаимодействия атомов или молекул. Скорость движения частиц вещества не меняется, *температура тела не повышается*. В веществах, не имеющих кристаллическую решетку, подводимая энергия идет только на увеличение кинетической энергии движения частиц. Температура тела постоянно меняется.

Интересно знать!

Галлий плавится в руках экспериментатора, легко растворяется в горячей воде.

III. Удельная теплота плавления

Опытным путем установлено, что для плавления различных кристаллических веществ равной массы требуется различное количество теплоты. Физическую величину, характеризующую это свойство веществ, назвали *удельной теплотой плавления* и обозначили буквой λ (лямбда).

Обратите внимание!

Для меди $\lambda = 2{,}1 \cdot 10^5 \dfrac{\text{Дж}}{\text{кг}}$, это означает, что для превращения куска меди массой 1 кг, взятого при температуре плавления 1085 °C, в жидкость той же температуры, требуется $2{,}1 \cdot 10^5$ Дж энергии.

Удельная теплота плавления **– это физическая величина, показывающая, какое количество теплоты необходимо сообщить кристаллическому телу массой 1 кг, чтобы при температуре плавления полностью перевести его в жидкое состояние.**

$$\lambda = \frac{Q}{m},$$

единица измерения: $[\lambda] = 1\dfrac{\text{Дж}}{\text{кг}}$.

АРМАН-ПВ баспасы

Значения удельной теплоты плавления некоторых веществ даны в таблице 9 Приложения 2.

Запомните!

При температуре плавления внутренняя энергия вещества в жидком состоянии больше внутренней энергии такой же массы вещества в твердом состоянии!

IV. Расчет количества теплоты при плавлении и кристаллизации

При расчете количества теплоты, необходимого для плавления вещества, удельную теплоту плавления умножают на массу тела:

$$Q = \lambda m.$$

Если температура вещества меньше температуры плавления, то тело сначала нагревается до указанной температуры и затем только плавится. В этом случае количество теплоты рассчитывают как *сумму количества теплоты, необходимого для нагревания тела и количества теплоты, которое требуется для его плавления:*

$$Q = cm\left(t_2 - t_1\right) + \lambda m.$$

При отвердевании вещества выделяется столько же энергии, сколько поглощается при его плавлении, поэтому для расчета количества теплоты используют те же формулы. При отвердевании вещества перед формулой расчета количества теплоты принято ставить знак «–»: $Q = -\lambda m$, это означает, что тело отдает энергию окружающим телам.

Ответьте на вопрос

В чем различие воды и льда, взятых при 0 °С?

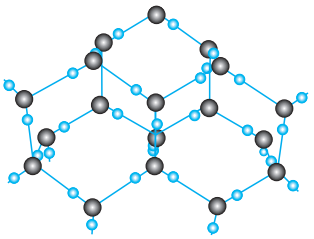


Рис. 38. *Кристаллическая решетка льда*

V. Изменение объема тела при плавлении и отвердевании

Вещество при переходе из твердого состояния в жидкое расширяется. Исключением является вода, *она расширяется при переходе из жидкого состояния в твердое,* при формировании кристаллической решетки расстояние между молекулами увеличивается *(рис. 38)*. При образовании льда возникают силы, способные увеличить расщелины в горных породах, разрушить металлические трубы, емкости.

VI. График процесса плавления

Рассмотрим график зависимости температуры вещества от переданного ему количества теплоты, изображенный на *рисунке 39*. На участке AB температура вещества повышается, идет процесс нагревания. На участке BD температура не изменяется – *это является признаком перехода вещества в другое агрегатное состояние*. Температура плавления вещества на графике равна 80 °С. Воспользовавшись таблицей температур плавления, мы можем утверждать, что расплавленным веществом является нафталин.

АРМАН-ПВ баспасы

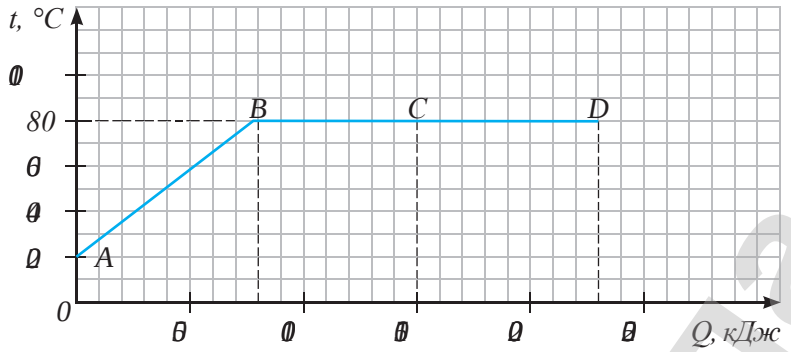


Рис. 39. Участок BD на графике соответствует плавлению вещества

Задания

1. Укажите на *рис. 40* график плавления свинца.
2. Опишите тепловые процессы, график которых изображен на *рис. 41 в*. Укажите сходство и отличие процессов, графики которых изображены на *рис. 41 а,б,в.*

График плавления можно изобразить в координатах ***t°*** – температура, ***t*** – время, так как количество теплоты зависит от времени прямо пропорционально. По оси ординат нанесем температуру *t °C,* по оси абцисс-время *t*, мин. Время процесса зависит от быстроты передачи энергии телу от нагревателя и от значения удельной теплоты плавления вещества. Передадим энергию от одного и того же нагревателя телам равной массы, но из разного вещества: свинца и олова. В пламени горелки свинец плавится за меньшее время, так как его удельная теплота плавления меньше, чем у олова. На графике плавления свинца участок *BC* будет короче, чем на графике плавления олова *(рис. 40 а, б)*.

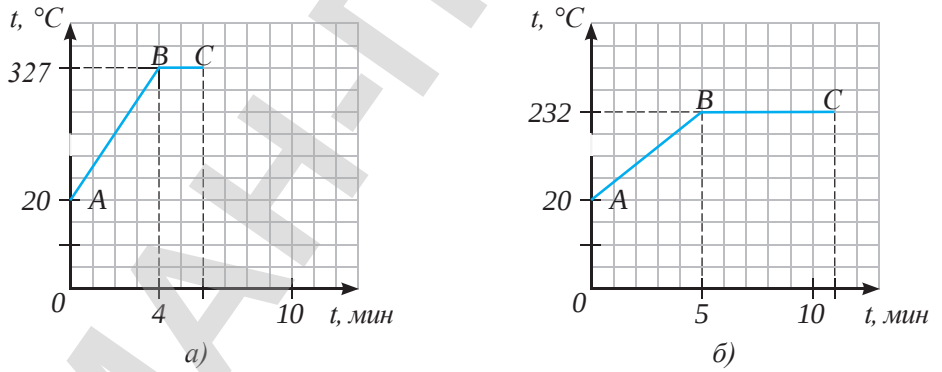


Рис. 40. *Графики плавления свинца и олова равной массы*

VII. Графики кристаллизации

График зависимости температуры отвердевающего тела от количества теплоты, переданного окружающей среде, не отличается от графика плавления. Нам известно, что плавление и кристаллизация одного и того же вещества происходит при одной и той же температуре. Вещество при отвердевании выделяет количество теплоты, равное поглощенному количеству теплоты при

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ имени Ф. Скорины

плавлении. График охлаждения и кристаллизации можно изобразить в координатах температура-время (*рис. 41*). О том, что происходит кристаллизация, мы можем судить по участкам графика, соответствующим процессам охлаждения вещества в жидком или твердом состоянии. На *рисунке 41, а* изображен график охлаждения жидкости до температуры кристаллизации *AB* и последующего отвердевания *BC*. На *рисунке 41, б* изображен график кристаллизации вещества *BC* с последующим его охлаждением в твердом состоянии *CD*.

Графики зависимости температуры плавления и отвердевания от времени могут отличаться. Передача энергии телу от нагревателя, как правило, происходит быстрее, чем передача энергии от тела окружающей среде.

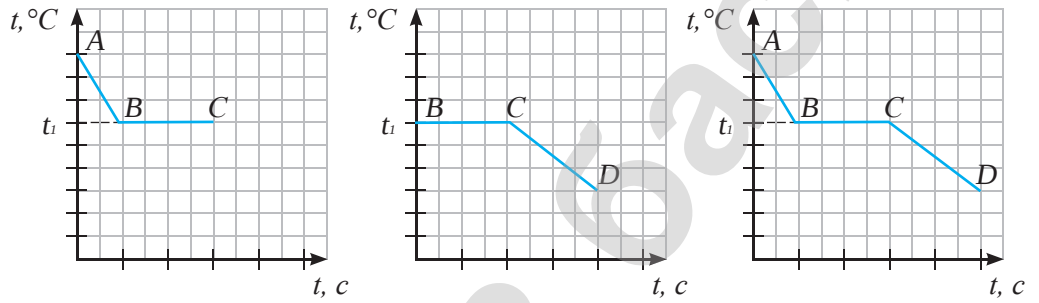


Рис. 41. *Графики охлаждения и кристаллизации вещества*

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

Сколько энергии приобретает при плавлении кусочек свинца массой 10 г, взятой при температуре 27 °С?

Дано:
$m = 10$ г
$t_1 = 27$ °С
$t_2 = 327$ °С
$c = 140 \dfrac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°С}}$
$\lambda = 0,25 \cdot 10^5 \dfrac{\text{Дж}}{\text{кг}}$

$Q - ?$

СИ
0,01 кг

Решение:
Температура плавления свинца 327 °С, следовательно, он должен быть нагрет до этой температуры.

$Q_1 = cm_1 (t_2 - t_1)$.

$$Q_1 = 140 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°С}} \cdot 0,01 \text{ кг} \cdot (327 \text{ °С} - 27 \text{ °С}) = 420 \text{ Дж}.$$

Для плавления свинца требуется количество теплоты, равное:

$Q_2 = \lambda m$.

$$Q_2 = 0,25 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot 0,01 \text{ кг} = 0,25 \cdot 10^3 \text{ Дж} = 250 \text{ Дж}.$$

АРМАТ-ПВ бастасы

Общее количество теплоты:
$Q = Q_1 + Q_2$.

$Q = 420\ \text{Дж} + 250\ \text{Дж} = 670\ \text{Дж}$.

Ответ: $Q = 670$ Дж.

Ответьте на вопросы

1. *Почему во время снегопада становится теплее?*
2. *Почему при измерении температуры наружного воздуха в холодных регионах применяются термометры со спиртом, а не с ртутью?*
3. *Почему для изготовления сосудов и изделий причудливой формы используют стекло?*
4. *Почему внутренняя энергия вещества в жидком состоянии больше, чем внутренняя энергия того же вещества в твердом состоянии при температуре плавления?*
5. *Почему кинетические энергии молекул вещества в твердом и жидком состоянии при температуре плавления одинаковые?*
6. *Почему плавление кристаллических тел возможно только при определенном значении температур?*
7. *Какой металл, находясь в расплавленном состоянии, может заморозить воду?*
8. *Можно ли в алюминиевой посуде расплавить медь, свинец?*
9. *Почему зимой при длительных стоянках выливают воду из радиатора автомобиля?*

Контрольные вопросы

1. Какой процесс называют плавлением, какой – отвердеванием (кристаллизацией)?
2. Какая связь существует между температурой плавления и температурой кристаллизации для одного и того же вещества?
3. Какую величину называют удельной теплотой плавления? В каких единицах она измеряется?
4. В чем различие графиков зависимости температуры от количества теплоты для процессов нагревания и плавления вещества?

Упражнение 8

1. Определите энергию, необходимую для превращения в жидкость 100 кг железа, взятого при температуре плавления.
2. Рассчитайте энергию, нужную для получения 5 кг воды температурой 20 °С из льда, находящегося при температуре –20 °С.

АРМАН-ПВ обспасы

3. Изобразите график зависимости температуры воды массой 1 кг от количества теплоты, выделенной при ее охлаждении от 40 °С до –10 °С.

Упражнение 8д

1. В железной коробке массой 300 г было расплавлено 100 г олова. Какое количество теплоты потребовалось на нагревание коробки и плавление олова, если их начальная температура была равна 32 °С?
2. Отливая деталь, из ковша в форму налили 6 кг жидкого олова. Какое количество энергии выделится при отвердевании и остывании полученной детали до 22 °С?
3. Изобразите график зависимости температуры латуни массой 2 кг от количества переданной теплоты. Латунь была нагрета и полностью расплавлена. Начальная температура латуни 20 °С. Предварительно произведите все необходимые расчеты.

Экспериментальное задание

Опустите в сосуд со смесью воды и льда термометр. Проследите за показанием термометра до момента полного исчезновения льда в сосуде. По результатам наблюдений сделайте вывод.

АРМАН-ПВ басасы

§ 11. Парообразование и конденсация

Ожидаемый результат

Прочитав параграф, вы сможете:

- *описывать переход вещества из жидкого состояния в газообразное и обратно на основе молекулярно-кинетической теории;*
- *анализировать график зависимости температуры от времени при парообразовании и конденсации;*
- *описывать состояние насыщения на примере водяного пара.*

I. Пар и газ. Парообразование

Пар – это газообразное состояние вещества. Пар отличается от газа тем, что при нормальном атмосферном давлении его можно превратить в жидкость охлаждением. Превратить газ в жидкость простым охлаждением невозможно, кроме охлаждения, его нужно сжать. Жидкости, полученные из газа, например жидкий кислород, хранятся в специальных толстостенных баллонах.

Парообразование **– это явление превращения жидкости в пар.**

Существует два способа парообразования: *испарение и кипение.*

Вспомните!

Испарение зависит от: температуры, площади поверхности жидкости, наличия ветра (давления пара над жидкостью), рода жидкости.

II. Испарение

При испарении пар образуется только с поверхности жидкости.

Испарение **– это парообразование, происходящее с поверхности жидкости.**

Задание

Приведите примеры испарения веществ в твердом состоянии.

Из курса естествознания вам известно, что скорость испарения зависит *от температуры жидкости, площади ее поверхности, наличия ветра (движения потоков воздуха над поверхностью жидкости)*. Испарение произойдет быстро, если повысить температуру жидкости, увеличить ее площадь поверхности, создать над ней движущийся поток воздуха.

Скорость испарения зависит также от рода вещества, так как силы взаимодействия между молекулами разных веществ различные. Быстрее испаряется та жидкость, молекулы которой притягиваются друг к другу с меньшей силой. В этом случае преодолеть притяжение соседних молекул и вылететь с поверхности жидкости может большее число молекул.

Когда говорят «вещество испаряется», то обычно подразумевают, что испаряется жидкость. Но таким свойством обладают и твердые тела. Мы

АРМАН-ПВ бассейны

ощущаем запах мыла, стирального порошка. Это свидетельствует о том, что в воздухе присутствуют частицы этих веществ.

Испарение происходит при любой температуре. В морозные дни вывешенное мокрое белье замерзает, затем лед испаряется, белье сохнет.

Процесс перехода вещества из твердого состояния в газообразное, минуя жидкое, принято называть *возгонкой, или сублимацией* (от лат. sublimo – возношу). Так, «сухой лед», используемый для хранения мороженого, при атмосферном давлении превращается в пар, минуя жидкое состояние *(рис. 42)*.

Рис. 42. *Сублимация «сухого льда»*

Запомните!

При испарении внутренняя энергия жидкости уменьшается, если приток энергии от окружающей среды не восполняет ее.

III. Изменение температуры и внутренней энергии жидкости при испарении

С точки зрения молекулярно-кинетической теории, испарение – это процесс, при котором с поверхности жидкости вылетают наиболее быстрые молекулы. Кинетическая энергия этих молекул превышает энергию связи с другими молекулами жидкости. Если нет подвода энергии от окружающих тел, то этот процесс приводит к уменьшению средней кинетической энергии оставшихся молекул и охлаждению жидкости. Пловец, вышедший из воды, ощущает холод. Ощущение холода усиливается в ветреный день, так как испарение происходит интенсивнее. В обычных условиях заметного охлаждения жидкости, например воды в стакане, мы не обнаружим, так как испарение происходит очень медленно. За это время окружающий воздух в результате теплообмена восполняет потери энергии жидкости.

IV. Конденсация

В результате теплообмена с холодными телами пар превращается в жидкость.

Процесс превращения пара в жидкость называют *конденсацией*.

Утренняя роса, туман – это яркие примеры явления конденсации в природе. Переход вещества из газообразного состояния в твердое, минуя жидкое, называют *десублимацией*. Примером такого явления в природе является образование инея.

Обратите внимание!

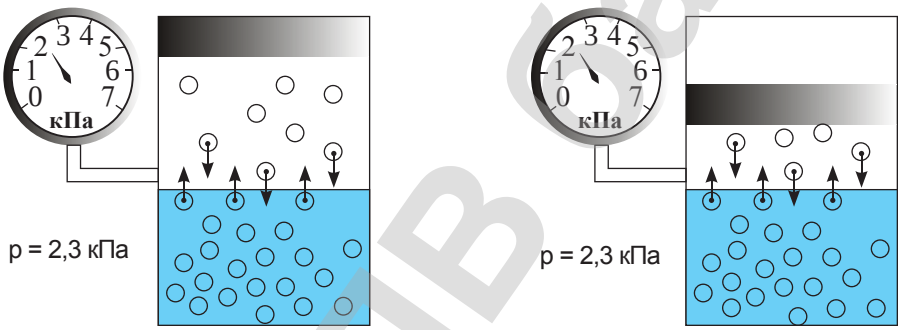
При испарении парообразование происходит с поверхности жидкости.

АРМАНТ Библиотека

V. Насыщенные и ненасыщенные пары

Над свободной поверхностью жидкости в открытом сосуде испарение преобладает над конденсацией. Пары жидкости занимают весь предоставленный им объем и равномерно распределяются между молекулами воздуха. Давление над жидкостью не изменяется и остается равным давлению атмосферы. При наличии ветра конденсация заметно уменьшается. Испарение происходит более интенсивно. Пар над жидкостью при таких условиях является ненасыщенным.

В закрытом сосуде пары могут занять только верхнюю часть сосуда над жидкостью. В таком случае наступает такое состояние, когда число молекул, покинувших жидкость, будет равным числу молекул, вернувшихся в нее за один и тот же промежуток времени *(рис. 43, а)*. Это состояние называют динамическим равновесием, а пары – насыщенными.



а) *б)*

Рис. 43. *Давление насыщенных паров не зависит от занятого ими объема*

Насыщенный пар **– это пар, который находится в динамическом равновесии со своей жидкостью.**

Слово «насыщенный» подчеркивает, что при данной температуре пар не может содержать в единице объема большее число молекул, то есть иметь большую плотность. Плотность газа определяет давление, которое создается ударами молекул. При уменьшении объема насыщенного пара часть молекул возвращается в жидкость, а давление остается прежним *(рис. 43, б)*.

Вещества с малым значением давления насыщенного пара *при обычных условиях* являются

Ответьте на вопрос

Насыщенный водяной пар находится при температуре 100 °С и занимает некоторый объем. Как изменится давление пара, если его объем уменьшится вдвое, сохраняя прежнюю температуру?

АРМАН-ПВ баспасы

твердыми или жидкими, а с большим значением – газообразными. При средних значениях давления вещество является легко испаряющейся жидкостью, или легко сжижающимся газом.

При повышении температуры давление насыщенного пара, как и давление любого другого газа, повышается.

Давление насыщенного пара при температуре 20 °С, кПа			
ртуть	0,0002	эфир	60
вода	2,3	фреон	567
спирт	5,9	аммиак	857

Если пар не находится в динамическом равновесии со своей жидкостью, то его называют *ненасыщенным.*

Задание

Используя таблицу насыщенных паров, определите, какое вещество является легкоиспаряющимся.

Ответьте на вопросы

1. *Почему после дождя становится холоднее?*
2. *Почему в резиновой одежде трудно переносить жару?*
3. *Почему говорят «ветер снег съедает»?*
4. *Почему трещат сырые поленья?*
5. *Почему летом дождевые капли крупные, а осенью мелкие?*
6. *Почему температура огурца в любую жару на несколько градусов ниже температуры воздуха?*
7. *Почему после жаркого дня роса бывает более обильной?*

Контрольные вопросы

1. Какой процесс называется парообразованием? Чем отличается пар от газа?
2. Какой способ парообразования называется испарением? Какие факторы влияют на скорость испарения жидкости?
3. Как изменяется внутренняя энергия жидкости при испарении?
4. Что такое конденсация?
5. Какой пар называют насыщенным, а какой – ненасыщенным?

АРМАН-ПВ баспасы

Экспериментальные задания

Проверьте зависимость испарения жидкости от температуры, площади ее поверхности, наличия ветра и рода жидкости.

1. На две чистые пластинки из стекла капните две одинаковые капли одеколона. Отдалив одну из пластинок, помашите над ней листом бумаги. С какой из пластинок капля одеколона испарится быстрее?
2. Повторите опыт, при этом одну из капель размажьте по стеклу. Какая из капель испарится быстрее?
3. Проверьте зависимость скорости испарения от температуры: одну из пластин до повторения опыта нагрейте.
4. Капнув на пластину по капле воды и одеколона, сравните скорость испарения жидкостей.

   Подготовьте отчет по проведенным опытам.

Творческое задание

1. Изучив таблицу давлений насыщенных паров, данную в параграфе, ответьте на вопросы:
   - Можно ли считать легкоиспаряющимися жидкостями те вещества, у которых давление паров превышает давление атмосферы 101,3 кПа?
   - Почему на Земле нет азотных и кислородных озер и рек?
2. Приведите примеры легкоиспаряющихся жидкостей.

АРМАН-ПВ басасы

§ 12. Кипение, удельная теплота парообразования. Зависимость температуры кипения от внешнего давления

Ожидаемый результат

Прочитав параграф, вы сможете:

- *определять количество теплоты при парообразовании;*
- *объяснять зависимость температуры кипения от внешнего давления.*

I. Кипение. Температура жидкости при кипении

При кипении пар образуется в пузырьках воздуха, растворенных в жидкости. Объем пузырьков увеличивается, возрастает сила Архимеда. Пузырьки поднимаются на поверхность жидкости и высвобождают молекулы пара *(рис. 44)*. Кипение происходит при постоянной температуре и сопровождается характерным шумом.

Обратите внимание!

При кипении парообразование происходит по всему объему жидкости.

Рис. 44. *Кипение жидкости*

Температуру, при которой жидкость кипит, называют *температурой кипения.*

Различные жидкости имеют разную температуру кипения. Объясняется это тем, что силы взаимодействия между молекулами у различных веществ отличаются. Для преодоления сильного взаимодействия необходимо, чтобы кинетическая энергия молекул возросла на большее значение и температура соответственно была выше.

Кипение **– это процесс парообразования, происходящий в объеме всей жидкости при температуре кипения.**

В таблице 10 Приложения 2 даны значения температур кипения для ряда веществ при нормальном атмосферном давлении.

АРМАН-ПВ баспасы

II. Удельная теплота парообразования

Для определения количества теплоты при кипении ввели *удельную теплоту парообразования* – физическую величину, аналогичную удельной теплоте плавления.

Удельная теплота парообразования **– это физическая величина, равная количеству теплоты, необходимому для превращения 1 кг жидкости в пар при температуре кипения.**

Обозначим удельную теплоту парообразования буквой ***r***, тогда формула расчета примет вид:

$$r = \frac{Q}{m}.$$

Единица измерения величины: $[r] = 1\,\frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$.

Значения удельной теплоты парообразования при нормальном атмосферном давлении были определены для различных веществ опытным путем. Некоторые из них даны в таблице 11 Приложения 2.

III. Расчет количества теплоты при кипении и конденсации

Количество теплоты, необходимое для превращения жидкости в пар при температуре кипения, равно произведению удельной теплоты парообразования на массу жидкости:

$$Q = rm.$$

Если температура жидкости меньше температуры кипения, то потребуется дополнительная энергия для нагревания жидкости. В таком случае количество теплоты определяется как сумма энергий, необходимых для нагревания и для кипения жидкости:

$$Q = cm(t_2 - t_1) + rm.$$

Экспериментально установлено, что пар превращается в жидкость при температуре, равной

Ответьте на вопросы

1. *Почему удельная теплота парообразования веществ больше удельной теплоты плавления?*
2. *Почему количество теплоты, переданное жидкости при кипении, и количество теплоты, выделенное при конденсации, имеют одинаковые значения?*
3. *Почему кипение сопровождается шумом и бульканьем? Какие процессы в жидкости сопровождаются этими звуками?*
4. *Почему температура кипения для различных веществ разная?*

Запомните!

Внутренняя энергия вещества в газообразном состоянии больше его внутренней энергии в жидком состоянии при температуре кипения.

Обратите внимание!

Для воды $r = 2{,}3 \cdot 10^6\,\frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$, это значит, что для превращения воды массой 1 кг в пар при температуре 100 °С требуется $2{,}3 \cdot 10^6$ Дж энергии.

АРХИВ ГГТУ им. П.О. Сухого

температуре кипения. При этом выделяется то же количество теплоты, которое было затрачено на превращение жидкости в пар. *Количество теплоты, которое выделяется при конденсации пара, определяют по формуле:*

$$Q = -rm.$$

Знак «–» в последней формуле несет информацию о том, как пар при конденсации выделяет энергию и передает ее окружающей среде.

IV. Графики зависимости температуры от времени при парообразовании и конденсации

На *рисунке 45* изображен график тепловых процессов: участок *AB* – нагревание воды, участок *BC* – кипение воды, участок *CD* – нагревание водяного пара. Температура при кипении остается постоянной до полного превращения жидкости в пар. При нагревании температура вещества повышается. *Графики зависимости температуры вещества от переданного количества теплоты при кипении и плавлении имеют одинаковый вид*.

После прекращения подачи тепла температура пара начнет уменьшаться (участок AB графика, изображенного на *рисунке 46)*. При 100 °C пар конденсируется. Температура остается постоянной до тех пор, пока пар полностью не превратится в воду (участок *BC)*. Горячая вода, охлаждаясь, достигает температуры окружающей среды (участок *CD)*.

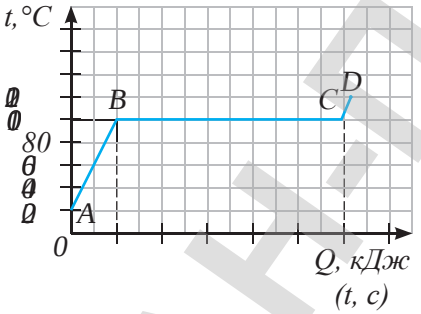


Рис. 45. *График нагревания и кипения воды*

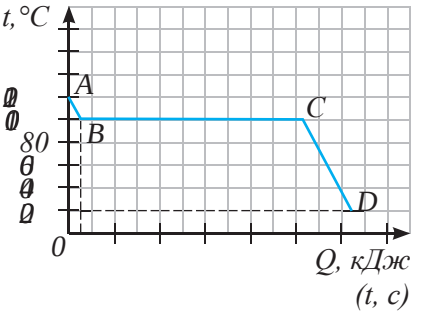


Рис. 46. *График охлаждения и конденсации пара*

V. Объяснение процессов кипения и конденсации на основе МКТ

При нагревании, получив дополнительную энергию, молекулы воды начинают двигаться быстрее. В состоянии, соответствующем точке B графика *(рис. 45)*, энергия молекул достаточна для преодоления сил притяжения соседних молекул. Молекулы покидают жидкость не только с ее поверхности, но и с поверхности пузырьков внутри жидкости. Происходит разрыв связей и увеличение расстояния между молекулами. При этом скорость молекул жидкости и ее температура не меняются.

АРМАН-ПВ баспасы

Охлаждение вещества в газообразном состоянии приводит к уменьшению скорости и энергии движения молекул, расстояние между молекулами уменьшается, силы притяжения между ними становятся достаточными, чтобы удержать молекулы на близком расстоянии, пар превращается в жидкость. При этом выделяется такая же энергия, какая была затрачена на разрушение связей между молекулами в процессе кипения. При конденсации она поддерживает температуру жидкости постоянной. После окончательного превращения пара в жидкость дальнейшая потеря энергии приводит к охлаждению жидкости.

VI. Зависимость температуры кипения от атмосферного давления

Изменение давления над поверхностью жидкости влияет на значение температуры кипения.

Уменьшение давления приводит к уменьшению температуры кипения. Жидкость может закипеть при комнатной температуре, в этом легко убедиться, если поместить сосуд с водой под колокол воздушного насоса и откачать из него воздух *(рис. 47)*. Альпинистам, которые поднимались в горы, где атмосферное давление становится меньше, известно, что вода закипает при более низких температурах и ее невозможно нагреть до 100 °С.

Увеличение давления, напротив, увеличивает температуру кипения жидкости. На этом явлении основано действие пароварки. Ее плотная крышка препятствует распространению испарившихся молекул кипящей жидкости в окружающем пространстве. При нагревании жидкости и ее кипении количество молекул над жидкостью увеличивается. Давление пара возрастает, оно превышает атмосферное давление. При увеличении давления кипение прекращается. Для возобновления процесса необходимо увеличить температуру жидкости. На приготовление пищи при более высокой температуре потребуется меньше времени, на *рисунке 48* изображена скороварка.

Эксперимент в классе

Проведите опыт, изображенный на *рисунке 47*. Рекомендуется воду нагреть до 70–80 °С.

Рис. 47. *Закипание воды при комнатной температуре*

Ответьте на вопрос

Почему температура кипения при уменьшении атмосферного давления уменьшается?

Рис. 48. *Скороварка*

АРХИВ Библиотеки

VII. Применение процессов кипения в технике

Кипение широко используется для интенсивного охлаждения поверхности, например, в атомных реакторах, реактивных двигателях. Кипение применяется для увеличения поверхности испарения в опреснительных установках, в паровых котлах на ТЭЦ, в холодильной технике, различных химических технологиях, пищевой промышленности.

В опреснительной установке г. Актау Мангыстауской области процесс опреснения производится методом термической многоступенчатой дистилляции при низких температурах кипения до 75 °С *(рис. 49)*. Устройство, в котором происходит дистилляция, называется *испаритель*, он состоит из нескольких ступеней. В каждой ступени происходит постепенное понижение температуры, пар частично конденсируется, полученная вода используется для изготовления питьевой воды *(рис. 50)*. В дистиллированную воду добавляют минерализированную воду, добытую из местного подземного месторождения. Упаренная морская вода (рассол) затем выводится в Каспийское море.

Рис. 49. *Опреснительная установка в Актау*

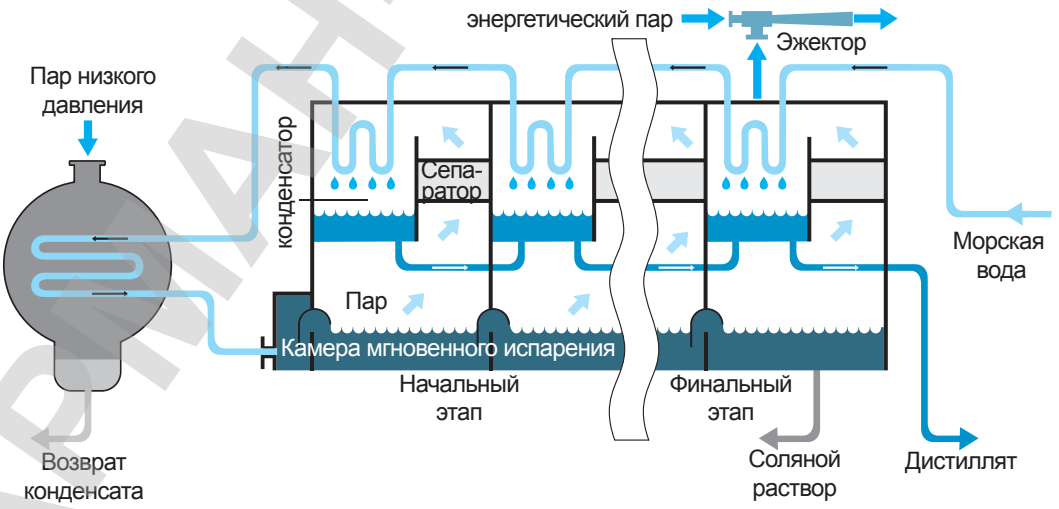


Рис. 50. *Многоступенчатые испарители опреснителя*

Архангельская

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

Какое количество энергии требуется для превращения воды массой 2 кг, взятой при температуре 15 °С, в пар?

Дано:

$m = 2$ кг

$t_1 = 15$ °С

$t_2 = 100$ °С

$c = 4200 \dfrac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°С}}$

$r = 2,3 \cdot 10^6 \dfrac{\text{Дж}}{\text{кг}}$

$Q - ?$

Решение:

Определим количество теплоты, необходимое для нагревания воды до температуры кипения:

$Q_1 = cm_1 (t_2 - t_1)$.

$$Q_1 = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°С}} \cdot 2 \text{ кг} \cdot (100 \text{ °С} - 15 \text{ °С}) = 714\,000 \text{ Дж}.$$

Энергию, необходимую для превращения воды в пар рассчитаем по формуле:

$Q_2 = rm$.

$$Q_2 = 2,3 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot 2 \text{ кг} = 4,6 \cdot 10^6 \text{ Дж}.$$

Общее количество требуемой энергии:

$Q = Q_1 + Q_2$.

$$Q = 714\,000 \text{ Дж} + 4,6 \cdot 10^6 \text{ Дж} = 0,714 \cdot 10^6 \text{ Дж} + 4,6 \cdot 10^6 \text{ Дж} = (0,714 + 4,6) \cdot 10^6 \text{ Дж} = 5,314 \cdot 10^6 \text{ Дж} \approx 5,3 \text{ МДж}.$$

Ответ: $Q = 5,3$ МДж.

Контрольные вопросы

1. Какой процесс называют кипением?
2. Какую температуру называют температурой кипения?
3. Чему равна удельная теплота парообразования? В каких единицах ее измеряют?
4. Как на основе МКТ объяснить процесс кипения вещества?

АРМАНТВ басласы

5. Как на основе МКТ объяснить постоянство температуры жидкости при конденсации?
6. Назовите формулу расчета количества теплоты, необходимого для кипения жидкости. Как определяют количество теплоты, выделенное веществом при конденсации?
7. Как изменение атмосферного давления над поверхностью жидкости влияет на температуру ее кипения?
8. График каких тепловых процессов изображен на *рисунке 51*? С каким веществом происходят процессы? Почему углы наклона участков *AB* и *CD* графика отличаются?

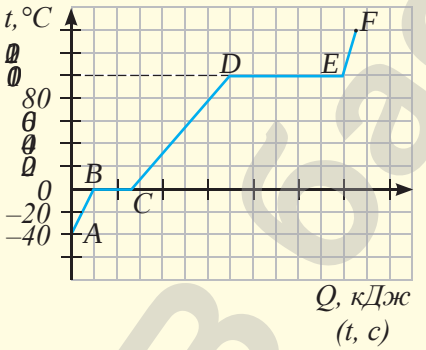


Рис. 51. *График тепловых процессов*

Упражнение 9

1. Что произойдет, если космонавт, выйдя из космического корабля в открытый космос, откроет сосуд с водой?
2. Какое количество теплоты необходимо для превращения в пар 200 г ртути, взятой при температуре 57 °С?
3. На испарение спирта, взятого при температуре кипения, израсходовано 360 кДж энергии. Определите массу испарившегося спирта.
4. Сколько воды можно нагреть от 0 до 60 °С, сообщив ей энергию, которая выделяется при конденсации 1 кг водяного пара, взятого при температуре 100 °С?
5. Назовите процессы, происходящие с веществом, на каждом участке графика, изображенного на *рисунке 51*.
6. Изобразите график охлаждения глицерина, нагретого до температуры 300 °С. Температура окружающей среды составляет 15 °С. Обозначьте буквами все участки на графике. Охарактеризуйте

АРМАН-ПВ бастасы

на основе МКТ движение и взаимодействие молекул на каждом участке. Сравните количество теплоты, выделившееся на каждом участке, для 1 кг глицерина.

Упражнение 9д

1. На испарение 300 г эфира, взятого при температуре кипения, было затрачено 0,12 МДж энергии. Определите по этим условиям удельную теплоту парообразования эфира. Сравните полученный результат с табличным значением.
2. Какое количество теплоты необходимо сообщить 2 кг льда, взятого при температуре –25 °С, чтобы превратить его в воду, а воду полностью испарить?
3. Изобразите график всех тепловых процессов, происходящих с ртутью при нагревании от –50 °С до 400 °С и последующем охлаждении до комнатной температуры 20 °С. Обозначьте буквами все участки на графике. Охарактеризуйте на основе МКТ движение и взаимодействие молекул на каждом участке. Сравните количество теплоты, полученное 0,5 кг ртути на каждом участке.
4. Рассчитайте количество теплоты, необходимое для плавления 1 кг ртути при температуре плавления и для превращения его в пар при температуре кипения.

Экспериментальное задание

Опытным путем определите, во сколько раз время приготовления пищи в скороварке меньше, чем в обычной кастрюле.

Творческое задание

Подготовьте сообщение на тему:

«Использование процесса кипения при низком и высоком давлении в промышленности».

АРМАНПВ согласны

Итоги главы II

Формулы расчета количества теплоты	
плавления	кипения
$Q = \lambda m$	$Q = rm$
кристаллизации	конденсации
$Q = -\lambda m$	$Q = -rm$

Глоссарий

Испарение – это парообразование, происходящее с поверхности жидкости.

Кипение – это процесс парообразования, происходящий в объеме всей жидкости при температуре кипения.

Конденсация – это процесс превращения пара в жидкость.

Насыщенный пар – это пар, который находится в динамическом равновесии со своей жидкостью.

Отвердевание, или кристаллизация – это процесс перехода вещества из жидкого состояния в твердое при температуре кристаллизации.

Парообразование – это явление превращения жидкости в пар.

Плавление – это процесс перехода вещества из твердого состояния в жидкое при температуре плавления.

Температура кипения – это температура, при которой жидкость кипит.

Температура кристаллизации – это температура, при которой вещество кристаллизуется.

Температура плавления – это температура, при которой кристаллическое вещество плавится.

Удельная теплота парообразования – это физическая величина, равная количеству теплоты, необходимому для превращения 1 кг жидкости в пар при температуре кипения.

Удельная теплота плавления – это физическая величина, показывающая, какое количество теплоты необходимо сообщить кристаллическому телу массой 1 кг, чтобы при температуре плавления полностью перевести его в жидкое состояние.

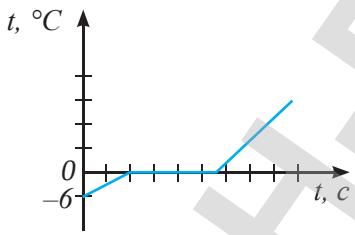
АРМАН-ПВ базалары

1. Очистка воды замораживанием

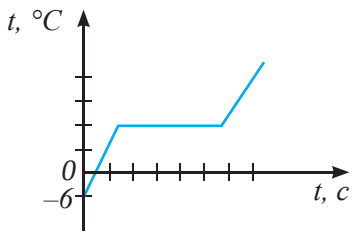
Питьевая вода в квартиры приходит после очистных сооружений, водопроводных труб и хлорирования. В составе обыкновенной водопроводной воды есть примеси тяжелой воды, которая замерзает при температуре 3,8 °С. Вода¸ содержащая органические соединения, ядохимикаты, замерзает при –7 °С. Чистая вода замерзает при температуре 0 °С. Различие температур кристаллизации позволяет очистить воду замораживанием. Сначала нужно дождаться, пока заморозится тяжелая вода, слить очищенную, лёд выбросить, снова поставить воду в холод, дождаться замораживания чистой жидкости. Ту часть, которая не заморозилась, вылить. Попадая в организм, молекулы растаявшего льда оказывают благотворное влияние на все органы человека.

Задание

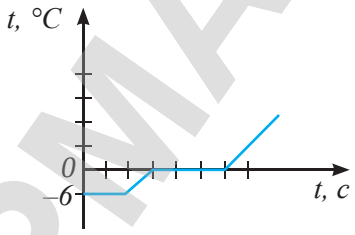
Помогая отцу, Арсен поставил ведро с питьевой водой в строящемся доме. Ночью температура воздуха упала до –6 °С. Утром, вылив воду, он поставил ведро со льдом на разогретую плиту. Какой график соответствует происходящему процессу? Почему Арсен вылил воду, которая не превратилась в лед?



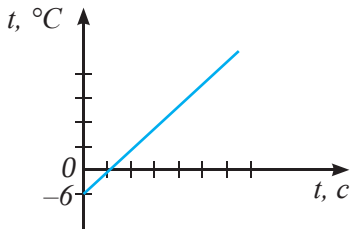
а)



б)



в)



г)

АРМАН-ПВ баспасы

2. Паровой котел

В промышленности паровые котлы используют для передачи большого количества тепловой энергии на расстояние, а также для работы технологического оборудования, например: прессов, молотов. В быту паровые котлы получили применение в паровых системах отопления, которые требуют более тщательной герметизации, чем система с водой. Паровая система отопления имеет преимущество в том, что позволяет в разгар отопительного сезона отключать и вновь подключать к системе отдельные ветви, не рискуя разладить всю систему отопления. Температура пара в системе колеблется от 130 °С до 200 °С. Для парового отопления требуется очень небольшое количество радиаторов, а в малых помещениях достаточно только труб. При этом помещение начинает нагреваться буквально через несколько минут после пуска котла.

Главный недостаток паровых котлов – взрывоопасность, для работы необходима чистая вода, накипь резко уменьшает тепловую эффективность котла и повышает взрывоопасность.

Задания

1. Почему паровое отопление признано опасным и запрещено для обогрева общественных мест и многоквартирных домов?
2. Оцените, во сколько раз эффективность системы парового отопления выше системы отопления с водой при условии, что пар имеет температуру 100 °С и полностью конденсируется в трубах, а в системе отопления с водой вода охлаждается на 50 °С. Расход пара и воды считать одинаковым.
3. Почему на предприятиях с паровым отоплением трубы размещают в цехах ближе к потолку?

3. Паровой утюг

Задания

1. Используя материалы сети Интернет, изучите устройство утюга, исследуйте систему подачи пара. (Рекомендуется разобрать старый утюг, пришедший в негодность).
2. Выясните, в чем отличие и преимущество утюга для вертикальной глажки от стандартного утюга.

АРМАН-ПБ базасы

Контрольный тест

Вариант 1

1. **Процесс перехода вещества из твердого состояния в жидкое.**
   A) Плавление.
   B) Сублимация.
   C) Возгонка.
   D) Испарение.
2. **Температура, при которой вещество переходит из жидкого состояния в твердое.**
   A) Температура кристаллизации.
   B) Температура кипения.
   C) Температура охлаждения.
   D) Температура конденсации.
3. **Процесс перехода вещества из твердого состояния в газообразное, минуя жидкое.**
   A) Десублимация.
   B) Сублимация.
   C) Кристаллизация.
   D) Конденсация.
4. **Процесс парообразования, происходящий в объеме всей жидкости при постоянной температуре.**
   A) Испарение.
   B) Бурление.
   C) Возгонка.
   D) Кипение.
5. **Единица измерения удельной теплоты парообразования.**
   A) $1\,\frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot{}^\circ\text{C}}$.
   B) $1\,\frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{K}}$.
   C) $1\,\frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$.
   D) 1 Дж.
6. **Внутренняя энергия жидкости при испарении...**
   A) Увеличивается.
   B) Остается неизменной.
   C) Уменьшается.
   D) Уменьшается до минимального значения, которое затем остается постоянным.
7. **Пар, который находится в динамическом равновесии с жидкостью.**
   A) Влажный.
   B) Перегретый.
   C) Ненасыщенный.
   D) Насыщенный.
8. **Формула расчета количества теплоты при кристаллизации вещества.**
   A) $Q = rm$.
   B) $Q = \lambda m$.
   C) $Q = qm$.
   D) $Q = cm\Delta t$.

АРМАН-ПВ баспасы

Вариант 2

1. **Температура, при которой кристаллическое вещество переходит в жидкое состояние.**
   A) Температура нагревания.
   B) Температура кипения.
   C) Температура плавления.
   D) Температура конденсации.
2. **Процесс перехода вещества из жидкого состояния в твердое.**
   A) Кристаллизация.
   B) Кипение.
   C) Плавление.
   D) Сублимация.
3. **Физическая величина, показывающая, какое количество теплоты необходимо сообщить кристаллическому телу массой 1 кг, чтобы при температуре плавления полностью перевести его в жидкое состояние.**
   A) Удельная теплота плавления.
   B) Удельная теплота сгорания.
   C) Удельная теплота парообразования.
   D) Удельная теплоемкость.
4. **Единица измерения удельной теплоты плавления.**
   A) $1\frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$.
   B) $1\frac{\text{Дж}}{\text{K}}$.
   C) $1\frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot{}^{\circ}\text{C}}$.
   D) $1\frac{\text{Дж}}{\text{моль}\cdot K}$.
5. **Формула расчета удельной теплоты плавления.**
   A) $\lambda = \frac{m}{Q}$.
   B) $\lambda = \frac{Q}{m}$.
   C) $\lambda = cm(t_2 - t_1)$.
   D) $\lambda = Qm$.
6. **Парообразование, происходящее с поверхности жидкости.**
   A) Возгонка.
   B) Кипение.
   C) Сублимация.
   D) Испарение.
7. **Скорость испарения жидкости зависит ...**
   A) Только от площади свободной поверхности и наличия ветра.
   B) Только от температуры.
   C) Только от рода вещества.
   D) От всех причин указанных в пунктах A, B, C.
8. **Температура кипения жидкости возрастает ...**
   A) При уменьшении давления воздуха над жидкостью.
   B) При увеличении давления воздуха над жидкостью.
   C) При отсутствии воздуха над жидкостью.
   D) При уменьшении высоты сосуда.

АРМАН-ПВ баспасы

ГЛАВА III

ОСНОВЫ ТЕРМОДИНАМИКИ

Термодинамика изучает тепловые явления без использования представлений о внутреннем строении вещества. Основные параметры, характеризующие термодинамическую систему в целом, это: температура, давление и объем. По значениям параметров можно описать состояние системы.

Изучив главу, вы сможете:

- объяснять первый закон термодинамики;
- объяснять второй закон термодинамики;
- описывать преобразование энергии в тепловых машинах;
- описывать принцип работы двигателя внутреннего сгорания и паровой турбины;
- определять коэффициент полезного действия теплового двигателя;
- предлагать пути совершенствования тепловых двигателей;
- оценивать влияние тепловых машин на экологическое состояние окружающей среды.

АРИАН-ПВ бесплатно

§ 13. Первый закон термодинамики, работа газа и пара

Ожидаемый результат

Прочитав параграф, вы сможете:

- *объяснить первый закон термодинамики;*
- *доказать, что первый закон термодинамики является законом сохранения энергии для тепловых процессов;*
- *применить закон при решении практических задач.*

Ответьте на вопросы

1. *Какие три вида теплопередачи вам известны?*
2. *При каких условиях выполняется механическая работа?*

Вспомните!

Количество теплоты – мера передачи энергии от одного тела другому.
Работа – мера превращения одного вида энергии в другой.

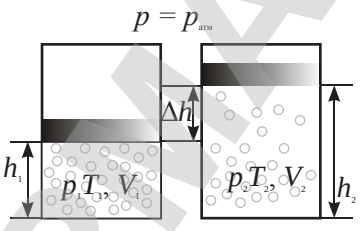


Рис. 52. *При нагревании газ (пар) совершает работу*

I. Первый закон термодинамики

Существуют два способа изменения внутренней энергии тела: теплопередача и совершение внешними силами механической работы. Если внутренняя энергия тела изменяется одновременно двумя способами, то закон сохранения энергии для такого процесса будет иметь вид:

$$\Delta U = Q + A',$$

где ΔU – изменение внутренней энергии, Q – количество теплоты, A' – работа внешних сил.

Изменение внутренней энергии тела при переходе из одного состояния в другое равно сумме количества теплоты, переданного телу, и работе внешних сил.

Закон сохранения энергии для тепловых процессов называют *первым законом термодинамики*.

II. Работа пара и газа

В отличие от твердых тел и жидкостей газ (пар) занимает весь представленный ему объем. При нагревании скорость движения молекул газа (пара) возрастает, число ударов и сила удара о стенки сосуда возрастают, следовательно, увеличивается давление газа. Нагретый газ способен перемещать подвижную стенку сосуда, например поршень в цилиндре *(рис. 52)*. Газ совершает механическую работу. Определим работу газа $A = F_Д \cdot \Delta h$, где $F_Д$ – сила давления газа, Δh – перемещение поршня. Запишем силу давления как произведение давления газа на площадь поршня $F_Д = p \cdot S$, следовательно, $A = p \cdot S \cdot \Delta h$. В полученном выражении $S \cdot \Delta h = \Delta V$, где ΔV – изменение объема газа, тогда:

$$A = p \cdot \Delta V.$$

АРМАН-ПВ баспасы

Так как поршень не закреплен, давление внутри цилиндра и внешнее давление равны. Следовательно, силы давления на поршень изнутри и снаружи тоже равны. Таким образом, работа внешних сил равна по значению работе газа взятой с противоположным знаком, так как силы давления направлены в противоположные стороны:

$$A' = -A.$$

С учетом полученного выражения первый закон термодинамики примет вид:

$$Q = \Delta U + A.$$

Количество теплоты, переданное газу, идет на изменение его внутренней энергии и на совершение им механической работы.

III. Первый закон термодинамики и вечный двигатель первого рода

Первые попытки построения вечного двигателя были предприняты в начале XX века. Ради рекламы в Лос-Анджелесе был установлен мнимый вечный двигатель с перекатывающимися шарами *(рис. 53)*. *Вечный двигатель – это устройство, которое могло бы совершать механическую работу без затрат топлива, или других энергетических ресурсов.* В тепловых машинах работа совершается за счет тепловой энергии нагревателя. Следовательно, вечный двигатель представляет собой устройство, которое могло бы совершать работу без затраты тепловой энергии: $Q = 0$.

Рис. 53. *Модель вечного двигателя*

На основании первого закона термодинамики для такого процесса получим $\Delta U + A = 0$, или $A = -\Delta U$.

Это значит, что двигатель будет совершать механическую работу за счет внутренней энергии устройства. Уменьшение внутренней энергии двигателя не может быть бесконечным, он прекратит свое действие. Первый закон термодинамики накладывает запрет на существование вечного двигателя первого рода.

Запомните!

Процесс, происходящий без теплопередачи с окружающими телами, называют *адиабатным*.

Пример адиабатного процесса в природе: расширение восходящих потоков воздуха в верхних слоях атмосферы с образованием облаков.

АРМАНТРЕ баспасы

Ответьте на вопросы

1. *Почему невозможен вечный двигатель первого рода?*
2. *Почему работа газа и работа внешних сил равны по значению, но противоположны по знаку?*
3. *Почему на небе остается след при полете самолета с реактивным двигателем?*
4. *Почему при сжатии газы нагреваются?*

Контрольные вопросы

1. Сформулируйте первый закон термодинамики.
2. Как определяют работу газа?
3. При каком условии количество теплоты и изменение внутренней энергии имеют одно и то же значение?

Упражнение 10

1. Какую работу совершает газ, расширяясь при постоянном давлении 2 МПа от 2 до 12 л?
2. Какое количество теплоты сообщено водороду, совершившему при расширении работу 4400 Дж? Внутренняя энергия водорода не менялась.

Упражнение 10д

1. В процессе расширения газа от объема 0,3 м^3 до 600 л была совершена работа 400 Дж. При каком давлении находился газ, если в процессе совершения работы оно не менялось?
2. Газ при адиабатном процессе совершил работу 10 Дж. На какую величину изменилась его внутренняя энергия?

Творческое задание

Подготовьте сообщение на тему: «Модели вечных двигателей первого рода».

АРМАТ-ПВ баспасы

§ 14. Необратимость тепловых процессов, второй закон термодинамики

Ожидаемый результат

Прочитав параграф, вы сможете:

- *назвать необратимые процессы в природе;*
- *объяснить второй закон термодинамики;*
- *применить закон для объяснения природных явлений.*

Уильям Томсон, лорд Кельвин (1824–1907) – британский физик и механик. Известен своими работами в области термодинамики, механики, электродинамики. Внес большой вклад в развитие практических применений теоретических знаний. Был главным научным консультантом при прокладке первых трансатлантических кабелей. Сконструировал ряд точных измерительных приборов.

I. Необратимость тепловых процессов. Второй закон термодинамики

Многие процессы в природе необратимы. При теплопередачи более нагретые тела передают энергию менее нагретым телам. Механическая энергия падающего тела превращается во внутреннюю энергию. В обратном направлении эти процессы самопроизвольно в природе не происходят, они необратимы. Второй закон термодинамики устанавливает направление протекания теплового процесса. Он сформулирован на основе опытов и явлений, происходящих в природе. Закон говорит о необратимости тепловых явлений и односторонности их протекания. Существуют несколько формулировок второго закона термодинамики, принадлежащие разным ученым, приведем высказывание двух ученых. Формулировка У. Томсона:

Невозможно непрерывно совершать работу за счет охлаждения одного отдельно взятого источника энергии.

Формулировка Клаузиуса:

Невозможен процесс перехода теплоты от тела с более низкой температурой к телу с более высокой.

Второй закон термодинамики в формулировке У. Томсона объясняет невозможность построения теплового двигателя второго рода, который представлял бы собой устройство, совершающее механическую работу за счет энергии одного и того же источника.

АРХИВ-НЕБОСКЛОНЫ

II. Роль термодинамики в современной физике

Сформулировав принцип невозможности создания вечного двигателя второго рода, У. Томсон в 1852 году пришел к концепции «тепловой смерти» Вселенной.

«Тепловая смерть» – это термин в термодинамике, описывающий конечное состояние любой замкнутой термодинамической системы, когда все виды энергии переходят в тепловую энергию.

По мнению У. Томсона, во Вселенной существует тенденция к превращению механической энергии в тепловую энергию. В будущем это должно привести к прекращению всех процессов, поскольку в состоянии термодинамического равновесия все тела принимают одинаковую температуру. К такому же выводу пришел Клаузиус. Противниками «тепловой смерти» были Д. Максвелл, Л. Больцман, они утверждали, что область применения второго закона термодинамики ограничена, она применима к замкнутым системам, Вселенная к ним не относится. Вывод У. Томсона и Клаузиуса о «тепловой смерти» Вселенной стал началом научных работ об эволюции Вселенной ряда ученых: Эйнштейна, Фридмана, Гамова и созданию моделей ее развития.

Основные законы термодинамики играют важную роль в современной физике при изучении тепловых процессов, как в масштабах Земли, так и в масштабах Вселенной.

III. Термодинамические параметры на Луне, Венере, Марсе

Параметры, характеризующие состояние системы, называют *термодинамическими параметрами*. К ним относятся объем, *температура и давление*. Приведем результаты последних исследований на ближайших к Земле небесных телах Солнечной системы.

1. Луна. На диске Луны видны темные пятна различной формы. Эти пятна с XVII века стали называть морями, предполагая, что на Луне есть вода, более светлые пятна считались сушей. В 1753 г. хорватский астроном Руджер Бошкович доказал, что на Луне нет атмосферы, следовательно, не может быть морей: отсутствие атмосферы приводит к испарению морей *(рис. 54)*. В дневные часы поверхность Луны из-за отсутствия атмосферы прогревается до 120–130 °С. В ночное время поверхность охлаждается до –150 °С. Такой резкий перепад температур

Задания

1. Приведите примеры необратимых процессов в природе.
2. Докажите, что приведенные вами примеры не противоречат первому закону термодинамики.

Ответьте на вопросы

1. *Почему постановка проблемы «тепловой смерти» Вселенной неправомерна?*
2. *Почему термодинамические параметры на планетах Солнечной системы отличаются?*
3. *Почему на ночной стороне планет температура ниже, чем на дневной? Какая планета является исключением? Почему?*

АРХАНГЕЛЬСКАЯ библиотека

объясняется продолжительностью лунных суток, которые длятся 29,5 земных суток.

2. Венера. У Венеры самая плотная атмосфера *(рис. 55)*. Она состоит на 96 % из углекислого газа и на 4 % из азота. Давление у поверхности превышает атмосферное давление Земли в 90 раз. Облака состоят из 80 % раствора серной кислоты, они плотно окутывают планету. Газовая оболочка Венеры – это гигантский парник. Температура на поверхности Венеры достигает 460–470 ºС и не зависит от времени суток *(рис. 56)*.

***Рис. 54**. На Луне нет атмосферы*

***Рис. 55.** Плотные слои атмосферы скрывают поверхность Венеры*

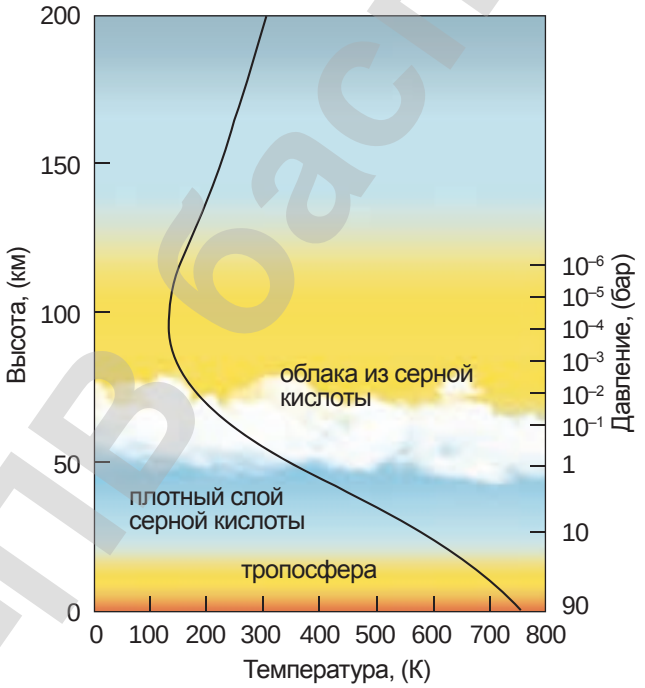


***Рис. 56.** Изменение давления и температуры с высотой в атмосфере Венеры*

3. Марс. Атмосфера Марса разрежена, ее давление у поверхности составляет 0,006 давления атмосферы Земли *(рис. 57)*. Она состоит на 90 % из углекислого газа, около 4 % приходится на долю азота и аргона. Кислорода и водяного пара меньше 1 %. Средняя температура на Марсе –40 ºС. Летом на дневной стороне планеты воздух прогревается до 20 ºС. Зимой, ночью, воздух охлаждается до –125 ºС. Разреженная атмосфера не способна удержать тепло.

***Рис. 57.** Разреженная атмосфера Марса*

АРМАН-ПВ баспасы

Водяного пара в атмосфере очень мало, но при низких давлениях и температуре он находится в состоянии, близком к насыщению, и собирается в облака. Над низинами в холодное время суток часто стоят туманы. Зимой 1979 г. в районе посадки «Викинга-2» выпал тонкий слой снега. Учеными исследованы околополярные шапки. В основном они состоят из «сухого льда», углекислого газа в твердом состоянии.

Контрольные вопросы

1. Сформулируйте второй закон термодинамики.
2. Почему создать вечный двигатель второго рода невозможно?
3. Какие величины относятся к термодинамическим параметрам?

Творческое задание

Подготовьте сообщение по темам (на выбор):

1. «Устройство и принцип действия моделей вечных двигателей второго рода».
2. Проведите сравнительный анализ термодинамических параметров на планетах Солнечной системы. Выясните, на каких планетах возможно существование живых организмов.
3. План колонизации Марса Илона Маска.

АРМАН-ПВ бесплатно

§ 15. Тепловые двигатели

Ожидаемый результат

Прочитав параграф, вы сможете:

- *описывать преобразование энергии в тепловых машинах;*
- *описывать принцип работы двигателя внутреннего сгорания и паровой турбины.*

I. Тепловой двигатель и принцип его действия

Способность нагретого газа при расширении совершать работу используют в тепловых двигателях, в которых часть внутренней энергии газа превращается в механическую энергию. Газ в двигателе принято называть *рабочим телом*. В качестве рабочего тела, кроме газа, используют пар. Все тепловые двигатели состоят из нагревателя, холодильника и рабочего тела *(рис. 58)*. При соприкосновении с нагревателем внутренняя энергия рабочего тела возрастает. Контакт с холодильником приводит рабочее тело к охлаждению и сжатию. Таким образом, тепловой двигатель совершает работу в результате расширения и сжатия рабочего тела при теплообмене с нагревателем и холодильником.

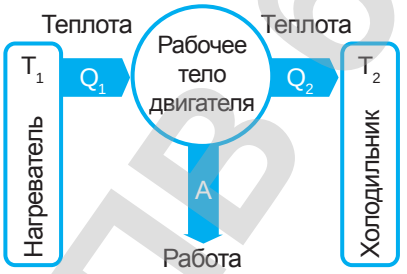


Рис. 58. *Принципиальная схема теплового двигателя*

Тепловой двигатель **– это устройство, предназначенное для преобразования внутренней энергии газа или пара в механическую энергию.**

II. Виды тепловых двигателей

Тепловые двигатели бывают разной конструкции. Существуют поршневые и турбинные двигатели. В поршневых двигателях газ приводит в движение поршень внутри цилиндра, в турбинных двигателях приводится в движение диск, насаженный на ось.

В зависимости от расположения камеры сгорания топлива различают двигатели внутреннего и внешнего сгорания. Если топливо сгорает внутри цилиндра, то двигатель называют *двигателем внутреннего сгорания (рис. 59)*. Примерами таких двигателей являются бензиновый двигатель, дизель, реактивный двигатель, газовая турбина. В двигателях внешнего сгорания топливо сгорает вне цилиндра. Такими двигателями являются паровая машина, паровая турбина *(рис. 60)*.

АРХАНГЕЛЬСКАЯ

Рис. 59. *Поршневой двигатель внутреннего сгорания*

Рис. 60. *Турбинный двигатель*

III. Устройство четырехтактного бензинового двигателя

Основная часть бензинового двигателя *(рис. 61)* – это цилиндр (2), внутри которого под давлением газа движется поршень (3). На поршень насажены пружинящие кольца (4). Поршневые кольца препятствуют проникновению газов, образовавшихся при сгорании топлива, в пространство за поршнем. Поршень соединен с шатуном (6) металлическим стержнем – пальцем (5). Шатун передает движение поршня коленчатому валу (7). Для равномерного вращения вала к нему крепится маховик (8). В головке цилиндра (1) расположены два клапана (12). В один из них подается из карбюратора горючая смесь, через другой выбрасываются отработавшие газы. Клапаны открываются при помощи распределительного устройства, состоящего из распределительного вала (9), кулачка (10) и рычага (11). Горючая смесь воспламеняется от искры, созданной свечой зажигания (13).

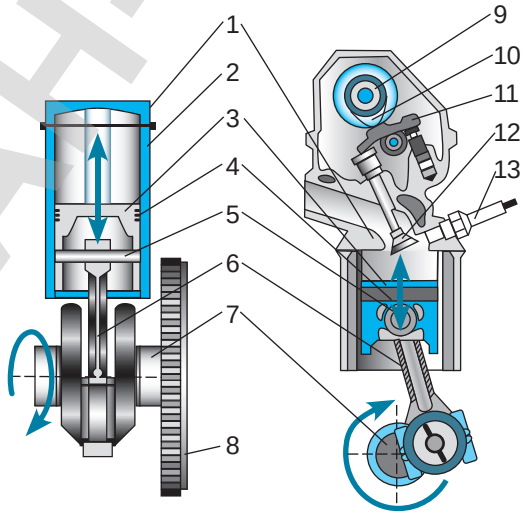


Рис. 61. *Устройство ДВС*

АРМАНТ-ТВ базы

IV. Работа четырехтактного двигателя внутреннего сгорания

Работа бензиновых двигателей представляет собой цикл, состоящий из четырех тактов: *впуск, сжатие, рабочий ход, выпуск (рис. 62)*. Такт совершается за один ход поршня. *Ход поршня – это расстояние между крайними положениями поршня в цилиндре – мертвыми точками*. На начало первого такта впускной клапан открывается, поршень, двигаясь вниз, засасывает горючую смесь *(рис. 62, а)*.

Такту сжатия соответствует *рисунок 62, б*. Впускной клапан закрывается, поршень, двигаясь вверх, сжимает горючую смесь. При сжатии смесь нагревается. В тот момент, когда поршень поднимается до *верхней мертвой точки*, между электродами свечи проскакивает искра, воспламеняющая горючее. При сгорании горючей смеси образуются газы, температура которых достигает от 1600 до 1800 °С. Они толкают поршень вниз, совершая механическую работу *(рис. 62, в)*. При движении от верхней мертвой точки до нижней, совершается третий такт «рабочий ход». Газы при расширении охлаждаются, давление в цилиндре падает. Открывается выпускной клапан, поршень движется к верхней мертвой точке, отработанные продукты сгорания выбрасываются сквозь глушитель в атмосферу *(рис. 62, г)*.

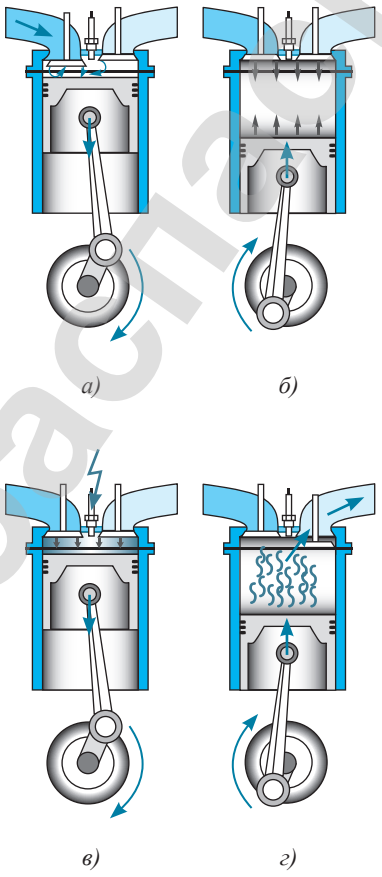


Рис. 62. *Четыре такта в работе ДВС: а) впуск, б) сжатие, в) рабочий ход, г) выпуск*

Из четырех тактов двигателя только третий является рабочим. В течение остальных тактов поршень движется за счет кинетической энергии маховика. Одноцилиндровые двигатели используются в основном на мотоциклах. Автомобиль снабжен четырех-, шести- или восьмицилиндровым двигателем. Бывают двенадцати- и шестнадцатицилиндровые двигатели. Поршни цилиндров соединяются с одним и тем же коленчатым валом, каждый из них работает по своему четырехтактному циклу. Циклы поршней смещены относительно друг друга, поэтому совместная работа всех поршней обеспечивает плавный ход машины *(рис. 63)*.

АРМАН-ПВ баспасы

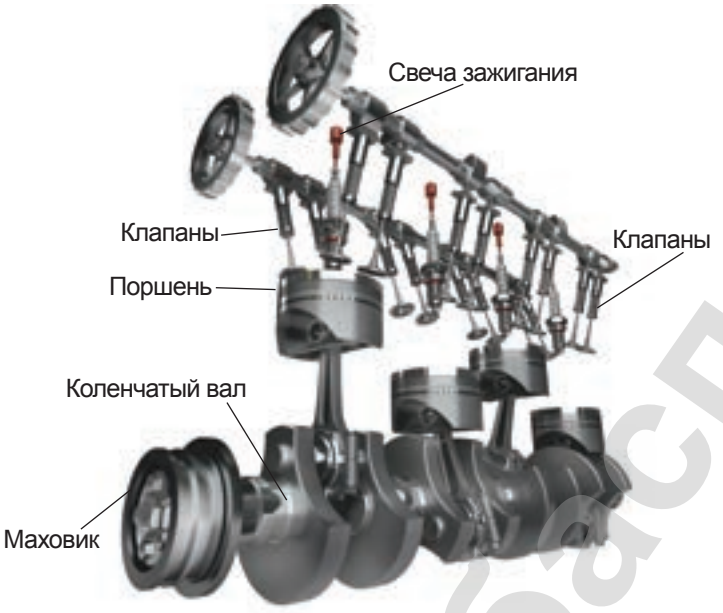


Рис. 63. Схема устройства четырехцилиндрового ДВС

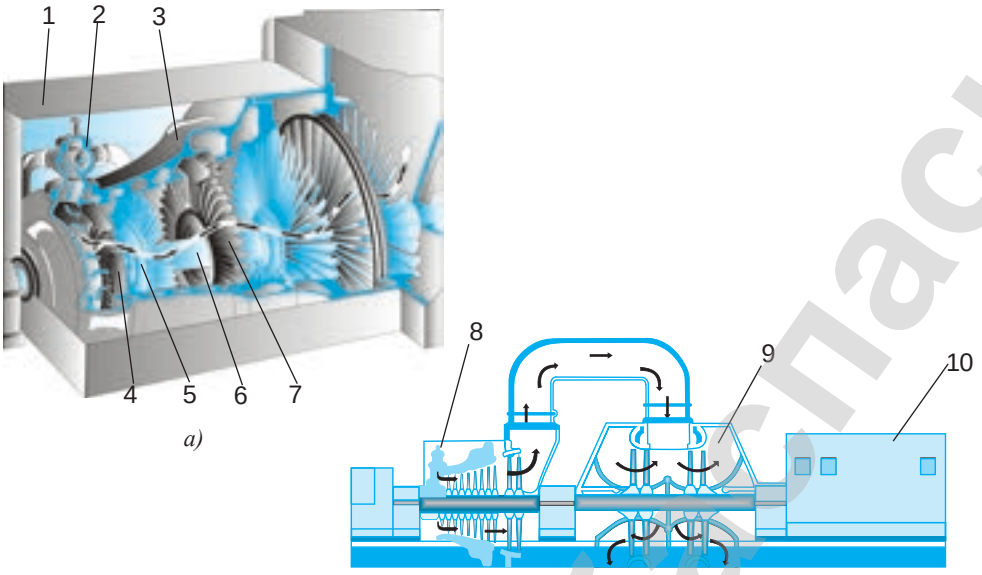
V. Паровые турбины

Паровая турбина состоит из неподвижного корпуса цилиндрической формы (1), внутри которого находится вал (6) с закрепленными на нем дисками с изогнутыми лопатками (5) *(рис. 64, а)*. Подвижную часть турбины называют *ротором*, неподвижную часть (3), на которой укреплены диски с направляющими лопатками (7) – статором. Пар под высоким давлением подается из парового котла через парораспределительное устройство (2) и сопловый аппарат (4) в паровую турбину. Струи пара, вырываясь из сопла, создают давление на рабочие лопатки и приводят во вращение вал. Каждый последующий диск имеет больший диаметр и снабжен лопатками большого размера, так как пар расширяется. Каждый ряд рабочих лопаток называют *ступенью турбины*, а саму турбину – *многоступенчатой*. Для увеличения коэффициента полезного действия в турбине создают цилиндры высокого (8) и низкого (9) давления *(рис. 64, б)*. Пар, прошедший через турбину, охлаждается и превращается в воду в конденсаторе, затем вновь возвращается в паровой котел. Паровые турбины получили широкое применение на атомных и теплоэлектростанциях для приведения в движение генераторов электрического тока (10).

Ответьте на вопросы

1. *Почему маховик одноцилиндрового двигателя больше, чем у четырехцилиндрового?*
2. *Почему огнестрельное оружие можно считать двигателем внутреннего сгорания?*

АРМАН-ПВ баспасы



а)

б)

Рис. 64 а) устройство паровой турбины;
б) турбина приводит во вращение ротор генератора

Контрольные вопросы

1. Что такое тепловой двигатель? Какие виды двигателей вам известны?
2. Каков принцип действия теплового двигателя?
3. Какие процессы происходят в каждом такте двигателя внутреннего сгорания?
4. Какой вид тепловой машины получил широкое применение для производства электроэнергии?

Экспериментальное задание

Изготовьте модель парового двигателя. Испытайте его в действии.

Творческое задание

Подготовьте сообщение с ppt - презентацией по темам (на выбор):

1. «Из истории тепловых двигателей».
2. «Двигатель Стирлинга».
3. «Газовые турбины и реактивные двигатели».
4. «Реактивное движение морских животных: медузы, кальмара, осьминога».

АРМАН-ПВ 6 класс

§ 16. Коэффициент полезного действия теплового двигателя

Ожидаемый результат

Прочитав параграф, вы сможете:

- *определять коэффициент полезного действия теплового двигателя;*
- *предлагать пути совершенствования тепловых двигателей.*

Интересно знать!

Год создания	Вид теплового двигателя	КПД, %
1784	Паровая машина Уатта	2
1878	ДВС Отто	22
1892	ДВС Дизеля	44

I. КПД теплового двигателя

Все тепловые двигатели имеют нагреватель, рабочее тело и холодильник *(рис. 58, § 15)*. Нагреватель передает рабочему телу энергию Q_1. Рабочее тело, внутренняя энергия которого возрастает, совершает механическую работу A. Часть энергии Q_2, которую рабочее тело не способно превратить в механическую энергию, передается холодильнику. При известных значениях Q_1 и Q_2 совершенная газом работа определяется как разность этих величин:

$$A = Q_1 - Q_2.$$

Тепловые машины созданы для превращения тепловой энергии в механическую, эффективность машины определяется коэффициентом полезного действия.

Коэффициент полезного действия тепловой машины **– это физическая величина, которая показывает, какая часть полученной от нагревателя энергии превращается в механическую энергию.**

Следовательно:

$$\eta = \frac{A}{Q_1} \cdot 100\%,$$

или $$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \cdot 100\%, \qquad \eta = \left(1 - \frac{Q_2}{Q_1}\right) \cdot 100\%,$$

где η – коэффициент полезного действия.

КПД первых паровых машин был чрезвычайно низок, он составлял 2 %.

II. КПД идеальной тепловой машины

Инженеры-конструкторы стремились повысить коэффициент полезного действия тепловых машин. Исследования французского физика **Сади Карно** привели к выводу, что КПД идеальной тепловой машины не может превышать значения, равного:

АРМАН-ПВ базисы

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \cdot 100\%,$$

где T_1 – температура нагревателя, выраженная в кельвинах, T_2 – температура холодильника в кельвинах.

Идеальная тепловая машина – это машина, в которой произведенная работа и разница между количеством подведенного и отведенного тепла равны. Нет теплообмена с другими телами.

Из полученной формулы следует, что КПД машины примет значение 100 % при выполнении одного из двух условий:

1) температура холодильника равна абсолютному нулю;
2) температура нагревателя во много раз больше температуры холодильника.

Если выполняется первое условие: $T_2 = 0$, то расчет КПД дает результат 100 %: $\eta = \frac{T_1}{T_1} \cdot 100\% = 100\%$. Но температура холодильника не может быть равной нулю. Тепловая машина работает по замкнутому циклу. Это значит, что за каждый цикл рабочее тело передает энергию холодильнику, чтобы принять первоначальное значение температуры, следовательно, холодильник должен нагреваться. Температура холодильника имеет значение около 300 К, так как охлаждающие смеси находятся в тепловом равновесии с атмосферным воздухом.

Второе условие – увеличение температуры нагревателя до очень высоких значений практически выполнить невозможно. Температура нагревателя ограничена температурой плавления металлов, из которых изготавливают двигатели. Расчеты определяют максимальное значение КПД для идеальных тепловых машин около 70 %. В реальности КПД тепловых машин достигает значений около 45 %.

Сади Карно (1796–1832) – французский физик и математик. Автор работы «Размышления о движущей силе огня и о машинах, способных развивать эту силу». Ввел понятие «идеальная тепловая машина».

III. Пути совершенствования тепловых двигателей

Доля загрязнений, вносимых в атмосферу автомобильным транспортом в городах и промышленных центрах, достигла 70 %, что создает серьезную экологическую проблему. Усовершенствование автомобильных двигателей

Ответьте на вопросы

1. *Почему КПД идеальной машины не превышает 70 %?*
2. *Почему КПД реальной машины меньше идеальной?*

АРМАН-ПВ баспасы

представляет одну из наиболее актуальных проблем современности. Совершенствование ДВС идет по пути повышения их мощности, надежности и долговечности, уменьшения массы и габаритов, создания новых конструкций.

1. Двигатель Ванкеля. В 1957 году немецким инженером **Ф. Ванкелем** была разработана конструкция роторно-поршневого двигателя *(рис. 65)*. В двигателе применяется вращающийся поршень (1) *(рис. 66)*. Ротор вращается в точно подогнанном цилиндре особой формы (3) и приводит во вращение коленчатый вал (2). Зазоры между ротором и цилиндром образуют три серповидных камеры сгорания. В каждой камере происходят обычные процессы внутреннего сгорания, как и в четырехтактном двигателе внутреннего сгорания с поршнями. При движении ротора через впускное отверстие (6) засасывается воздушно-бензиновая смесь, которая сжимается в камере. Запальная искра от свечи зажигания (4) поджигает смесь, происходит расширение газов, которые толкают ротор. Выхлопные газы выходят через выпускное отверстие (5), и процесс повторяется. На выступах ротора устанавливаются герметизаторы (7), которые необходимы для создания вакуума, втягивающего воздушно-топливную смесь, и ее сжатия. Преимущество такого двигателя – это высокая «производительность труда»: за один полный оборот ротора, который соответствует циклу «впрыск, сжатие, воспламенение, выхлоп», выходной вал совершает три полных оборота. После первой же успешной демонстрации роторного двигателя в 1957 году лицензии на новую технологию приобрели около ста компаний во всем мире, включая Rolls-Royce, Porsche, BMW и Ford. Роторные двигатели ставили на катера, снегоходы и легкие самолеты. Современные роторно-поршневые двигатели вполне соответствуют мировым стандартам по уровню токсичности выхлопа, потреблению топлива и надежности.

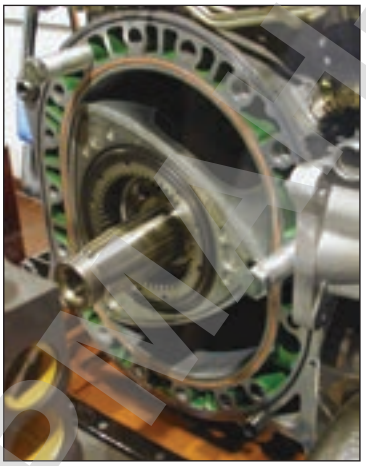


Рис. 65. *Двигатель Ванкеля*

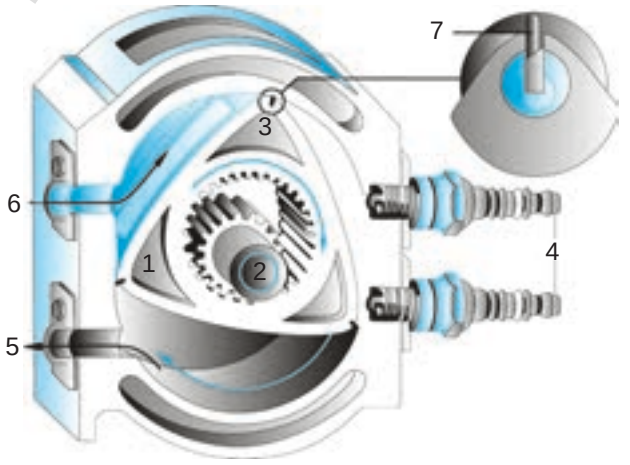


Рис. 66. *Устройство двигателя Ванкеля*

АРХИВ ГГТУ им. П.О. Сухого

2. Дизель. Один из путей увеличения мощности двигателя и уменьшения загрязнения окружающей среды − переход к использованию дизеля. В дизельное топливо не добавляют соединения свинца. Дизель по выбросам токсичных веществ в два раза чище бензинового двигателя с искровым зажиганием. Самовозгорание горючей смеси в нем происходит из-за высокой температуры и давления. В процессе сгорания топлива температура возрастает до 2200 К, давление до 6–10 атмосфер. Этим обеспечивается более полное сгорание дизельного топлива, повышение КПД. Возможность использования биотоплива является одним из главных преимуществ дизеля. При утечке оно подвергается полному биологическому распаду без ущерба окружающей среде.

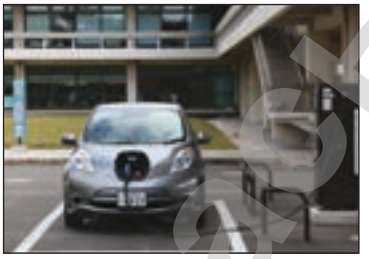


Рис. 67. *Электромобиль Nissan Leaf 2016 заряжается от розетки напряжением 220 В*

Рис. 68. *Электромобиль на солнечной батарее*

3. Двигатели будущего. Перспективными являются разработки и испытания электромобилей, в которых вместо бензинового двигателя используется электродвигатель, питающийся от аккумулятора. Аккумулятор заряжается от источника тока *(рис. 67)* или солнечной батареи. На *рисунке 68* изображен электромобиль голландской команды «Stella Lux» из Эйндховенского университета, победителей гонки World Solar Challenge 2015 года в Австралии. Гонки автомобилей на солнечных батареях проводятся один раз в два года. Современные электромобили способны достигать скорости 180 км/ч.

Ответьте на вопросы

1. *Почему в современных разработках тепловых двигателей большое внимание уделяется энергии солнца?*
2. *В чем преимущество водородного топлива?*
3. *С какими проблемами столкнулись производители автомобилей на водородном топливе?*

Контрольные вопросы

1. Что показывает КПД двигателя?
2. Что является рабочим телом в тепловых двигателях?

АРМАНТ-Библиотека

3. В чем различие идеальной тепловой машины от реальной?
4. Как рассчитывается КПД идеальной тепловой машины?
5. Какие пути совершенствования тепловых двигателей вам известны?

Упражнение 11

1. Определите КПД двигателя трактора, которому для выполнения работы 18,9 МДж потребовалось 1,5 кг дизельного топлива.
2. КПД теплового двигателя 40 %. Газ получил от нагревателя 5 кДж теплоты. Чему равна работа, совершенная двигателем? Какое количество теплоты потеряно?
3. За 3 ч пробега автомобиль, КПД двигателя которого равен 25 %, израсходовал 35 л бензина. Какую среднюю мощность развивал двигатель автомобиля при этом пробеге?
4. Каков КПД идеальной паровой машины, если пар поступает в турбину при температуре 480 °С, а выходит из нее при температуре 28 °С? Ответ представьте в процентах.

Упражнение 11д

1. Двигатель внутреннего сгорания совершил полезную работу, равную 0,023 ГДж, и при этом израсходовал 2 кг бензина. Определите КПД этого двигателя.
2. Определите количество теплоты, получаемое от нагревателя тепловым двигателем с КПД 35 % за 1 с, если за это время бесполезно теряется 12 кДж энергии.
3. КПД идеальной машины 40 %. Температура холодильника 7 °С. Определите температуру нагревателя.

Творческое задание

Подготовьте сообщение с презентацией (на выбор):
1. «Роль тепловых двигателей в развитии энергетики».
2. «Автомобили на водородном топливе».

АРМАТПВ басасы

§ 17. Экологические проблемы использования тепловых машин

Ожидаемый результат

Прочитав параграф, вы сможете:

- *оценивать влияние тепловых машин на экологическое состояние окружающей среды.*

Ответьте на вопросы

1. *Почему низкое значение КПД тепловых машин приносит вред окружающей среде?*
2. *Почему автомобили нельзя парковать вблизи водоема?*

Запомните!

Более половины всех загрязнений атмосферы создает транспорт.

Непрерывное развитие энергетики, автомобильного и других видов транспорта, возрастание потребления угля, нефти и газа в промышленности и на бытовые нужды увеличивает возможности удовлетворения жизненных потребностей человека. Однако в настоящее время количество ежегодно сжигаемого в различных тепловых машинах топлива настолько велико, что все более сложной проблемой становится охрана окружающей среды от вредного влияния продуктов сгорания *(рис. 69)*.

I. Экологические проблемы использования тепловых машин

Отрицательное влияние тепловых машин на окружающую среду связано с действием разных факторов.

Во-первых, при сжигании топлива используется кислород из атмосферного воздуха, поэтому содержание кислорода в воздухе постепенно уменьшается. Для сгорания 1 кг бензина требуется 2,5 кг кислорода.

Рис. 69. *КПД паровозов составлял 2–3 %*

АРХИВ РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ имени Ф. Скорины

Во-вторых, сжигание топлива сопровождается выделением в атмосферу углекислого газа. Молекулы оксида углерода способны поглощать инфракрасное излучение. Поэтому увеличение содержания углекислого газа в атмосфере изменяет ее прозрачность. Инфракрасное излучение, испускаемое земной поверхностью, все в большей мере поглощается в атмосфере. Дальнейшее существенное увеличение концентрации углекислого газа в атмосфере может привести к повышению ее температуры. Увеличение в атмосфере CO_2 приводит к усилению парникового эффекта.

В-третьих, при сжигании угля и нефти атмосфера загрязняется азотными и серными соединениями, что приводит к образованию кислотных дождей. Увеличение в атмосфере оксидов азота, образующихся при полетах сверхзвуковых самолетов и ракет на большой высоте, разрушает озоновый слой, который защищает Землю от опасного ультрафиолетового солнечного излучения.

Кроме оксида углерода и соединений азота, автомобильные двигатели ежегодно выбрасывают в атмосферу 2–3 млн тонн свинца. Загрязнение свинцом приводит к отравлению почвы, воды и атмосферы. При работе ДВС происходит загрязнение грунтовых вод отработанным машинным маслом, что приводит к проблеме чистой пресной воды.

При добыче, транспортировке и переработке нефти происходит загрязнение биосферы нефтепродуктами, что приводит к проблеме мирового океана.

II. Влияние выбросов на организм человека

Одним из главных загрязнителей атмосферы Земли является транспорт *(рис. 70)*. Автомобильные газы представляют собой смесь, состоящую более чем из тысячи компонентов. Среди них токсичными являются окиси углерода, углеводороды, оксиды азота, альдегиды, сажа, бензапирен, соединение свинца, формальдегид,

Интересно знать!

Выбросы одного автомобиля	За год, кг
Оксид углерода	135
Оксид азота	25
Углеводороды	200
Диоксид серы	4
Сажа	5–8

Задание

Определите среднее значение выбросов токсических веществ за год всеми автомобилями вашего города (населенного пункта).

Обратите внимание!

Токсичные газы	Выбросы двигателей, %	
	дизель	ДВС
Оксид углерода	0,2	6
Оксид азота	0,35	0,46
Углеводороды	0,04	0,4
Диоксид серы	0,04	0,007
Сажа	0,3 мг/л	0,03 мг/л

АРМАН-ПВ басласы

бензол. Выбросы сернистого газа и оксидов азота способствуют возникновению заболеваний дыхательных путей. При сильном отравлении угарным газом человек может погибнуть от кислородного голодания. Соединения азота неблагоприятно влияют на кровь и кровеносные сосуды. Неорганические соединения свинца нарушают обмен веществ, вызывают у детей умственную отсталость, заболевания мозга. Бензапирен является канцерогеном, провоцирует развитие рака. Альдегиды раздражают слизистые оболочки глаз и верхних дыхательных путей, вредно влияют на нервную систему.

III. Тепловые машины и охрана природы

Для охраны окружающей среды необходимо увеличить эффективность применения энергии и переходить на энергосберегающие технологии. Широко использовать фильтры, препятствующие выбросу в атмосферу вредных веществ. Ограничить использование соединений тяжелых металлов, добавляемых в топливо, особенно соединение свинца; завершить разработку двигателей, использующих водород в качестве горючего; начать серийный выпуск электромобилей и автомобилей, использующих солнечную энергию; добиваться повышения КПД тепловых двигателей за счет уменьшения потерь энергии на трение, потерь топлива вследствие неполного его сгорания.

Рис. 70. *Выхлопные газы автомобилей – основной источник загрязнения атмосферы*

Одно из направлений, связанное с охраной окружающей среды – это увеличение эффективности использования энергии, борьба за ее экономию.

Принят ряд мер по улучшению экологической обстановки: электровозы вытесняют тепловозы; становятся популярными автомобили на аккумуляторных батареях; в промышленность внедряются энергосберегающие технологии. Для получения тепла используют тепловые насосы, черпающие тепловую энергию из окружающей среды, что сокращает выбросы оксидов углерода и сберегает энергоресурсы. Вокруг промышленных городов высаживают деревья.

Интересно знать!

В течение года одно дерево выделяет объем кислорода, необходимый семье из четырех человек на протяжении такого же периода. Один автомобиль за два часа работы поглощает столько кислорода, сколько одно дерево выделит за два года.

Задание

Рассчитайте, сколько деревьев необходимо посадить семье из четырех человек с одной машиной, если ежедневно семья использует машину в течение трех часов.

АРМАН-ПВ баспасы

Контрольные вопросы

1. Какие экологические проблемы вызваны использованием тепловых двигателей?
2. Какие составляющие выхлопных газов являются наиболее токсичными?
3. Какие меры предпринимаются для защиты окружающей среды от влияния выбросов тепловых машин?

Творческое задание

1. Исследуйте с помощью сети Интернет, на каких участках железнодорожных путей РК используют тепловозы.
2. Используя научную литературу, выясните, какие меры по защите окружающей среды внедрены на ТЭЦ РК.
3. Подготовьте сообщение на тему «Тепловые насосы, принцип их действия и эффективность. Возможность использования тепловых насосов для обогрева жилых помещений в РК».
4. Изучив свойства растений, выясните, какие деревья или кустарники необходимо посадить вдоль дорог, в парках и аллеях города. Как рассчитать площадь посадок? Какую роль в очистке загрязненной атмосферы играют травы?
5. Используя таблицы на стр. 104, составьте задачу с экологическим содержанием.

АРМАН-ПВ баспасы

Итоги главы III

Первый закон термодинамики	Коэффициент полезного действия
$\Delta U = Q + A'$ $Q = \Delta U + A$ **Работа газа** $A = p \cdot \Delta V$ $A = p(V_2 - V_1)$	**КПД тепловой машины** $\eta = \frac{A}{Q_1} \cdot 100\%$ $\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \cdot 100\%$ **КПД идеальной машины** $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \cdot 100\%$

Законы термодинамики

Первый закон: Количество теплоты, переданное газу, идет на изменение его внутренней энергии и на совершение им механической работы.

Второй закон: Невозможно непрерывно совершать работу за счет одного отдельно взятого источника энергии.

Глоссарий

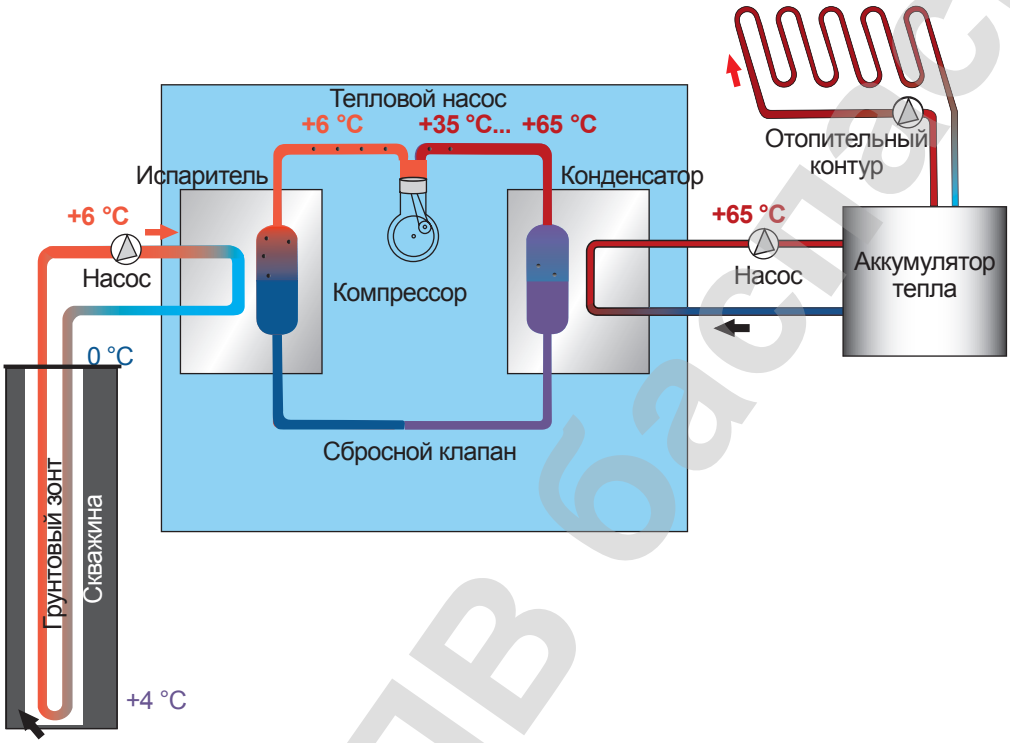
Вечный двигатель – это устройство, которое могло бы совершать механическую работу без затраты какой-либо энергии.

Коэффициент полезного действия тепловой машины – это физическая величина, которая показывает, какая часть полученной от нагревателя энергии превращается в механическую энергию.

Тепловой двигатель – устройство, совершающее механическую работу за счет использования внутренней энергии топлива в результате теплообмена.

АРМАНПБ баспасы

Тепловой насос



Тепловой насос – устройство для переноса тепловой энергии от источника с низкой температурой к потребителю с более высокой температурой.

Тепловой насос состоит из трех контуров. Первый контур представляет собой трубу, которая опускается в глубокую скважину. По ней течет жидкость, температура которой достигает температуры земли на глубине скважины. Жидкость первого контура передает количество теплоты, полученное от земли, во второй контур при кипении фреона в испарителе. Температура кипения фреона около 3–4 °С. В компрессоре фреон сжимается под давлением 24–28 атмосфер, благодаря чему происходит увеличение температуры до +65°С. Третий контур – это система горячего водоснабжения или отопления дома. После теплообмена в конденсаторе фреон остывает, происходит уменьшение давления в сбросном клапане, фреон вновь превращается в жидкость. Цикл повторяется. Тепло из грунта можно получать на протяжении всего года, так как на глубинах от 1 м температура практически не меняется.

АРМАН-ПВ баспасы

Задания

1. Докажите, что действие теплового насоса не противоречит второму закону термодинамики.
2. Почему во втором контуре используют жидкость с низкой температурой кипения?
3. Почему в первом контуре в качестве носителя тепла используют «рассол» – незамерзающую жидкость?
4. Почему трубы первого контура пластиковые?
5. Почему тепловые насосы не используют для отопления многоэтажных домов?
6. В каких регионах РК выгодно отопление частных домов тепловыми насосами?
7. Возможно ли получение энергии из водоема или окружающего дом воздуха с использованием теплового насоса?
8. Начертите схему теплового насоса с системой воздух-фреон, вода-фреон.
9. Используя сеть Интернет, выясните, существуют ли тепловые насосы промышленного производства? Какова эффективность этих установок? Существуют ли установки казахстанского производства?
10. Выясните, что общего в устройстве теплового насоса и вашего холодильника.

АРМАН-ПВ баспасы

Контрольный тест

Вариант 1

1. **Первый закон термодинамики.**
   A) $\Delta U = Q + A'$.
   B) $\Delta U = Q + A$.
   C) $A = p \cdot \Delta V$.
   D) $Q = \Delta U$.
2. **Физическая величина, которая показывает, какая часть полученной от нагревателя энергии превращается в механическую энергию.**
   A) Мощность.
   B) Коэффициент полезного действия.
   C) Механическая работа.
   D) Количество теплоты.
3. **Мера передачи энергии от одного тела другому.**
   A) Количество теплоты.
   B) Работа.
   C) Давление.
   D) Изменение объема.
4. **Определите работу, совершенную паром, если его объем увеличился с 1 м^3 до 5 м^3 при давлении $2 \cdot 10^5$ Па.**
   A) $2 \cdot 10^5$ Дж.
   B) $8 \cdot 10^5$ Дж.
   C) 10^6 Дж.
   D) 10^5 Дж.
5. **Устройство, которое могло бы совершать механическую работу без затрат какой-либо энергии.**
   A) Вечный двигатель.
   B) Электродвигатель.
   C) Тепловой двигатель.
   D) Динамо-машина.
6. **Тепловой двигатель состоит из ...**
   A) Нагревателя и холодильника.
   B) Рабочего тела и нагревателя.
   C) Нагревателя, холодильника и рабочего тела.
   D) Рабочего тела и холодильника.
7. **Часть одноцилиндрового бензинового двигателя, которая служит для равномерного вращения вала.**
   A) Шатун.
   B) Поршень.

АРМАН-ПВ баспасы

C) Маховик.
D) Клапаны.

8. Утверждение «Количество теплоты, переданное газу, идет на изменение его внутренней энергии и на совершение им механической работы» называют ...

A) Первым законом термодинамики.
B) Вторым законом термодинамики.
C) Уравнением теплового баланса.
D) Уравнением Менделеева.

9. Определите изменение внутренней энергии тела, которому было передано количество теплоты, равное 200 Дж без совершения работы.

A) Уменьшилась на 200 Дж.
B) Не изменилась.
C) Уменьшилась на 400 Дж.
D) Увеличилась на 200 Дж.

10. Определите коэффициент полезного действия тепловой машины. Температура холодильника 300 К, нагревателя 600 К.

A) 25 %.
B) 50 %.
C) 5 %.
D) 2,5 %.

Вариант 2

1. Термодинамические параметры, характеризующие состояние системы.

A) Масса.
B) Только температура.
C) Объем, температура, давление.
D) Масса, объем, температура, давление.

2. Двигатель внешнего сгорания.

A) Бензиновый двигатель.
B) Дизель.
C) Газовая турбина.
D) Паровая турбина.

3. Формула расчета работы пара или газа.

A) $A = p \cdot \Delta V$.
B) $A' = -A$.
C) $\Delta U = Q + A'$.
D) $Q = \Delta U + A$.

4. Мера превращения одного вида энергии в другой.

A) Количество теплоты.
B) Работа.

АРМАН-ПВ баспасы

C) Давление.
D) Изменение объема.

5. Устройство, предназначенное для преобразования внутренней энергии газа или пара в механическую энергию.

A) Вечный двигатель.
B) Электродвигатель.
C) Тепловой двигатель.
D) Динамо-машина.

6. Коэффициент полезного действия идеальной машины.

A) $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \cdot 100\%$.

C). $\eta = \frac{Q_2}{A} \cdot 100\%$.

B) $\eta = \frac{A}{Q_1} \cdot 100\%$.

D). $\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \cdot 100\%$.

7. Утверждение «Невозможно непрерывно совершать работу за счет одного отдельно взятого источника энергии» называют ...

A) Первым законом термодинамики.
B) Законом Кулона.
C) Первым законом Ньютона.
D) Вторым законом термодинамики.

8. Число тактов, на протяжении которых в ДВС газ совершает работу.

A) 4.
B) 3.
C) 2.
D) 1.

9. Газом совершена работа, равная 600 Дж. На сколько изменилась его внутренняя энергия, если газу было передано 400 Дж энергии.

A) Увеличилась на 200 Дж.
B) Уменьшилась на 200 Дж.
C) Увеличилась на 1000 Дж.
D) Уменьшилась на 1000 Дж.

10. Определите коэффициент полезного действия тепловой машины, которая совершает механическую работу 400 Дж за счет 1 кДж энергии топлива.

A) 4 %.
B) 20 %.
C) 30 %.
D) 40 %.

АРМАН.ПВ баспасы

ГЛАВА IV

ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОСТАТИКИ

Электростатика изучает взаимодействие неподвижных зарядов посредством электрического поля. Впервые понятие «электрический заряд» было введено Кулоном в 1785 г. Заряд может быть как положительным, так и отрицательным. Свойства полей вокруг зарядов определяют силовые и энергетические характеристики.

Изучив главу, вы сможете:

- характеризовать электрический заряд;
- объяснять процесс электризации тела трением и индукцией;
- приводить примеры положительного и отрицательного влияния электризации;
- объяснять закон сохранения электрического заряда;
- применять закон Кулона при решении задач;
- объяснять физический смысл понятия «электрическое поле» и определять его силовую характеристику;
- рассчитывать силу, действующую на заряд в однородном электростатическом поле;
- изображать графически электрическое поле посредством силовых линий;
- объяснять физический смысл разности потенциалов и потенциала;
- описывать устройство и назначение конденсатора.

АРМАН-ПВ баспасы

§ 18. Электрический заряд, электризация тел, проводники и диэлектрики

Ожидаемый результат

Прочитав параграф, вы сможете:

- *характеризовать электрический заряд;*
- *объяснять процесс электризации тела трением и индукцией;*
- *приводить примеры положительного и отрицательного влияния электризации.*

Эксперимент в классе

Пронаблюдайте за действием наэлектризованного тела на легкие предметы. Потрите пластмассовую ручку о волосы или шерстяную одежду. Поднесите ее к мелким кусочкам бумаги.

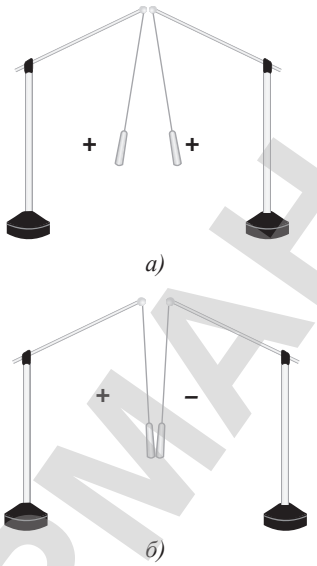


Рис. 71. *Взаимодействие одноименных и разноименных зарядов*

I. Из истории происхождения слова «электризация»

Древнегреческие ученые заметили, что янтарь, представляющий собой окаменевшую смолу хвойных деревьев, при натирании шерстью начинает притягивать к себе легкие предметы. Слво «янтарь» в переводе с греческого языка означает «*электрон*», от этого слова и произошло название **«электричество»**. О теле, которое после натирания притягивает к себе другие тела, говорят, что оно наэлектризовано или, что ему сообщен электрический заряд.

Электризация происходит в результате контакта двух различных веществ. Трение двух тел друг о друга необходимо для увеличения поверхности контакта. При этом *электризуются оба тела.* Например, при соприкосновении стеклянной палочки и куска резины электризуются и стекло, и резина. При трении о шерсть легко электризуются резина, сера, эбонит, пластмасса. При соприкосновении избыточный электрический заряд легко передается от одного тела к другому.

II. Взаимодействие заряженных тел

Выясним, все ли заряды одинаковы. Передадим станиолевым гильзам заряды стеклянной пластины, потертой об эбонитовую пластину, гильзы отталкиваются *(рис. 71, а)*. Передадим заряд одной из гильз от эбонитовой пластины, а другой гильзе – от стеклянной. В этом случае гильзы притягиваются *(рис. 71, б)*. Такое взаимодействие возможно лишь в том случае, если заряды отличаются друг от друга. На основании проведенных опытов приходим к выводу, что *отталкиваются тела, с одинаковыми зарядами, притягиваются тела с разными зарядами.*

АРМАН-ПВ Образцы

III. Электрический заряд. Строение атома

Попытки объяснить электризацию тел привели ученых к предположению, что атом не является неделимой частицей. Он состоит из заряженных частиц. Из всех предложенных моделей строения атома физиками была признана планетарная модель английского ученого **Э. Резерфорда**. Согласно его модели *в центре атома находится положительно заряженное ядро, вокруг которого вращаются электроны – отрицательно заряженные частицы (рис. 72)*. Электроны внешней орбиты при трении соприкасающихся поверхностей тел могут перейти от одного тела к другому. Таким образом, электроны «перетекают» с одного тела на другое.

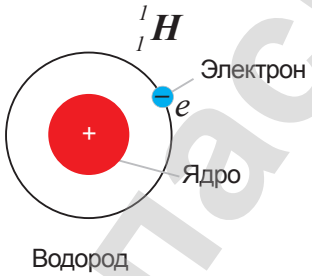


Рис. 72. *Строение атома*

Тела с избытком электронов обладают *отрицательным зарядом*, с недостатком электронов – *положительным зарядом*.

Задание

Приведите примеры электризации в быту и технике.

Заряд эбонитовой пластины, потертой о шерсть, – отрицательный, заряд стеклянной пластины, потертой о шелк, – положительный.

IV. Приборы для определения величины и рода заряда

Рассмотрим устройство электроскопа (от греч. *skp o* – смотрю) и электрометра (от греч. *metreo* – измеряю).

Электроскоп **– это прибор для обнаружения зарядов.**

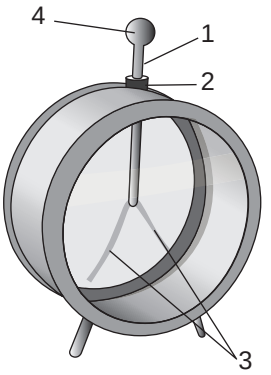


Рис. 73. *Электроскоп*

В электроскопе *(рис. 73)* к металлическому стержню (1), проходящему в стеклянный сосуд через пластмассовую пробку (2), прикреплены два легких алюминиевых или станиолевых листочка (3). Если к шарику электроскопа (4) прикоснуться заряженным телом, то листочки разойдутся, так как они оба будут заряжены одноименным зарядом.

АРМАН-ПВ баспасы

Электрометр **– это электроизмерительный прибор для обнаружения и измерения электрического заряда.**

Электрометр состоит из металлического цилиндрического корпуса (1), передняя и задняя стенки которого стеклянные *(рис. 74)*. Корпус закреплен на подставке (2). Через изолирующую пробку (3) внутрь корпуса сверху проходит металлическая трубка, заканчивающаяся стержнем (4), на котором установлена легкоподвижная стрелка (5). С использованием шкалы электрометра по отклонению стрелки определяется величина заряда (6).

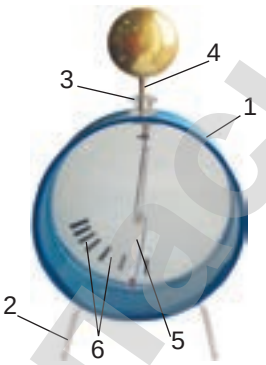


Рис. 74. *Электрометр*

При соприкосновении заряженного тела со стержнем электрометра электрические заряды распределяются по стержню и стрелке. Под действием силы отталкивания одноименных зарядов стрелка-указатель отклоняется. Чем больше заряд, тем больше угол отклонения стрелки.

V. Электризация тел влиянием

Поднесем отрицательно заряженное тело к шарику незаряженного электроскопа, не касаясь его. Свободные электроны шарика, отталкиваясь от отрицательного заряженного тела, переместятся на стержень и лепестки электроскопа. Лепестки, получив отрицательные заряды, оттолкнутся друг от друга, а шарик электроскопа зарядится положительно *(рис. 75)*. Если тело, поднесенное к электроскопу, удалить, то электроны вернутся в шарик. Лепестки электроскопа вернутся в вертикальное положение.

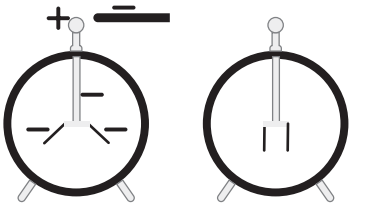


Рис. 75. *Отклонение лепестков электроскопа под действием электрического поля*

Вновь поднесем отрицательно заряженное тело к электроскопу и прикоснемся рукой к шарику электроскопа. Отведем одновременно руку и заряженное тело, лепестки электроскопа отклонятся, следовательно, на них остался заряд. Заряд, оставшийся на электроскопе, положительный, так как электроны под воздействием заряженного тела уходят с шарика электроскопа

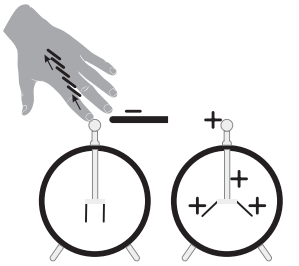


Рис. 76. *Создание индуцированного заряда*

АРХИВ БГПУ

по руке экспериментатора *(рис. 76)*. Такой метод передачи заряда называют *методом электризации влиянием*. Заряд, созданный на электроскопе, называют *индуцированным* или *наведенным*.

Электризация тел влиянием свидетельствует об изменении свойств пространства вокруг заряженных тел. *Вокруг заряженного тела образуется электрическое поле.*

VI. Проводники и диэлектрики

Прикоснемся к заряженному электроскопу рукой, электроскоп разрядится. Электрические заряды через тело человека стекут в землю. Электроскоп разрядится и в том случае, если к нему прикоснуться металлическим предметом, например, железной или медной проволокой. Но если коснуться электроскопа стеклянной или эбонитовой палочкой, то электрические заряды по ним уйти в землю не смогут. Все вещества по их способности проводить электрические заряды условно делятся на *проводники* и *диэлектрики (непроводники)* электричества.

Проводники **– это вещества, хорошо проводящие электрические заряды.**

Диэлектрики **– это вещества, не проводящие электрические заряды.**

Все металлы, растворы солей, щелочей и кислот, почва, тела человека и животных являются хорошими проводниками электричества. В этих веществах есть свободные, подвижные заряды.

Диэлектриками являются фарфор, эбонит, стекло, янтарь, резина, шелк, капрон, пластмассы, керосин, воздух. В этих веществах нет свободных заряженных частиц, они используются в электротехнике для изоляции.

Тела, изготовленные из диэлектриков, называются изоляторами (от греч. «изоляро» – уединять). Изоляторами являются резиновые коврики, пластмассовые ручки электрических приборов, изоляционная лента, пластмассовые детали розеток, выключателей.

Эксперимент в классе

С помощью заряженного электроскопа исследуйте, какие подручные материалы являются проводниками, какие – диэлектриками.

Ответьте на вопросы

1. *Почему пыль прилипает к одежде при чистке ее сухой щеткой? Почему этого не происходит, если щетка влажная?*
2. *Почему тела при трении заряжаются?*
3. *Почему заряд трущихся тел по величине одинаковый, но противоположный по знаку?*
4. *Почему после соприкосновения незаряженного тела с заряженным телом они отталкиваются?*
5. *Почему листочки электроскопа отталкиваются, если к нему приблизить заряженное тело?*

АРМАН-ПВ баспасы

Интересно знать!

Принцип действия принтера (*рис. 77*).
Текст, переданный от процессора компьютера на принтер, с помощью лазера (1) отображается на фотобарабане (2) в виде положительно заряженных точек. Из контейнера (3) на барабан сыплется мелкая сухая краска и прилипает к заряженным точкам барабана. Протягивающий механизм подает бумагу (4), заряженную отрицательно, к барабану. Частицы положительно зарядившейся краски притягиваются к отрицательно заряженной бумаге. Затем лист проходит по горячему ролику (5), где частицы краски «вплавляются» в бумагу.

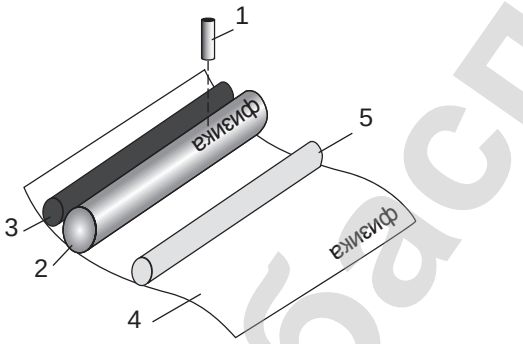


Рис. 77. *Устройство лазерного принтера*

Контрольные вопросы

1. В чем проявляется электризация тел?
2. Какими способами можно наэлектризовать тело?
3. Как взаимодействуют одноименные заряды, разноименные заряды?
4. В чем различие электроскопа с электрометром?
5. Приведите примеры проводников и диэлектриков. Из каких веществ изготавливают изоляторы?

Упражнение 12

1. Как с помощью отрицательно заряженного металлического шарика зарядить положительно другой шарик, не изменяя заряда первого шарика?
2. Как с помощью отрицательно заряженного металлического шарика зарядить два одинаковых шарика равными, но противоположными по знаку зарядами?
3. Разделите приведенные примеры электризации на полезные и вредные: действие громоотвода, образование грозовых туч,

АРМАПЕВ баспасы

копирование печатных материалов в электрокопировальных установках, электризация одежды, электризация приводных ремней и лент транспортеров, электризация волокон на ткацком производстве, покраска поверхностей изделий краскопультами, изготовление наждачной бумаги, искусственного ворса, очистка воздуха электрофильтрами.

Упражнение 12д

Дополните списки полезного и вредного проявления электризации своими примерами.

Экспериментальное задание

Потрите резиновый воздушный шарик газетой. Пронаблюдайте действие шарика на мелкие кусочки бумаги, металлической фольги. Поднесите его к потолку. Почему шар остается висеть у потолка?

Проведите анологичные опыты по электризации, например: притяжение наэлектризованных волос к расческе, взаимодействие двух наэлектризованных шаров. Снимите видеоролик.

Творческое задание

Подготовьте сообщение с ppt-презентацией (на выбор):

1. Использование электризации на производстве.
2. Методы борьбы с вредным проявлением электризации.

АРМАН-ПВ баспасы

§ 19. Закон сохранения электрического заряда, взаимодействие неподвижных зарядов, закон Кулона, элементарный электрический заряд

Ожидаемый результат

Прочитав параграф, вы сможете:

- *объяснять закон сохранения электрического заряда;*
- *применять закон Кулона при решении задач.*

Шарль Огюстен де Кулон (1736–1806) – французский военный инженер и ученый-физик, исследователь электромагнитных и механических явлений; член Парижской Академии наук. Кулон сформулировал законы кручения; изобрел крутильные весы.

I. Закон сохранения заряда

При электризации трением на одном из тел появляется избыток положительного заряда, а на другом – избыток отрицательного заряда, заряды перераспределяются. Общее количество зарядов в двух телах не меняется. Из обобщения опытных данных был сформулирован *закон сохранения заряда*, который был экспериментально подтвержден в 1843 г. английским физиком **М. Фарадеем**.

Алгебраическая сумма зарядов, составляющих замкнутую систему, остается неизменной при любых взаимодействиях зарядов этой системы.

$$q_1 + q_2 + q_3 + \ldots + q_n = const.$$

Замкнутая система – это система тел, взаимодействующих друг с другом, и не взаимодействующих с другими окружающими их телами.

II. Опыты с крутильными весами и точечными зарядами

В конце XVIII века французский физик **Ш. Кулон** открыл закон взаимодействия между точечными зарядами.

Точечный заряд **– это заряд, переданный телу, размерами которого в сравнении с расстоянием между заряженными телами можно пренебречь.**

Силу взаимодействия зарядов он измерил с помощью крутильных весов *(рис. 78)*. Заряд передал проводящему шару (6) на изолирующем стержне, закрепленному к крышке нижнего цилиндра весов. Затем привел этот шар в соприкосновение с другим таким же по размеру проводящим шаром (4),

АРМАН-ПВ баспасы

укрепленным на коромысле весов из изолирующего материала. Шары, зарядившись одинаковым зарядом, оттолкнулись. Шар (4), уравновешенный противовесом (5), закрутил серебряную нить (2). Кручение нити прекратилось, когда сила упругости деформированной нити стала равной силе отталкивания электрических зарядов на шарах. По показаниям стрелки крутильного микрометра (1) Ш. Кулон определил значение силы взаимодействия заряженных тел. Сила упругости серебряной нити при деформации кручения ему была известна.

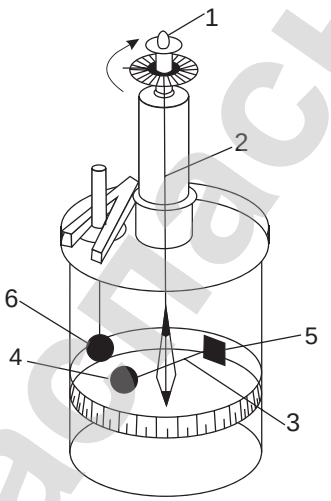


Рис. 78. *Крутильные весы*

III. Закон Кулона

Изменяя значения зарядов, переданных шарам, и расстояние между ними, Кулон пришел к следующему выводу:

Сила, с которой взаимодействуют два точечных заряда, прямо пропорциональна произведению модулей зарядов и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними, направлена вдоль линии, соединяющей заряды.

$$F = \frac{k|q_1| \cdot |q_2|}{r^2},$$

где q_1, q_2 – числовые значения зарядов,
r – расстояние между зарядами *(рис. 79)*,
k – коэффициент пропорциональности.

Запомните!

$$k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}$$

$$\varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Кл}^2}{\text{Н} \cdot \text{м}^2}$$

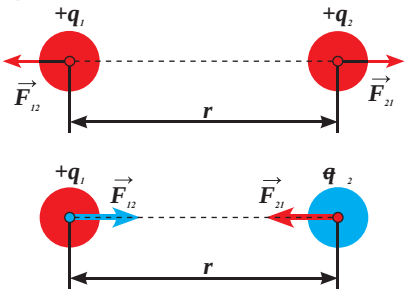


Рис. 79. *Направления сил взаимодействия точечных зарядов*

АРМАН-ПВ базасы

Коэффициент k связан с электрической постоянной ε_0 соотношением:

$$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}.$$

Закон Кулона с учетом этого соотношения примет вид:

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2}.$$

IV. Зависимость силы взаимодействия зарядов от окружающей среды

Исследования показали, что сила взаимодействия зависит от среды, в которой находятся заряженные тела. Например, в воде сила взаимодействия уменьшается в 81 раз, в стекле – в 7 раз. Влияние среды на взаимодействие зарядов характеризуется величиной, названной *диэлектрической проницаемостью.*

Диэлектрическая проницаемость среды **– это величина, показывающая во сколько раз сила взаимодействия между зарядами становится слабее в данной среде,чем в вакууме.**

$$\varepsilon = \frac{F_0}{F},$$

где ε – диэлектрическая проницаемость среды,
F_0 – сила взаимодействия зарядов в вакууме,
F – сила взаимодействия зарядов в среде.

Сила взаимодействия точечных зарядов в среде определяется с учетом диэлектрической проницаемости:

$$F = \frac{k|q_1| \cdot |q_2|}{\varepsilon r^2}.$$

Диэлектрическая проницаемость некоторых веществ дана в таблице 12 Приложения 2.

Ответьте на вопросы

1. *Почему равнодействующую сил, действующих на тело, нельзя находить простым сложением их значений?*
2. *Почему прибор для определения сил взаимодействия зарядов, изобретенный Кулоном, назван весами?*
3. *Почему малым по размеру телам нельзя передать бесконечно большой по значению заряд?*

Запомните!

1 мКл = 10^{-3} Кл
1 мкКл = 10^{-6} Кл
1 нКл = 10^{-9} Кл
1 пКл = 10^{-12} Кл

V. Единица измерения заряда

За единицу электрического заряда в Международной системе единиц принят **1 кулон**.

Находясь на расстоянии 1 м, точечные заряды в 1 Кл взаимодействуют силами, равными $9 \cdot 10^9$ Н:

АРМАНТ ПВ Согласы

$$F = \frac{9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2} \cdot 1\,\text{Кл} \cdot 1\,\text{Кл}}{1\,\text{м}^2} = 9 \cdot 10^9\,\text{Н}.$$

Сила взаимодействия настолько велика, что заряд «стекает» с тел, электризуя окружающую среду. Заряд в 1 Кл не удержится и на одном теле: одноименные заряды, отталкиваясь друг от друга, не могут удержаться на малой площади.

VI. Элементарный заряд. Заряд наэлектризованного тела

Американский ученый **Р. Милликен** и российский ученый **А.Ф. Иоффе** установили на опытах, что *заряды тел, можно делить, но не бесконечно: существует наименьшая порция электрического заряда*. Неделимым зарядом обладает электрон. Значение заряда электрона впервые определил американский ученый Р. Милликен. По результатам опытов он пришел к выводу, что заряд электрона отрицательный, равный **6 · 0 $^{-19}$ Кл.** «Снять» электрический заряд с электрона невозможно – это одно из основных свойств электрона. Масса электрона равна **9 · 0 $^{-31}$ кг**, она в 3700 раз меньше массы молекулы водорода, наименьшей из всех молекул.

Заряд, равный заряду электрона, был назван *элементарным*.

Элементарный электрический заряд **– наименьший электрический заряд, положительный или отрицательный, равный величине заряда электрона 1,6 • 10^{-19} Кл.**

Заряд избыточных электронов тела определяется произведением заряда одного электрона на их количество:

$$q = e \cdot n_e,$$

где $e = -1{,}6 \cdot 10^{-19}$ Кл – заряд электрона,
n_e – число избыточных электронов.

В данном случае заряд тела отрицательный. Если тело в результате электризации теряет электроны, то заряд тела положительный. Положительным зарядом обладают протоны в ядре атома. Исследования показали, что заряд протона, равен по модулю заряду электрона:

$$q_p = 1{,}6 \cdot 10^{-19}\,Кл,$$

где q_p – обозначение заряда протона.

Запомните!

Элементарный заряд равен:
$e = \pm 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ Кл

АРМАНТ-ПВ образцы

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Задача 1. Два заряда по 10 пКл находятся в вакууме и взаимодействуют друг с другом с силой 1 нН. На каком расстоянии находятся эти заряды?

Дано:	**СИ**	**Решение:**
$q_1 = q_2 = 10$ пКл $F = 1$ нН $\varepsilon = 1$ $r - ?$	$10 \cdot 10^{-12}$ Кл $1 \cdot 10^{-9}$ Н	Сила взаимодействия зарядов определяется по закону Кулона: $F = \frac{k\lvert q_1\rvert \cdot \lvert q_2\rvert}{\varepsilon \cdot r^2}$. Учитывая, что $q_1 = q_2$, закон Кулона примет вид: $F = \frac{kq^2}{\varepsilon \cdot r^2}$. Из полученного соотношения выразим расстояние между зарядами: $r = q\sqrt{\frac{k}{\varepsilon F}}$. $r = 10 \cdot 10^{-12}\,\text{Кл}\sqrt{\frac{9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}}{1 \cdot 10^{-9}\,\text{Н}}} =$ $= 10^{-11}\,\text{Кл} \cdot 3 \cdot 10^9 \frac{\text{м}}{\text{Кл}} = 3 \cdot 10^{-2}\,\text{м}.$ **Ответ:** $r = 0{,}03$ м.

АРМАН-ПВ баспасы

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Задача 2. Два одинаковых шарика с зарядами 2 нКл и 8 нКл находились на расстоянии 2 м друг от друга в вакууме. После приведения шариков в соприкосновение их развели на расстояние, при котором сила взаимодействия зарядов осталась прежней. На какое расстояние развели шарики?

Дано:	**СИ**	**Решение:**
$q_1 = 2$ нКл $q_2 = 8$ нКл $r_1 = 2$ м $F_1 = F_2$	$2 \cdot 10^{-9}$ Кл $8 \cdot 10^{-9}$ Кл	Сила взаимодействия зарядов определяется по закону Кулона: $F_1 = \frac{k\lvert q_1\rvert \cdot \lvert q_2\rvert}{\varepsilon r_1^2}$. При соприкосновении одинаковых по размеру шариков заряд на каждом станет равным: $q = \frac{q_1 + q_2}{2}$. Сила взаимодействия останется прежней, если расстояние между шариками изменится: $F_2 = \frac{kq^2}{\varepsilon r_2^2}$. Из равенства сил следует: $\frac{q_1 q_2}{r_1^2} = \frac{q^2}{r_2^2}$. Из полученного соотношения выразим r_2: $r_2^2 = \frac{r_1^2 q^2}{q_1 q_2}$ $r_2 = \frac{r_1(q_1 + q_2)}{2\sqrt{q_1 q_2}}$. $r_2 = \frac{2\text{ м}\,(2 \cdot 10^{-9}\text{ Кл} + 8 \cdot 10^{-9}\text{ Кл})}{2\sqrt{2 \cdot 10^{-9}\text{ Кл} \cdot 8 \cdot 10^{-9}\text{ Кл}}} =$ $= \frac{10 \cdot 10^{-9}\text{ Кл} \cdot \text{м}}{4 \cdot 10^{-9}\text{ Кл}} = 2{,}5\text{ м}.$ **Ответ:** $r_2 = 2{,}5$ м.
$r_2 - ?$		

АРМАН-ПВ баспасы

Контрольные вопросы

1. Какой прибор использовал Кулон для определения силы взаимодействия заряженных частиц?
2. Сформулируйте закон Кулона.
3. Как направлены силы взаимодействия точечных зарядов?
4. Что показывает диэлектрическая проницаемость среды?
5. Какой заряд назван элементарным?

Упражнение 13

1. Два проводящих шара одинаковых размеров с зарядами 2 нКл и 8 нКл привели в соприкосновение и вновь раздвинули. Определите значение зарядов на шарах после соприкосновения.
2. Определите силу взаимодействия между точечными зарядами по 1 мкКл, находящимися на расстоянии 10 см. Как изменится сила взаимодействия зарядов, если их поместить в воду?
3. На каком расстоянии находятся два точечных заряда 2 нКл и 5 нКл, если они взаимодействуют друг с другом с силой 9 мН?
4. Вычислите силу, с которой заряды $q_1 = 2 \cdot 10^{-4}$ Кл и $q_2 = -6 \cdot 10^{-4}$ Кл, расположенные на расстоянии 1 м, действуют на заряд $q_3 = 4 \cdot 10^{-4}$ Кл, помещенный посередине между ними.

Упражнение 13д

1. Два проводящих шара одинаковых размеров с зарядами 6 нКл и –8 нКл привели в соприкосновение. Затем вторым шаром коснулись незаряженного шара таких же размеров. Какими зарядами обладает, каждый шар?
2. Определите силу взаимодействия двух точечных зарядов 1 нКл и 4 нКл в пустоте и керосине, если расстояние между ними 2 см.
3. Определите значение точечных зарядов, находящихся в вакууме на расстоянии 1 м друг от друга и взаимодействующих силой, равной 1 Н.
4. Во сколько раз необходимо уменьшить расстояние между точечными зарядами, чтобы сила взаимодействия между ними увеличилась в четыре раза?

АРИАН-ПРО баспасы

§ 20. Электрическое поле, напряженность электрического поля

Ожидаемый результат

Прочитав параграф, вы сможете:

- *объяснять физический смысл понятия «электрическое поле» и определять его силовую характеристику;*
- *рассчитывать силу, действующую на заряд в однородном электростатическом поле;*
- *изображать графически электрическое поле посредством силовых линий.*

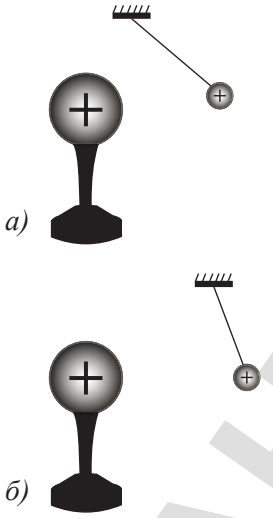


Рис. 80. *Действие электростатического поля на пробный заряд*

I. Электрическое поле. Пробный заряд

Пространство вокруг заряженных тел, в отличие от незаряженных тел, меняется. Оно приобретает свойство воздействовать на окружающие тела: притягивать или отталкивать заряженные тела, электризовать проводники. Такое пространство принято называть *электрическим полем*. Вокруг, каждого заряженного тела существует *электрическое поле*.

Электрическое поле – это особая форма материи, посредством которой осуществляется взаимодействие между электрически заряженными частицами. *Электрическое поле неподвижных и не меняющихся со временем зарядов, называют электростатическим.* Оно оказывает силовое действие на другие заряженные тела.

Электрическое поле, окружающее заряженное тело, можно исследовать с помощью *пробного заряда – положительно заряженного точечного заряда*. Пробный заряд, внесенный в поле, испытывает действие силы со стороны электрического поля. Чем ближе пробный заряд к заряженному телу, создавшему электрическое поле, тем сильнее действие этого поля на пробный заряд *(рис. 80)*.

II. Напряженность электрического поля

Напряженность электрического поля характеризует силовое действие поля на внесенные в него заряды.

Напряженность электрического поля **– это физическая величина, равная отношению силы, с которой поле действует на положительный пробный заряд, помещенный в данную точку пространства, к величине этого заряда:**

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}.$$

АРМАН-ПВ баспасы

Напряженность электрического поля $\vec{E}$ – векторная физическая величина. *Направление вектора напряженности в каждой точке пространства совпадает с направлением силы, действующей на положительный пробный заряд.*

Единица измерения напряженности:

$$[E] = \frac{1\,\text{Н}}{1\,\text{Кл}}.$$

При известном значении напряженности поля легко рассчитать силу, действующую на внесенный в поле заряд:

$$\vec{F} = q\vec{E}.$$

III. Напряженность поля точечного заряда

В соответствии с законом Кулона напряженность электростатического поля точечного заряда ***q*** на расстоянии ***r*** от него в вакууме, равна по модулю:

$$E = \frac{k|q|}{r^2}.$$

С учетом диэлектрической проницаемости среды ε поле, созданное точечным зарядом, обладает напряженностью, равной:

$$E = \frac{k|q|}{\varepsilon r^2}.$$

IV. Силовые линии электрического поля

Для наглядного изображения электрического поля используют *силовые линии*. Эти линии проводят так, чтобы направление вектора $\vec{E}$ в каждой точке совпадало с направлением касательной к силовой линии *(рис. 81)*.

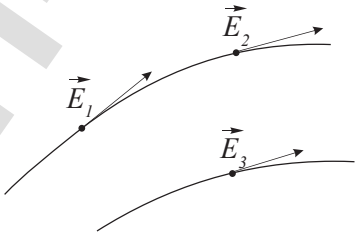


Рис. 81. *Силовые линии и вектора напряженности электрического поля*

Силовые линии **– это линии, касательные к которым в каждой точке совпадают с направлением векторов напряженностей в этих точках.**

Направление вектора $\vec{E}$ зависит от знака заряда *q*. *Если заряд положительный, то вектор направлен по радиусу от заряда, если заряд отрицательный, то вектор направлен к заряду (рис. 82)*.

АРМАН-ПВ баспасы

Плотность линий свидетельствует о значении напряженности в различных точках пространства. Чем больше линий пронизывает единичную площадку, перпендикулярную направлению силовых линий, тем больше напряженность поля в этой области пространства. *Поля точечных зарядов неоднородные*, вблизи заряда силовые линии более плотные, следовательно, поле вблизи заряда сильнее. Если заряд удален от других тел, то силовые линии уходят от заряда в бесконечность. Изучение электрических полей показало, *что силовые линии никогда не пересекаются, они начинаются на положительных зарядах и заканчиваются на отрицательных (рис. 83).*

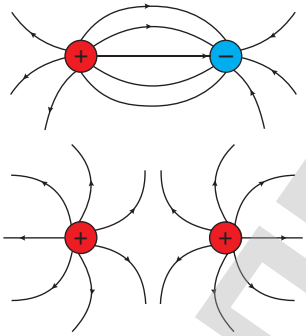


Рис. 83. *Силовые линии поля, созданного двумя равными по значению зарядами*

Приближение зарядов искажает поле одиночных зарядов, так как поля накладываются друг на друга.

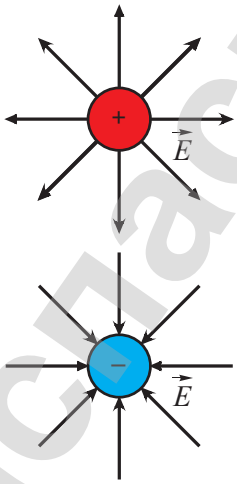


Рис. 82. *Силовые линии поля уединенного заряженного тела*

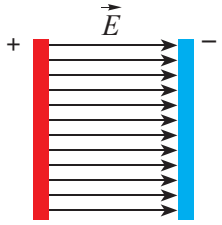


Рис. 84. *Силовые линии однородного поля*

V. Силовые линии однородного поля

Силовые линии однородного электрического поля представляют собой равноудаленные параллельные прямые. Напряженность однородного поля во всех точках поля имеет одинаковое значение и направление. Однородное электрическое поле образует бесконечная заряженная пластина. Однородное поле создается между двумя параллельными пластинами, заряженными разноименными зарядами, равными по величине *(рис. 84)*.

Ответьте на вопрос

Почему силовые линии электрического поля не пересекаются?

АРМАНТВ базасы

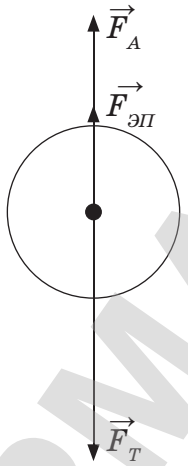
Эксперимент в классе

1. Пронаблюдайте силовые линии электростатического поля вокруг «султанов», заряженных от одного полюса электрофорной машины и затем от разноименных полюсов. Сравните наблюдаемые картины с *рис. 83*.
2. Пронаблюдайте за движением тела в поле двух разноименных зарядов. Подвесьте на шелковой нити кусочек ваты. Приведите в соприкосновение вату с одним из наэлектризованных шариков электрофорной машины. Кусочек ваты перепрыгнет на другой шарик, затем вернется на первый. Движение повторится, если заряд, переданный шарикам электрофорной машины, значительный. Объясните наблюдаемое явление.

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

Положительно заряженный шарик массой 0,18 г и плотностью вещества 1800 кг/м^3 находится во взвешенном состоянии в жидком диэлектрике плотностью 900 кг/м^3. В диэлектрике создано однородное поле напряженностью 45 кН/Кл, направленное вертикально вверх. Определите заряд шарика.

Дано:	**СИ**
$m = 0{,}18$ г	$1{,}8 \cdot 10^{-4}$ кг
$\rho_1 = 1800$ кг/м^3	
$\rho_2 = 900$ кг/м^3	
$E = 45$ кН/Кл	$45 \cdot 10^3$ Н/Кл
$q - ?$	



Решение:

На шарик действуют три силы: сила тяжести $F = mg$, сила электрического поля $F = Eq$ и сила Архимеда $F = \rho_2 gV$. Сила тяжести равна сумме силы электрического поля и силы Архимеда:

$mg = qE + \rho_2 gV.$

Из полученного уравнения выразим заряд шарика, получим: $q = \dfrac{mg - \rho_2 gV}{E}$.

Выразим объем шарика через его массу и плотность: $V = m/\rho_1$, тогда формула расчета заряда примет вид: $q = \dfrac{mg\left(1 - \dfrac{\rho_2}{\rho_1}\right)}{E}$.

Выполним расчеты:

$$q = \frac{1{,}8 \cdot 10^{-4}\,\text{кг} \cdot 9{,}8\,\frac{\text{Н}}{\text{кг}}\left(1 - \frac{900\,\text{кг}/\text{м}^3}{1800\,\text{кг}/\text{м}^3}\right)}{E} \approx 2 \cdot 10^{-8}\,\text{Кл}.$$

Ответ: $q \approx 2 \cdot 10^{-8}$ Кл.

АРМАН-ПВ бастасы

Контрольные вопросы

1. Какое поле называют электростатическим?
2. Какой заряд называют пробным? Для чего он необходим?
3. Что называют напряженностью поля?
4. Какие линии называют силовыми линиями напряженности? Как определяют их направление?
5. Какими свойствами обладают силовые линии?
6. Какое поле называют однородным? Как его получить?

Упражнение 14

1. Какова напряженность электрического поля на расстоянии 1 м от точечного заряда 0,1 нКл? Какая сила действует в этой точке на тело, обладающее зарядом 10 нКл?
2. Определите значение точечного заряда, создавшего электрическое поле с напряженностью 720 Н/Кл на расстоянии 50 см от него.
3. На каком расстоянии от точечного заряда 18 нКл напряженность поля равна 200 Н/Кл?

Упражнение 14д

1. Определите величину заряда, если на расстоянии 5 см от него напряженность созданного им поля $1{,}6 \cdot 10^5$ Н/Кл.
2. Напряженность поля, созданного точечным зарядом в некоторой точке пространства равна $4{,}2 \cdot 10^4$ Н/Кл. Определите числовое значение заряда, внесенного в эту точку, если поле действует на него силой 84 мН.
3. Определите напряженность электрического поля на расстоянии 20 см от точечного заряда 2нКл.

АРМАЙЛВ баспасы

§ 21. Потенциал и разность потенциалов электрического поля, конденсатор

Ожидаемый результат

Прочитав параграф, вы сможете:

- *объяснять физический смысл разности потенциалов и потенциала;*
- *описывать устройство и назначение конденсатора.*

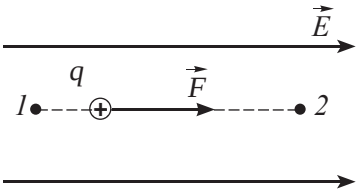


Рис. 85. *Перемещение заряженной частицы из точки с большим потенциалом в точку с меньшим потенциалом*

Ответьте на вопрос

Почему, когда работа поля по перемещению положительного заряда из точки поля в бесконечность положительная, то работа внешних сил, удерживающих заряд в поле, отрицательная?

Обратите внимание!

Разность потенциалов двух точек поля $\varphi_1 - \varphi_2$ называют напряжением U.

I. Потенциал точек электрического поля

На положительный заряд, внесенный в электрическое поле, действует сила, под воздействием которой заряд движется вдоль силовых линий *(рис. 85)*. Электрическое поле совершает работу по перемещению заряда. *Работа – это мера превращения одного вида энергии в другой.* Следовательно, потенциальная энергия взаимодействия электрического поля с внесенным в него зарядом превращается в кинетическую энергию движения заряда. Потенциальная энергия уменьшается. Это значит, что при движении заряда под действием электрического поля он перемещается из точки с большей потенциальной энергией (1) в точку, где его потенциальная энергия становится меньше (2). Для описания энергетических свойств точек электрического поля, введена еще одна характеристика поля – потенциал.

Потенциал электростатического поля **– скалярная величина, равная отношению потенциальной энергии заряда в данной точке поля к этому заряду.**

$$\varphi = \frac{W_p}{q},$$

φ – потенциал поля,

W_p – потенциальная энергия заряда, внесенного в поле,

q – заряд, внесенный в поле.

Единица измерения потенциала в «СИ» – 1 вольт (1 В).

II. Связь работы с потенциалом поля и напряжением

Работа поля определяется изменением потенциальной энергии заряда. Потенциальная энергия взаимодействия зарядов, удаленных друг от друга на бесконечно большое расстояние, равна нулю. *Следовательно, потенциалом данной точки поля можно называть работу, которую совершает электрическое поле, перемещая*

АРМАНТ Все права защищены

положительный единичный заряд из данной точки поля в бесконечно удаленную точку:

$$\varphi = \frac{A}{q}.$$

Чтобы переместить заряд из бесконечно удаленной точки снова в ту же точку поля, внешние силы должны произвести работу, равную:

$$A = q\varphi.$$

Чтобы переместить заряд из точки с одним потенциалом в точку с другим потенциалом, поле совершает работу:

$$A = q(\varphi_1 - \varphi_2).$$

Разность потенциалов двух точек поля $\varphi_1 - \varphi_2$ *называют напряжением, измеряют в вольтах и обозначают буквой* U:

$$U = \varphi_1 - \varphi_2.$$

Работа силы электрического поля определяется произведением заряда и напряжения:

$$A = qU.$$

Запомните!

$$[\varphi] = \frac{1\,\text{Дж}}{1\,\text{Кл}} = 1\,\text{В}$$

$$[U] = \frac{1\,\text{Дж}}{1\,\text{Кл}} = 1\,\text{В}$$

1. Под действием электрического поля заряд перемещается из точки с большим потенциалом в точку с меньшим потенциалом.
2. Потенциал бесконечно удаленной точки равен нулю.

III. Конденсатор, емкость конденсатора

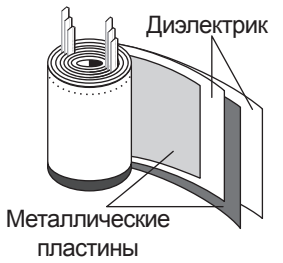
Из проводников и диэлектриков созданы специальные приборы для накопления зарядов – конденсаторы.

Конденсатор **– это устройство для накопления заряда и энергии электрического поля.**

Чем больше заряд, накопленный в конденсаторе, тем больше разность потенциалов между обкладками конденсатора. Величина накопленного заряда не влияет на емкость конденсатора, но по величине заряда и напряжению между его обкладками можно определить значение емкости:

$$C = \frac{q}{U}.$$

Электроемкость конденсатора **– физическая величина, равная отношению заряда одной из пластин к разности потенциалов между обкладками конденсатора.**



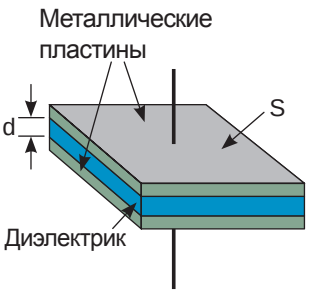


Рис. 86. *Устройство плоского конденсатора*

АРМАНТВ базисы

Широкое применение, получил плоский конденсатор. Он представляет собой две плоские параллельные проводящие пластины, разделенные диэлектриком *(рис. 86)*. Пластины называют *обкладками конденсатора*. Емкость конденсатора определяется его размерами и свойствами диэлектрика, заключенного между обкладками:

$$C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d}$$

C – электроемкость конденсатора,
S – площадь одной из обкладок конденсатора,
d – расстояние между обкладками конденсатора,
ε – диэлектрическая проницаемость диэлектрика.

Запомните!

1 мкФ = 10^{-6} Ф
1 нФ = 10^{-9} Ф
1 пФ = 10^{-12} Ф

$$[C] = \frac{1\,\text{Кл}}{1\,\text{В}} = 1\,\text{Ф}$$

Электроемкость, измеряют в фарадах. Электроемкость в 1 Ф – емкость большой величины. Емкость нашей планеты меньше 1 Ф. На практике используют дольные единицы: мкФ, нФ, пФ.

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

Определите в мм расстояние между двумя плоскими заряженными пластинами, если разность потенциалов между ними 2 кВ, заряд пластины – 10 нКл площадь пластины – 10 см^2.

Дано:	**СИ**
U = 2 кВ	$2 \cdot 10^3$ В
q = 10 нКл	$10 \cdot 10^{-9}$ Кл
S = 10 см^2	$10 \cdot 10^{-4}$ м^2
ε = 1	
d – ?	

Решение:

Две пластины представляют собой конденсатор, емкость которого можно определить по формулам: $C = \frac{q}{U}$, $C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d}$.

Приравняем правые части выражений:

$$\frac{q}{U} = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d}.$$

Выразим неизвестную величину: $d = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 SU}{q}$.

$$d = \frac{8,85 \cdot 10^{-12}\,\frac{\text{Ф}}{\text{м}} \cdot 10 \cdot 10^{-4}\,\text{м}^2 \cdot 2 \cdot 10^3\,\text{В}}{10 \cdot 10^{-9}\,\text{Кл}} =$$

$$= 17,7 \cdot 10^{-4}\,\text{м} = 1,77\,\text{мм}.$$

Ответ: d = 1,77 мм.

АРМАН-ПВ баспасы

Контрольные вопросы

1. Как определяется потенциал точки электрического поля?
2. Как определяется работа поля по перемещению заряда из одной точки поля в другую?
3. Какое устройство служит для накопления зарядов?
4. Как определяется емкость конденсатора? В каких единицах она измеряется?

Упражнение 15

1. Определите потенциал точки электрического поля, в которую, совершив работу 0,05 *Дж*, из бесконечности перенесли заряд $5 \cdot 10^{-7}$ Кл.
2. Потенциалы поля в точках *A* и *B* соответственно равны 50 В и 80 В. Определите работу, которую нужно совершить, чтобы заряд 3 мкКл перенести из точки *A* в точку *B*.
3. Определите емкость плоского воздушного конденсатора площадью обкладок 0,06 м^2, расстояние между которыми 0,5 мм.
4. Какой по знаку и величине заряд индуцируется на поверхности земли под облаком с избыточным количеством отрицательных зарядов?

Упражнение 15д

1. Какую работу совершает поле при перемещении заряда 20 нКл из точки с потенциалом 100 В в точку с потенциалом 400 В?
2. Какой заряд передан конденсатору емкостью 2 мкФ, если разность потенциалов между его обкладками возросла до 110 В?

Творческое задание

Подготовьте доклад по темам (на выбор):

1. «Из истории создания конденсаторов».
2. «Виды конденсаторов и их применение».
3. «Устройство и применение молниеотводов».

АРМАН-ПВ Баспасы

Итоги главы IV

Законы электростатики	Характеристики электростатического поля	
	Напряженность	Потенциал
Закон сохранения заряда: $q_1 + q_2 + q_3 + \ldots + q_n = const$ **Закон Кулона:** $F = \frac{k\lvert q_1\rvert \cdot \lvert q_2\rvert}{\varepsilon r^2}$ $F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{\lvert q_1\rvert \cdot \lvert q_2\rvert}{\varepsilon r^2}$	$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ $E = \frac{k\lvert q\rvert}{\varepsilon r^2}$	$\varphi = \frac{W_p}{q}$ $\varphi = \frac{A}{q}$
Диэлектрическая проницаемость	**Заряд тела**	**Электроемкость конденсатора**
$\varepsilon = \frac{F_0}{F}$	**С избытком электронов** $q = e \cdot n_e$, где $e = -1{,}6 \cdot 10^{-19}$ Кл – заряд электрона **Заряд тела с недостатком электронов:** $q = \lvert e\rvert\, n$	$C = \frac{q}{U}$ $C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d}$

Законы электростатики

Закон сохранения заряда: Алгебраическая сумма зарядов, составляющих замкнутую систему, остается неизменной при любых взаимодействиях зарядов этой системы.

Закон Кулона: Сила, с которой взаимодействуют два точечных заряда, прямо пропорциональна произведению модулей зарядов, и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними, направлена вдоль линии, соединяющей заряды.

Глоссарий

Диэлектрики – это вещества, не проводящие электрические заряды.

Диэлектрическая проницаемость среды – это величина, показывающая во сколько раз сила взаимодействия между зарядами становится слабее в данной среде, чем в вакууме.

АРМАН-ПВ баспасы

Изоляторы – это тела, изготовленные из диэлектриков.

Конденсатор – это устройство, которое служит для накопления и хранения электрических зарядов.

Напряженность электрического поля – это физическая величина, равная отношению силы, с которой поле действует на положительный пробный заряд, помещенный в данную точку пространства, к величине этого заряда.

Потенциал электростатического поля – скалярная величина, равная отношению потенциальной энергии заряда в данной точке поля к этому заряду.

Пробный заряд – положительно заряженный точечный заряд.

Проводники – это вещества, хорошо проводящие электрические заряды.

Силовые линии – это линии, касательные к которым в каждой точке совпадают с направлением векторов напряженностей в этих точках.

Точечный заряд – это заряд переданный телу, размерами которого в сравнении с расстоянием между заряженными телами можно пренебречь.

Электроемкость конденсатора – физическая величина, равная отношению заряда одной из пластин к разности потенциалов между обкладками конденсатора.

Электрометр – это чувствительный электроизмерительный прибор для обнаружения и измерения электрического заряда.

Электроскоп – это прибор для обнаружения зарядов.

Элементарный электрический заряд – наименьший электрический заряд, положительный или отрицательный, равный величине заряда электрона $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

АРМАН-ПВ бастасы

Задание

Установите соответствие между явлениями и их объяснением.

1	Полы, покрытые линолеумом, пластиковые поверхности приборов после уборки очень быстро покрываются пылью. На деревянных полах такого количества пыли не оседает	A	Тело человека и одежда в результате соприкосновения электризуются. Наибольший заряд образуется в одежде из синтетических материалов в морозный день
2	Топливные баки при перевозке горючих жидкостей заземляют	B	Внутри проводников электрического поля нет
3	Порой, прикасаясь к металлическим предметам, вы ощущаете достаточно сильный электрический разряд.	C	При трении пластик, органическое стекло, пластмасса электризуются сильнее, чем древесина
4	Корпуса многих приборов металлические – они экранируют приборы от внешних электрических полей, помех, нежелательных сигналов	D	Жидкости при трении о твердые поверхности электризуются. Легковоспламеняющиеся жидкости при искровых разрядах могут воспламениться

Игрушка «Вьюга в сфере»

Материалы: пластмассовая прозрачная сфера и пенопластовые шарики.

Опыт № 1

Потрясите сферу и оставьте ее в покое¸ наблюдайте за пенопластовыми шариками. Сначала шарики прилипают к стенке, затем отскакивают, взлетают и парят в центре прозрачной сферы.

Опыт № 2

Шелковым лоскутом протрите верхнюю часть сферы, предположите, что произойдет с шарами.

Проверьте ваше предположение, изготовив игрушку.

АРМАНПВ баспасы

Примечание:

1. Шарики будут парить только в том случае, если сумма их диаметров намного больше или намного меньше диаметра сферы. Если сумма диаметров шариков равна диаметру сферы, то шарики прилипнут к сфере, а потом упадут на дно.
2. Игрушку можно сделать из подручного материала, например: прозрачной погремушки и упаковочного пенопласта. Если пенопласт опустить на 20–30 минут в кипящую воду, то он распадается на шарики. Раскройте погремушку, засыпьте туда шарики и заклейте ее клеем для пластмассовых изделий.

АРМАН-ПВ басылсын

Контрольный тест

Вариант 1

1. **Прибор для обнаружения статического заряда.**
   A) Амперметр.
   B) Вольтметр.
   C) Электроскоп.
   D) Гальванометр.
2. **Вещества, хорошо проводящие электрические заряды.**
   A) Проводники.
   B) Диэлектрики.
   C) Изоляторы.
   D) Газы.
3. **Заряд, переданный телу, размерами которого в сравнении с расстоянием между заряженными телами можно пренебречь.**
   A) Элементарный заряд.
   B) Пробный заряд.
   C) Минимальный заряд.
   D) Точечный заряд.
4. **Работу, которую совершает электрическое поле по перемещению единичного заряда из данной точки поля в бесконечно удаленную точку, называют...**
   A) Напряжением точки поля.
   B) Потенциалом точки поля.
   C) Напряженностью.
   D) Разностью потенциалов.
5. **Электрическое поле неподвижных и не меняющихся со временем зарядов называют...**
   A) Электродинамическим.
   B) Электростатическим.
   C) Электромагнитным.
   D) Зарядным.
6. **Направление вектора напряженности в каждой точке пространства совпадает с направлением силы, действующей на ...**
   A) Положительный пробный заряд.
   B) Отрицательный заряд.
   C) Элементарный заряд.
   D) Любой заряд.
7. **Устройство, которое служит для накопления и хранения электрических зарядов.**
   A) Резистор.
   B) Катушка.

АРМАН-ПВ баспасы

C) Конденсатор.
D) Реостат.

8. Определите заряд избыточных электронов, если число электронов, перешедших на тело, равно 10^{16}. Заряд электрона равен $-1{,}6 \cdot 10^{-19}$ Кл.
A) 16 мКл.
B) –16 мКл.
C) –1,6 мКл.
D) 1,6 мКл.

9. Определите напряженность поля в точке, в которой на внесенный заряд $2 \cdot 10^{-3}$ Кл действует сила 0,03 Н.
A) 1,5 Н/Кл.
B) 15 Н/Кл.
C) $6 \cdot 10^{-5}$ Н · Кл.
D) $6 \cdot 10^{-2}$ Н · Кл.

10. Определите емкость плоского воздушного конденсатора с площадью обкладок 0,01 м², если расстояние между его обкладками равно 0,01 мм. Электрическая постоянная $\varepsilon_0 = 8 \cdot 10^{-12}$ Ф/м.
A) 8,85 нФ.
B) 88,5 нФ.
C) 8,85 пФ.
D) 8,85 мкФ.

Вариант 2

1. Прибор для измерения статического заряда.
A) Электрометр.
B) Электроскоп.
C) Электрофорная машина.
D) Амперметр.

2. Наименьший электрический заряд, положительный или отрицательный, равный величине заряда электрона.
A) Минимальный заряд.
B) Элементарный заряд.
C) Неделимый заряд.
D) Пробный заряд.

3. Тела с избытком электронов обладают ...
A) Положительным зарядом.
B) Отрицательным зарядом.
C) Неопределенным зарядом.
D) Периодически изменяющимся зарядом.

АРМАН-ПВ баспасы

4. **Величина, которая показывает, во сколько раз сила взаимодействия между зарядами становится слабее в данной среде, чем в вакууме, это ...**
   A) Потенциал.
   B) Напряжение.
   C) Напряженность.
   D) Диэлектрическая проницаемость.
5. **Положительно заряженный точечный заряд.**
   A) Элементарный заряд.
   B) Неделимый заряд.
   C) Пробный заряд.
   D) Минимальный заряд.
6. **Линии, касательные к которым в каждой точке поля совпадают с направлением векторов напряженностей.**
   A) Магнитные линии.
   B) Электрические линии.
   C) Эквипотенциальные линии.
   D) Силовые линии.
7. **Силовые линии однородного электрического поля представляют собой:**
   A) Окружности.
   B) Параллельные равноудаленные линии.
   C) Пересекающиеся линии.
   D) Замкнутые линии произвольной формы.
8. **Определите силу взаимодействия двух точечных зарядов по 2 мКл, находящихся на расстоянии 0,3 м друг от друга.**
   A) 400 Н.
   B) 400 кН.
   C) 40 кН.
   D) 4 кН.
9. **Определите работу поля по перемещению заряда $2 \cdot 10^{-6}$ Кл из точки с потенциалом 200 В в точку с потенциалом 100 В.**
   A) 0,2 мДж.
   B) 0,2 МДж.
   C) 20 Дж.
   D) 200 Дж.
10. **Определите емкость конденсатора. Известно, что при накоплении заряда 0,6 мкКл разность потенциалов на его обкладках возрастает до 100 В.**
   A) 60 нФ.
   B) 60 пФ.
   C) $6 \cdot 10^{-9}$ Ф.
   D) $6 \cdot 10^{-7}$ Ф.

АРХАН-ПВ баспасы

ГЛАВА V

ПОСТОЯННЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК

Движение заряженных частиц называют *электрическим током*. Законы, которым подчиняются движущиеся заряды в различных средах, в основном были открыты экспериментально. Результаты исследований ученых получило широкое применение во всех отраслях промышленности и в быту.

Изучив главу, вы сможете:

- объяснять возникновение и условия существования электрического тока;
- применять условные обозначения элементов электрической цепи при графическом изображении электрических схем;
- объяснять физический смысл напряжения (разность потенциала), его единицы измерения;
- измерять силу тока и напряжение в электрической цепи;
- строить и объяснять вольт-амперную характеристику для металлического проводника при постоянной температуре;
- применять закон Ома для участка цепи при решении задач;
- объяснять физический смысл сопротивления, его единицы измерения;
- применять формулу удельного сопротивления проводника при решении задач;
- экспериментально получить закономерности последовательного и параллельного соединения проводников;
- рассчитывать электрические цепи, используя закон Ома для участка цепи в последовательном и параллельном соединении проводников;
- применять формулы мощности и работы тока, закон Джоуля-Ленца при решении задач;
- экспериментально определять работу и мощность тока;
- производить практические расчеты стоимости электроэнергии с использованием единицы измерения кВт • час;
- описывать природу электрического тока и зависимость сопротивления от температуры в металлах;
- объяснять причины возникновения и способы предотвращения короткого замыкания;
- объяснять природу электрического тока в жидкостях.

АРМИЯ.ПБ Спасы

§ 22. Электрический ток, источники электрического тока

Ожидаемый результат

Прочитав параграф, вы сможете:

- *объяснить возникновение и условия существования электрического тока;*
- *пояснить принцип действия различных источников тока.*

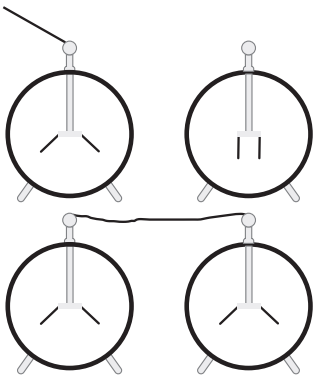


***Рис. 87**. Движение заряженных частиц по проводнику в электрическом поле*

Ответьте на вопрос

Почему работа кулоновских сил внутри источника тока отрицательная, а во внешней части цепи – положительная?

I. Электрический ток. Причина возникновения электрического тока

Зарядим наэлектризованной эбонитовой палочкой металлический шар, прикрепленный к стержню электроскопа. Оголенными концами изолированной проволоки соединим его с шаром другого незаряженного электроскопа. Лепестки двух электроскопов отклонятся на один и тот же угол, следовательно, при соединении электроскопов половина избыточного заряда переходит с первого шара на второй *(рис. 87)*. Причиной направленного движения зарядов по проводнику является электрическое поле, созданное вокруг заряженного шара. Ток прекращается, когда потенциалы шаров становятся одинаковыми. Если размеры шаров одинаковые, то это произойдет в момент, когда заряды на шарах станут равными по величине.

Электрический ток **– это направленное движение заряженных частиц.**

Итак, электрический ток возможен только в том случае, когда в данной среде есть свободные заряды и создано электрическое поле.

II. Источник тока

Для поддержания тока в проводнике необходимо сохранять разность потенциалов на его концах. Такую работу выполняют источники тока.

Источник тока **– это устройство, осуществляющее разделение зарядов и поддерживающее напряжение в электрической цепи.**

Разделение зарядов на полюсах источника тока должно совершаться силами неэлектрического происхождения. Кулоновские силы противодействуют накоплению зарядов на клеммах источника тока, так как одноименные заряды

АРМАТ-ПВ бастасы

полюсами отталкиваются. Действие сторонних и кулоновских сил внутри источника тока схематично изображено на *рисунке 88*. На одном из полюсов источника под действием сторонних сил накапливается положительный заряд, на другом полюсе – отрицательный. Потенциалы поля на полюсах обозначены φ_1 и φ_2. Потенциал полюса с положительным зарядом более высокий, чем у полюса с отрицательным зарядом $\varphi_1 > \varphi_2$.

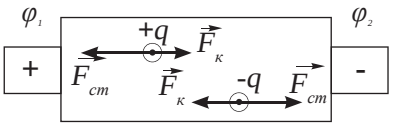


Рис. 88. *Действие сторонних и кулоновских сил на заряды в источнике тока*

Эксперимент в классе

Повторите опыт с разными по размеру шарами на электроскопах. Сравните результаты. Как заряд распределился на шарах?

Материал для дополнительного чтения

Виды источников тока

Работа – это мера превращения одного вида энергии в другой. При разделении зарядов внутри источника совершается работа: сторонние силы перемещают заряды, следовательно, другие виды энергии превращаются в электрическую энергию. В зависимости от вида используемой энергии, конструкция и принцип действия источника могут быть различными. Рассмотрим некоторые из них.

Электрофорная машина *(рис. 89)*. В этом источнике механическая энергия превращается в электрическую энергию в результате электризации трением. Разнородные заряды накапливаются в двух конденсаторах – лейденских банках.

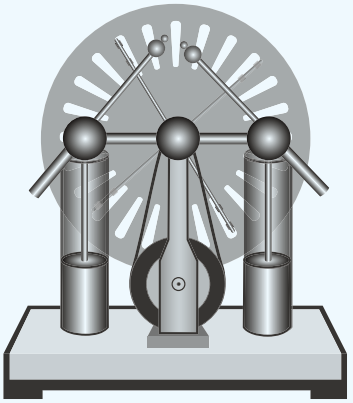


Рис. 89. *Электрофорная машина*

Термопара, или термоэлемент. При нагревании места спаек двух проволок из различного металла в них возникает электрический ток *(рис. 90)*. Внутренняя энергия превращается в электрическую энергию.

Фотоэлемент *(рис. 91)*. Атомы ряда веществ, таких как кремний, селен, под воздействием света теряют электроны, вследствие их перераспределения между слоями вещества создается разность потенциалов. Таким образом, энергия света превращается в электрическую энергию. На этом принципе действуют солнечные батареи.

АРМАН-ПВ баспасы

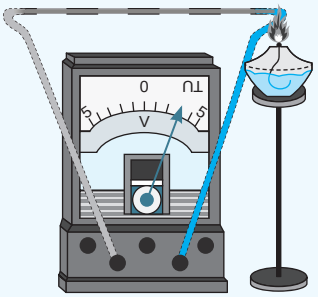


Рис. 90. Термопара

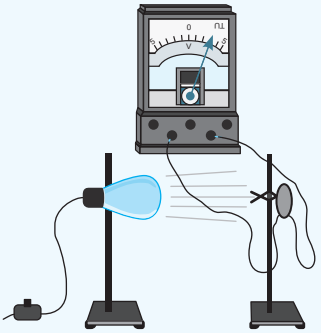


Рис. 91. Фотоэлемент

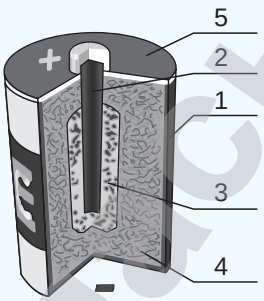


Рис. 92. Гальванический элемент

Гальванический элемент *(рис. 92)*. В устройстве гальванического элемента предусмотрено превращение энергии, выделяющейся в результате химической реакции, в электрическую энергию. Элемент состоит из цинкового сосуда (1), в который вставлен угольный стержень (2). Стержень помещен в полотняный мешочек, наполненный смесью оксида марганца с углем (3). Сосуд заполняется клейстером, приготовленным из муки на растворе нашатыря (4). Цинковый сосуд помещается в картонную оболочку и сверху заливается смолой (5). При взаимодействии нашатыря с цинком от цинка отделяются *положительные ионы – атомы, потерявшие электроны*, цинк становится отрицательно заряженным. В угольном стержне накапливается положительный заряд.

Рис. 93. Аккумулятор

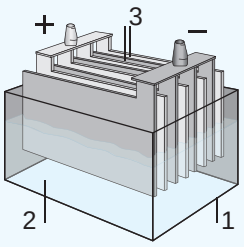


Рис. 94. Аккумуляторная батарея

Аккумуляторы *(рис. 93)*. Аккумуляторная батарея (*рис. 94)* – это емкость (1) с электролитом (2) и металлическими пластинами с положительными или отрицательными зарядами (3). Аккумуляторы такой модели получили широкое применение в автомобилестроении. Для того чтобы аккумулятор стал источником тока, его нужно зарядить. В процессе зарядки один из электродов становится положительным, другой – отрицательным.

Рис. 95. Зарядка современных моделей аккумуляторов

Современные аккумуляторы разнообразны по своему виду и назначению. Они являются источниками тока для всех потребителей постоянного тока. На *рисунке 95* изображены аккумуляторы, способные зарядиться от USB-порт компьютера.

АРХИВ Беларуси

Контрольные вопросы

1. Что называют электрическим током?
2. При каком условии заряженные частицы движутся направленно?
3. Какие виды источников тока вам известны?

Экспериментальное задание

Изготовьте источник тока из лимона, двух толстых цинковой и медной проволок. Можно использовать покрытый цинком гвоздь. Выясните, в чем сходство и различие полученного источника от описанного в параграфе гальванического элемента. Сколько лимонов понадобится, чтобы питать одну лампу на 2,5 В? Как соединить эти самодельные источники?

Творческое задание

Подготовьте сообщение с ppt-презентацией (на выбор):

1. «Нетрадиционные источники электроэнергии».
2. «Аккумуляторы нового поколения».
3. «Производство аккумуляторов в Казахстане».
4. «Область применения различных видов источников тока».

Аккумуляторный завод Талдыкоргана обеспечивает аккумуляторами не только Казахстан, но и страны ближнего зарубежья

АРМ ЭТР базасы

§ 23. Электрическая цепь и ее составные части, сила тока, напряжение

Ожидаемый результат

Прочитав параграф, вы сможете:

- *применять условные обозначения элементов электрической цепи при графическом изображении электрических схем;*
- *изображать в схемах измерительные приборы в соответствии с правилами их подключения;*
- *указывать направление тока.*

Задания

1. Используя таблицу 13, изобразите схему цепи из гальванического элемента, лампы и ключа.
2. Приведите примеры потребителей электрического тока.
3. Какие действия тока (тепловые, магнитные, химические) проявляются в этих потребителях?

I. Электрическая цепь и ее составные части

Электрическую цепь составляют источник тока, потребители электрического тока, соединительные провода и ключ. Электрические цепи изображают в виде схем, в которых каждый прибор обозначается своим условным знаком (таблица 13 в Приложении 2). Электрический ток в цепи возможен только в том случае, если цепь замкнута и состоит только из проводников. Разрыв и диэлектрики в цепи препятствует направленному движению заряженных частиц.

II. Сила тока – величина, характеризующая ток в цепи

Направленное движение заряженных частиц по одной и той же цепи может быть быстрым или медленным. От этого зависит действие тока в цепи. Действия, происходящие в цепи, могут быть *тепловыми*, *химическими*, *магнитными*. Судить об интенсивности действия тока можно по значению силы тока. Чем больший заряд проходит через поперечное сечение проводника, тем сильнее проявляется действие тока.

Сила тока **– это физическая величина, равная отношению заряда *q*, прошедшего через поперечное сечение проводника ко времени его прохождения.**

$$I = \frac{q}{t},$$

где I – сила тока, q – заряд, прошедший через поперечное сечение проводника, t – время прохождения заряда.

III. Единица измерения силы тока

Единица измерения силы тока названа в честь французского ученого **А. Ампера**. Она входит в семь основных единиц «СИ». Ампер ввел единицу измерения силы тока на основе магнитного действия тока двух тонких легких проводников.

АРМАТ-ПРЕСС

1 ампер – это сила электрического тока, при котором через поперечное сечение проводника за 1 секунду проходит заряд, равный 1 кулону.

Для больших и малых значений силы тока используют кратные и дольные приставки: килоамперы, миллиамперы, микроамперы.

Определим связь единиц измерения заряда и силы тока. Выразим из формулы расчета силы тока заряд, получим:

$$q = I \cdot t.$$

Единица измерения заряда связана с единицей измерения силы тока:

$$1 \text{ Кл} = 1 \text{ А} \cdot \text{с}.$$

1 кулон равен электрическому заряду, проходящему через поперечное сечение проводника при силе тока 1 А за промежуток времени, равный 1 с.

Для неподвижных зарядов 1 Кл является большим по значению зарядом он не может удержаться на телах из-за действия кулоновских сил. Для подвижных зарядов, он незначителен. Через лампы осветительной сети одной комнаты такой заряд протекает ежесекундно.

Андре-Мари Ампер (1775–1836) – знаменитый французский физик, член Парижской Академии наук. Имя ученого внесено в список величайших ученых Франции. Его основные физические работы выполнены в области электродинамики. Ампер исследовал связь электрических и магнитных явлений.

Запомните!

1 кА = 1000 А = 10^3 А
1 мА = 0,001 А = 10^{-3}А
1 мкА = 0,000001 А =
= 10^{-6} А

1 Кл = 1 А · с.

IV. Направление электрического тока

Заряды в проводниках могут быть положительными и отрицательными. Условно за направление тока принято направление движения положительных частиц. В металлах движутся электроны, а атомы, потерявшие их, остаются в узлах кристаллической решетки *(рис. 96)*. Независимо от этого направление силы тока в металлах указывают как направление движения положительных частиц *(рис. 97)*.

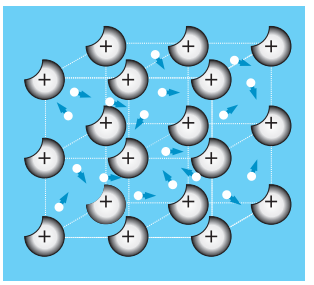


Рис. 96. *Движение свободных электронов в металлах*

V. Измерение силы тока

Для измерения силы тока, в зависимости от ее величины, существуют следующие приборы: гальванометр, микроамперметр, миллиамперметр, амперметр. Познакомимся с правилами подключения этих приборов в цепь. Нулевое значение гальванометра находится по центру

АРМАН-ПВ бастасы

шкалы, предполагается, что стрелка гальванометра может отклоняться как влево, так и вправо *(рис. 98)*. Полюсы гальванометра можно подключать произвольно, направление отклонения стрелки подскажет экспериментатору о направлении тока в цепи. Остальные приборы требуют соблюдения правил подключения.

Соединительный провод от положительного полюса источника должен быть соединен с положительным зажимом амперметра, от отрицательного полюса источника – с отрицательным зажимом амперметра.

Амперметр подключают последовательно с прибором, в котором измеряют силу тока *(рис. 97)*.

Амперметр – это прибор для измерения силы тока в цепи.

На опыте легко убедиться, что в цепи, не имеющей разветвлений, сила тока на всех участках одинакова *(рис. 99)*.

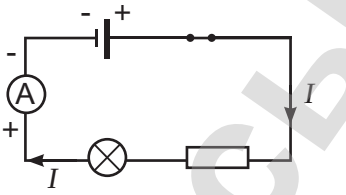


***Рис. 97**. Направление силы тока, подключение в цепь амперметра*

***Рис. 98.** Гальванометр*

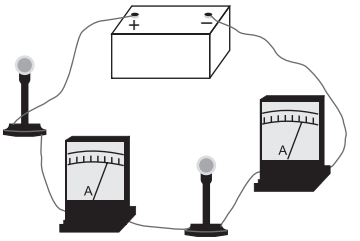


***Рис. 99.** Сила тока на всех участках цепи без разветвлений одинакова*

VI. Напряжение

Направленное движение заряженных частиц создается полем источника тока. Работу электрического поля по перемещению зарядов называют работой тока. Чем больше разность потенциалов между двумя точками цепи, тем большая работа совершается полем по перемещению заряда от одной точки к другой *(рис. 100)*.

$$A = q(\varphi_1 - \varphi_2).$$

Разность потенциалов равна напряжению $U = \varphi_1 - \varphi_2$, следовательно:

$$U = \frac{A}{q}.$$

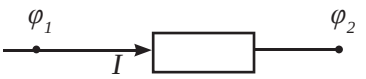


***Рис. 100.** Разность потенциалов на концах проводника с током*

Напряжение участка цепи **– это физическая величина, равная работе тока по перемещению единичного заряда на этом участке.**

АРМАНПВ базасы

Единица измерения напряжения названа в честь итальянского физика А. Вольта.

Разность потенциалов на концах проводника равна 1 вольту, если для перемещения заряда 1 Кл необходимо совершить работу 1 Дж:

$$1\,\text{В} = \frac{1\,\text{Дж}}{1\,\text{Кл}}.$$

В осветительной сети квартир создают напряжение 220 В.

Алессандро Вольта (1745–1827) – итальянский физик, химик и физиолог, один из основоположников учения об электричестве. Вольта впервые поместил пластины из цинка и меди в кислоту, чтобы получить непрерывный электрический ток, создав первый в мире химический источник тока «Вольтов столб».

VII. Измерение напряжения

Напряжение на участках цепи измеряют вольтметром.

Вольтметр **– это прибор для измерения напряжения на участках цепи.**

При подключении вольтметра в цепь необходимо выполнять следующие правила:

Зажимы вольтметра присоединяют к тем точкам цепи, между которыми надо измерить напряжение.

Положительный зажим вольтметра соединяют с проводом, идущим от положительного полюса источника, отрицательный зажим соединяют с проводом, идущим от отрицательного полюса источника (рис. 101).

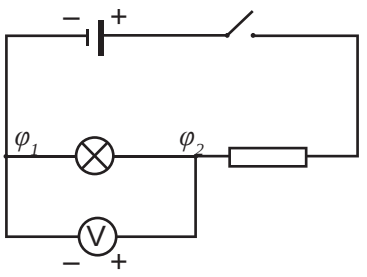


Рис. 101. *Подключение вольтметра к участку цепи*

Интересно знать!

Напряжение разряда электрического ската в воде может достигать 350 В, угрей до 600 В.

Электрический скат

Угорь

АРМАН-ПВ баспасы

Ответьте на вопросы

1. *Почему сила тока в приборах в неразветвленной части цепи одинакова?*
2. *Почему в амперметрах и вольтметрах необходимо учитывать знаки на зажимах?*
3. *Почему у ключа, лампы, резистора знаки на зажимах отсутствуют?*
4. *Почему тепловое движение электронов в проводнике не может быть названо электрическим током?*

Контрольные вопросы

1. Перечислите основные части электрической цепи.
2. Что такое сила тока? В каких единицах ее измеряют?
3. Каким прибором измеряют силу тока, и каковы правила его подключения в цепь?
4. Что такое напряжение? В каких единицах его измеряют? Каким прибором измеряют напряжение? Как его подключают в цепь?

Упражнение 16

1. Используя таблицу 13, изобразите схему цепи, состоящей из последовательно соединенных приборов: гальванического элемента, звонка, лампы, ключа.
2. Что нужно сделать в цепи, чтобы звонок и лампа не включались одновременно? Изобразите ее схему.
3. Определите силу тока в электрической лампочке, если через ее нить накала за 10 минут проходит электрический заряд 300 Кл.
4. Через поперечное сечение проводника за 2 с проходит $12 \cdot 10^{19}$ электронов. Какая сила тока в проводнике?
5. На одном участке цепи при перемещении по нему заряда 100 Кл была совершена такая же работа, как и при перемещении заряда 600 Кл на другом участке. На каком участке напряжение больше и во сколько раз?

Упражнение 16д

1. Изобразите схему, которую можно использовать для вызова медицинской сестры одной сигнальной лампой из разных палат.
2. Рассмотрите устройство карманного фонаря, изобразите схему соединения цепи.

АРМАНПВ баспасы

3. Какой заряд пройдет через радиолампу за 1000 ч эксплуатации, если сила тока в ней равна 50 мА?
4. Определите работу тока по перемещению заряда 2 Кл из точки с потенциалом 600 В в точку с потенциалом 400 В.
5. Какова сила тока в лампочке велосипедного фонарика, если при напряжении 4 В в ней расходуется 0,8 Дж электроэнергии за 1 с?

Экспериментальное задание

Соберите цепь из гальванического элемента, ключа и низковольтной лампы. Из этой цепи можно изготовить карманный фонарь, очки для ночного чтения, модель светофора. Предложите свои идеи, подумайте как оформить ваше изделие. Доведите работу до конца, выбрав понравившуюся идею.

Творческое задание

Подготовьте сообщение по темам (на выбор):

1. «Опыты Л. Гальвани по исследованию биоэлектрических явлений.
2. «Электрофизиология – наука, исследующая электрические явления в животном мире».
3. «Энцефалография и электрокардиография на службе медицины».

АРМАН-ПВ баспасы

§ 24. Закон Ома для участка цепи

Ожидаемый результат

Прочитав параграф, вы сможете:

- *применять закон Ома для участка цепи при решении задач;*
- *читать графики зависимости силы тока от напряжения и сопротивления участка цепи.*

I. Зависимость силы тока на участке цепи от напряжения на его концах

Электрический ток – это упорядоченное движение заряженных частиц под воздействием электрического поля. Чем сильнее действие поля на заряды, тем больше сила тока в цепи и тем больше количество зарядов, прошедших через поперечное сечение проводника. Течение зарядов можно представить как течение воды в реке. Чем больше разность уровней воды, тем больше скорость течения. В озерах поверхность воды расположена на одном уровне, вода в озере не течет. Так же и в электрической цепи, если разность потенциалов на концах участка высокая, то ток сильнее, если на концах участка цепи потенциалы равны, то заряд по этому участку не потечет.

Прямо пропорциональную зависимость силы тока от напряжения можно установить опытным путем. Соберем цепь, схема которой изображена на *рисунке 101*, §23.

В качестве источника тока используем несколько гальванических элементов. Снимем показания амперметра и вольтметра в цепи с одним подключенным гальваническим элементом. Затем в цепи с последовательно подключенными двумя элементами. Значения напряжения и силы тока возрастают вдвое. Подключение третьего элемента приводит к увеличению измеряемых величин втрое.

Во сколько раз увеличивается напряжение, приложенное к одному и тому же проводнику, во столько же раз увеличивается сила тока в проводнике:

$$I = kU,$$

где k – коэффициент пропорциональности.

Графиком этой зависимости является прямая проходящая через начало координат. Эту зависимость принято называть *вольт-амперной характеристикой (рис. 102)*.

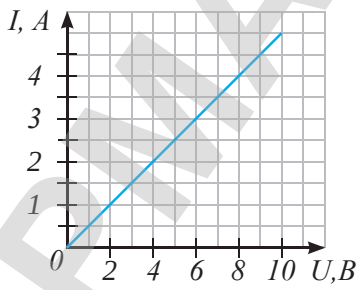


Рис. 102. *Вольт-амперная характеристика для участка цепи*

II. Физический смысл коэффициента пропорциональности

Проведем опыт. Соберем цепь, в которой источник тока останется неизменным. Включая в цепь различные проводники, можно убедиться в том, что сила тока при неизменном напряжении разная для разных проводников *(рис. 103)*.

АРХИВ ГГТУ базы

Следовательно, сила тока в цепи зависит не только от напряжения, но и от свойств проводника. Коэффициент k определяет способность проводника проводить электрический ток, его называют *проводимостью проводника.*

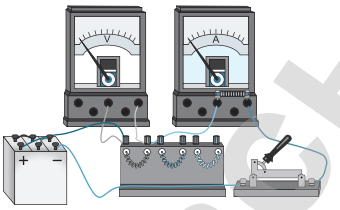


Рис. 103. *Цепь с подключением различных проводников*

III. Закон Ома

Немецкий физик Г. Ом ввел величину, обратную коэффициенту пропорциональности, и назвал ее *сопротивлением проводника.*

На опытах им было установлено, что при постоянном напряжении сила тока зависит от сопротивления обратно пропорционально. Графиком обратно пропорциональной зависимости является гипербола *(рис. 104)*.

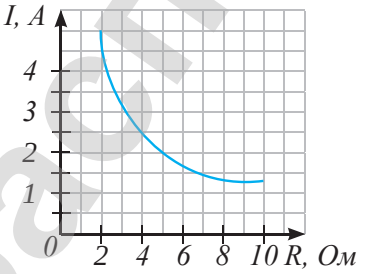


Рис. 104. *Зависимость силы тока от сопротивления проводника обратно пропорциональная*

Обобщив опыты, Ом сформулировал закон для участка электрической цепи:

$$I = \frac{U}{R}.$$

Сила тока на участке цепи прямо пропорциональна напряжению на концах этого участка и обратно пропорциональна его сопротивлению.

IV. Единица измерения сопротивления

В честь Г. Ома, открывшего закон, единицу измерения сопротивления назвали Ом.

1 Ом – это сопротивление такого проводника, по которому течет ток, равный 1 А, если на концах его поддерживать напряжение, равное 1 В.

Для записи больших и малых значений сопротивления применяют кратные и дольные приставки: мегаомы, килоомы, миллиомы.

1 МОм = 1 000 000 Ом = 10^6 Ом

1 кОм = 1000 Ом = 10^3 Ом

1 мОм = 0,001 Ом = 10^{-3} Ом

Георг Симон Ом (1787–1854) – знаменитый немецкий физик. Наиболее известные работы Ома касались вопросов о прохождении электрического тока в цепи, связи силы тока с напряжением и сопротивлением. Открытие Ома, давшее впервые возможность количественно рассмотреть явления электрического тока, имело огромное значение для науки.

АРМАН-ПВ баспасы

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

Радиоприемник питается от сети током 50 мА. За два часа работы он потребил 7,2 кДж электроэнергии. Определите напряжение в сети и число заряженных частиц, прошедших через радиоприемник.

Дано:	**СИ**	**Решение:**
$I = 50$ мА	$50 \cdot 10^{-3}$ А	Напряжение участка цепи определяется работой по перемещению единичного заряда:
$t = 2$ ч	7200 с	$U = \frac{A}{q}$. (1)
A = 7,2 кДж	7200 Дж	Заряд, прошедший по проводнику, равен: $q = It$. (2)
U – ?		Подставив выражение (2) в выражение (1), получим формулу для расчета напряжения: $U = \frac{A}{It}$.
n – ?		Вычислим значение напряжения: $U = \frac{7200\ \text{Дж}}{50 \cdot 10^{-3}\ \text{А} \cdot 7200\ \text{с}} = \frac{1000}{50}\ \text{В}$.
		Носители зарядов в металлах – электроны. Сравним общий заряд с зарядом одного электрона: $n = \frac{q}{\lvert e \rvert} = \frac{It}{\lvert e \rvert}$.
		$n = \frac{50 \cdot 10^{-3}\ \text{А} \cdot 7200\ \text{с}}{1,6 \cdot 10^{-19}\ \text{Кл}} = 2,25 \cdot 10^{21}$.
		Ответ: $U = 20$ В; $n = 2,25 \cdot 10^{21}$.

Ответьте на вопрос

Почему при увеличении напряжения на проводнике сила тока увеличивается во столько же раз?

АРМАН-ПВ баспасы

Запомните!

Напряжение, опасное для жизни человека: в сухом помещении – 42 В; во влажном – 12 В.
Опасное значение силы тока – свыше 0,05 А.
Сопротивление тела человека составляет около 1 кОм.

Контрольные вопросы

1. Как зависит сила тока в проводнике от напряжения на его концах?
2. Какой вид имеет график зависимости силы тока от напряжения?
3. Как сила тока зависит от сопротивления проводника?
4. В каких единицах измеряют сопротивление?
5. Сформулируйте закон Ома.

Упражнение 17

1. По графику зависимости силы тока от напряжения *(рис. 102)* определите сопротивление проводника.
2. Определите напряжение на концах проводника сопротивлением 30 Ом, по которому течет ток с силой 0,6 А.
3. За какой промежуток времени по проводнику сопротивлением 6 Ом пройдет заряд 25 Кл, если на концы проводника подано напряжение 12 В.

Упражнение 17д

1. По графику зависимости силы тока от сопротивления *(рис. 104)* определите значение напряжения на концах проводника.
2. Определите силу тока в реостате сопротивлением 600 Ом, к концам которого приложено напряжение 12 В.
3. Какой заряд пройдет по проводнику сопротивлением 30 Ом за 1 минуту под напряжением 36 В?

АРМАНТ-ПВ базасы

Экспериментальное задание

1. По параметрам, написанным на цоколе лампочки от карманного фонарика, определите номинальное сопротивление лампочки.
2. Изготовьте игру «Электровикторина». Действие игры основано на том, что провод или металлическая фольга, соединяющая вопрос с ответом, замыкает цепь, в которую устанавливается индикатор. Индикатором может быть лампочка *(рис. 105)*.

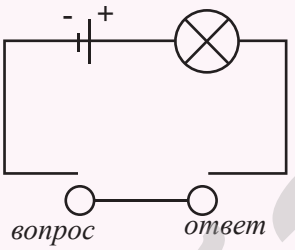


Рис. 105. *Электрическая схема цепи в игре «Электровикторина»*

Творческое задание

Подготовьте сообщение по темам (на выбор):

1. «Действие тока на организм человека».
2. «Электрические рыбы».
3. «Все о молниях».

Интересно знать!

Самое высокое напряжение в природе: во время грозы напряжение между облаками может достигать 100 млн вольт.

Самое высокое напряжение, полученное в лабораторных условиях, было зафиксировано в корпорации «National electrostatics» (США, 1979 г), оно составило около 32 млн вольт.

АРМАН-ПВ баспасы

§ 25. Электрическое сопротивление проводника, удельное сопротивление проводника, реостат

Ожидаемый результат

Прочитав параграф, вы сможете:

- *объяснять физический смысл сопротивления,*
- *применять формулу удельного сопротивления проводника при решении задач;*
- *использовать различные единицы измерения удельного сопротивления, устанавливать между ними связь.*

I. Причина возникновения сопротивления проводников

В металлах ток представляет собой направленное движение электронов. В узлах кристаллической решетки расположены положительные ионы. Они совершают колебательное движение и не принимают участия в направленном движении. Столкновения электронов с ионами кристаллической решетки затрудняют перемещение заряженных частиц по проводнику. Разные вещества имеют разные по структуре кристаллические решетки. Таким образом, сопротивления проводников из различных веществ отличаются.

Ответьте на вопросы

1. *Почему сопротивления различных проводников отличаются?*
2. *Почему увеличение длины проволоки приводит к увеличению сопротивления, а увеличение толщины – к уменьшению?*

II. Зависимость сопротивления проводника от его размеров

Знание о причине возникновения сопротивления проводника позволяет предположить, что чем длиннее проводник и тоньше, тем больше его сопротивление. Это предположение можно проверить, используя закон Ома для участка цепи:

$$I = \frac{U}{R}.$$

Подключим в цепь источника тока провод с подвижным контактом, амперметр, ключ. Передвигая подвижный контакт, можно изменить длину провода, подключенного в цепь.

Опыт показывает, что увеличение длины провода в два раза приводит к уменьшению силы тока в цепи в два раза. При увеличении длины провода в три раза сила тока уменьшится в три раза *(рис. 106)*. Следовательно, сопротивление в первом случае возрастает в два раза, во втором случае – в три раза.

Сопротивление проводника прямо пропорционально зависит от его длины.

Подключим провод из того же материала, но другой толщины. При равенстве длины провода

Эксперимент в классе

Соберите установку, изображенную на *рисунке 106*. Исследуйте зависимость сопротивления проводника от длины, толщины и вида металла.

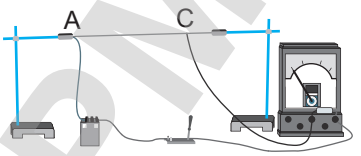


Рис. 106. *Сила тока в цепи уменьшается, если длина проводника увеличивается*

АРМАН-ПВ базисы

можно убедиться в том, что увеличение площади поперечного сечения в два раза приведет к увеличению тока в цепи в два раза. Следовательно, сопротивление проводника уменьшается в два раза.

Сопротивление проводника обратно пропорционально зависит от его площади поперечного сечения.

III. Удельное сопротивление проводника

При исследовании связи сопротивления металлического проводника с особенностями строения кристаллической решетки была введена физическая величина – *удельное сопротивление проводника.*

Удельное сопротивление **– это сопротивление проводника длиной 1 м, площадью поперечного сечения 1 м².**

Удельное сопротивление обозначают буквой ρ (ро) греческого алфавита. Значения удельного сопротивления для различных веществ определены экспериментально и сведены в таблицу (таблица 14 Приложения 2).

IV. Расчет сопротивления проводника

На основании предположений и опытных данных получена формула расчета сопротивления проводника:

$$R = \rho \frac{l}{S}.$$

Эту зависимость впервые получил опытным путем **Г. Ом**, исследуя свойства различных проводников.

Сопротивление проводника прямо пропорционально его длине, обратно пропорционально площади поперечного сечения и зависит от удельного сопротивления вещества, из которого он изготовлен.

V. Единица измерения удельного сопротивления

Из формулы расчета сопротивления проводника запишем:

$$\rho = \frac{RS}{l}.$$

Следовательно, в «СИ» единицей измерения удельного сопротивления является:

$$[\rho] = \frac{1\,\text{Ом} \cdot 1\,\text{м}^2}{1\,\text{м}} = 1\,\text{Ом} \cdot \text{м}.$$

Ответьте на вопрос

Почему для плавного изменения силы тока в цепи используют ползунковый реостат?

АРМАТ-ПР баспасы

Поскольку толщина проволоки составляет, как правило, несколько миллиметров, удобнее использовать внесистемную единицу: $[\rho] = \frac{1\,\text{Ом} \cdot 1\,\text{мм}^2}{1\,\text{м}}$.

Найдем связь единиц измерения:

$$1\,\text{Ом} \cdot \text{м} = 1\frac{\text{Ом} \cdot \text{м}^2}{\text{м}} = 1\frac{\text{Ом} \cdot 10^6\,\text{мм}^2}{\text{м}} = 10^6\,\frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}.$$

VI. Реостат и резистор

Изменяя длину включенного в цепь участка проволоки, можно изменить сопротивление цепи, следовательно, и силу тока в ней. Для изменения силы тока в цепи используют реостат. Он представляет собой провод большого сопротивления с подвижным и неподвижным контактами.

Реостат **– прибор для регулирования силы тока в цепи.**

Для уменьшения габаритов прибора проволоку плотно наматывают на керамический цилиндр *(рис. 107)*. Витки изолированы друг от друга слоем окалины, покрывающим проволоку. Над обмоткой расположен стержень с подвижным контактом-ползуном. Слой окалины с проволоки снимается в результате трения контактов ползуна о витки обмотки. Электрический ток от витков проволоки через контакты ползунка течет в стержень.

Проволоку, длина которой не меняется, принято называть *резистором (рис. 108)*. Другое название резистора – сопротивление. По сути, это просто игра слов, так как в переводе с английского «resistance» означает «сопротивление». Резистор служит для ограничения тока в электрической цепи, создания падений напряжения на отдельных его участках.

Ответьте на вопрос

Почему единица измерения удельного сопротивления $1\,\frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$ *более удобная в сравнении с единицей измерения 1 Ом · м?*

Запомните!

$$1\,\text{Ом} \cdot \text{м} = 10^6\,\frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}.$$

Рис. 107. *Реостат лабораторный*

Рис. 108. *Резистор лабораторный*

АРМАН-ПВ Согласовано

В электротехнике и радиотехнике используются как постоянные, так и переменные резисторы *(рис. 109, 110)*.

На схеме постоянный резистор обозначают прямоугольником с двумя выводами, переменный – с тремя выводами.

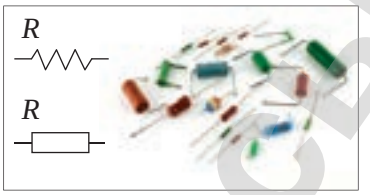


Рис. 109. *Постоянные резисторы*

Задание

По *рис.110* поясните устройство и принцип действия переменного резистора.

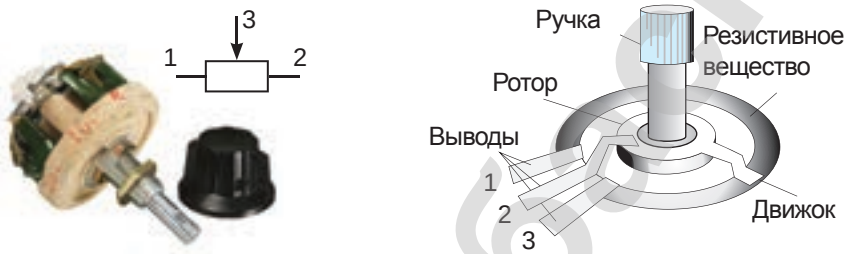


Рис. 110. *Переменный проволочный резистор*

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

Определите падение напряжения на алюминиевом проводе длиной 1000 м и площадью поперечного сечения 1 мм^2, если сила тока в нем 2 А. Удельное сопротивление алюминия 2,8 · 10^{-8} Ом · м.

Дано:	**СИ**	**Решение:**
$l = 1000$ м		На основании закона Ома: $U = IR$, (1)
$S = 1$ мм^2	10^{-6} м^2	
$I = 2$ А		сопротивление проводника зависит от его размеров: $R = \rho \frac{l}{S}$. (2)
$\rho = 2{,}8 \cdot 10^{-8}$ Ом · м		
$U - ?$		Подставим формулу (2) в формулу (1): $U = I\rho \frac{l}{S}$.
		Вычислим напряжение: $U = \frac{2\text{А} \cdot 2{,}8 \cdot 10^{-8}\text{Ом} \cdot \text{м} \cdot 1000\text{ м}}{10^{-6}\text{м}} = 56\text{ В}.$
		Ответ: $U = 56$ В.

АРМАН-ПВ 6 класс

Контрольные вопросы

1. Как сопротивление проводника зависит от его длины и площади поперечного сечения?
2. Для чего служит реостат в цепи?
3. Что называют удельным сопротивлением проводника? В каких единицах его измеряют?

Упражнение 18

1. Определите сопротивление и массу медного провода сечением 0,03 мм^2 и длиной 200 м.
2. Определите напряжение на концах медного проводника с поперечным сечением 3,5 мм^2, длиной 14 м, если сила тока на участке равна 2,25 А.

Упражнение 18д

1. Каким должен быть диаметр медного провода длиной 10 м, если его сопротивление не должно превышать 1 Ом?
2. Определите удельное сопротивление сплава, из которого изготовлена проволока с поперечным сечением 0,5 мм^2 и длиной 4 м. При напряжении 9,6 В по проволоке течет ток силой 2 А.

Экспериментальное задание

Определите с помощью гальванического элемента, амперметра, вольтметра и мотка медной проволоки известного сечения площадь комнаты.

Творческое задание

Подготовьте сообщение с ppt-презентацией на тему:
«Виды постоянных и переменных резисторов».

АРМАН-ТВ баспасы

§ 26. Последовательное и параллельное соединение проводников

Ожидаемый результат

Прочитав параграф, вы сможете:

- *рассчитывать электрические цепи, используя закон Ома для участка цепи в последовательном и параллельном соединении проводников.*

Потребители электроэнергии подключают в цепь по-разному. Соединение проводников может быть *последовательным и параллельным*. Сочетание двух видов соединения в одной цепи называют *смешанным соединением*.

I. Последовательное соединение

При последовательном соединении к концу первого проводника соединяют начало второго, к концу второго – начало третьего и так далее *(рис. 111)*. Ярким примером последовательного соединения проводников является елочная гирлянда старого производства. Последовательное соединение потребителей электрической энергии не получило широкого применения, поскольку при выходе из строя одного из приборов прекращает работать вся цепь.

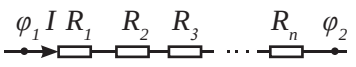


Рис. 111. *Последовательное соединение проводников*

II. Сила тока, напряжение и сопротивление последовательно соединенных проводников

При последовательном соединении в цепи нет разветвлений. Количество зарядов, проходящих через поперечное сечение проводника в единицу времени в любой части цепи, должно быть одинаковым:

$$I = I_1 = I_2 = \ldots = I_n,$$

где n – число проводников, включенных последовательно в цепь.

Эксперимент в классе

Убедитесь в выполнении законов последовательного соединения. Соберите цепь из источника тока, ключа, двух соединенных последовательно резистров и амперметра. Измерение напряжений на резисторах и общего напряжения проведите тремя вольтметрами *(рис. 112)*.

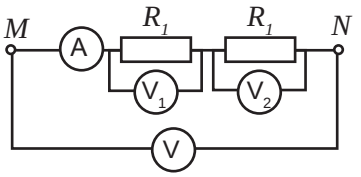


Рис. 112. *Измерение напряжения на последовательно соединенных проводниках*

АРМАН-ПВ баспасы

Вернемся к аналогии электрического тока с течением воды в реке. Разность уровней воды в истоке и устье реки складывается из разности уровней на отдельных участках реки. Разность потенциалов на всех проводниках, соединенных последовательно, определяется суммой разности потенциалов на концах отдельно взятых проводников. Учитывая, что разность потенциалов – это напряжение на концах проводника, запишем:

$$U = U_1 + U_2 + \ldots + U_n.$$

На основании закона Ома, заменим напряжение произведением силы тока на сопротивление участка цепи:

$$IR = IR_1 + IR_2 + \ldots IR_n.$$

Сократим полученное выражение на значение силы тока, получим:

$$R = R_1 + R_2 + \ldots + R_n.$$

При последовательном соединении проводников напряжение распределяется прямо пропорционально их сопротивлениям. Чем больше сопротивление проводника, тем больше напряжение на его концах:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}.$$

Задание

Докажите, что общее сопротивление одинаковых проводников равно: $R = R_1 \cdot n$, где R – общее сопротивление проводников, R_1 – сопротивление одного проводника, n – число проводников.

III. Параллельное соединение проводников

При параллельном соединении проводников в один узел соединяют начала проводников, в другой – концы проводников *(рис. 113)*.

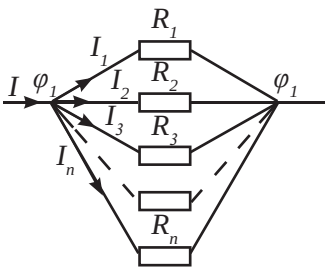


Рис. 113. *Параллельное соединение проводников*

Эксперимент в классе

Убедитесь в выполнении законов параллельного соединения. Соберите цепь из источника тока, ключа, соединенных параллельно двух резистров и вольтметра. Измерение силы тока в ветвях и неразветвленной части цепи проведите тремя амперметрами *(рис.114)*.

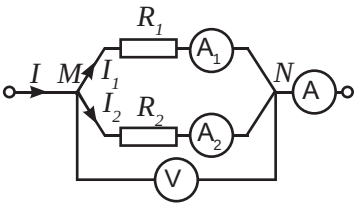


Рис. 114. *Измерение силы тока на параллельно соединенных проводниках*

АРМАНТЛВ базасы

Узел в цепи – это соединение трех и более проводников. При таком соединении все проводники работают независимо друг от друга. Выход из строя одного из проводника приведет только к изменению силы тока в оставшихся проводниках.

IV. Сила тока, напряжение и сопротивление параллельно соединенных проводников

Все проводники, соединенные параллельно, подключены к двум узлам. Разность потенциалов для них будет иметь одно и то же значение $U = \varphi_1 - \varphi_2$, или

$$U = U = U = \ldots = U_n = \varphi_1 - \varphi_2.$$

Сила тока в неразветвленной части цепи равна сумме сил токов в каждом проводнике разветвленного участка:

$$I = I_1 + I_2 + \ldots + I_n.$$

Запишем последнее уравнение, используя закон Ома для участка цепи:

$$\frac{U}{R} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \ldots + \frac{U}{R_n}.$$

Сократим на значение напряжения, получим связь общего сопротивления с сопротивлением параллельно соединенных проводов:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \ldots + \frac{1}{R_n}.$$

Сила тока по проводникам разветвленной части цепи распределяется обратно пропорционально сопротивлениям проводников.

Это соотношение легко получить на основании закона Ома и равенства напряжений на всех проводниках, соединенных параллельно:

$$U_1 = U_2,$$

$$I_1 R_1 = I_2 R_2.$$

Задания

1. Используя формулу расчета общего сопротивления, докажите, что общее сопротивление одинаковых резисторов, соединенных параллельно, равно:

$$R = \frac{R_1}{n}.$$

2. Составьте сравнительную таблицу величин, характеризующих соединения проводников.

АРМАНТВ басасы

Следовательно:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}.$$

Чем больше сопротивление разветвленной цепи, тем меньше в ней сила тока.

V. Определение сопротивления двух проводников, соединенных параллельно

Для определения сопротивления двух проводников ограничимся двумя слагаемыми полученной выше формулы:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}.$$

Запишем общий знаменатель, определим дополнительные множители, в результате получим:

$$\frac{1}{R} = \frac{R_2 + R_1}{R_1 R_2}.$$

Для получения расчетной формулы обе дроби перевернем:

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_2 + R_1}.$$

Число слагаемых в исходной формуле, определяется количеством проводников, соединенных в цепь.

VI. Расчет смешанных соединений проводников

Расчет смешанного соединения проводников, нужно начинать с той части цепи, замена которой на общее сопротивление данного участка, позволит перейти к одному из видов соединений: последовательному или параллельному *(рис. 115, 116)*.

Задание

Определите общее сопротивление проводников, изображенных на *рис. 115*, *116*, приняв значение каждого сопротивления равным 1 Ом.

Ответьте на вопросы

1. *Почему общее сопротивление проводников при параллельном соединении всегда меньше наименьшего сопротивления?*
2. *Почему в промышленности и в быту широкое применение получило параллельное соединение проводников?*

АРМАН-ПВ баспасы

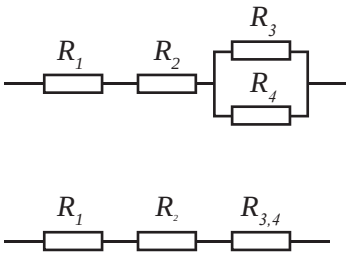


Рис. 115. *Смешанное соединение, эквивалентное последовательному соединению*

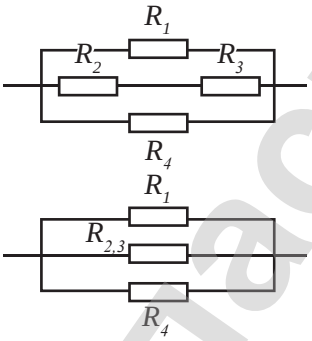


Рис. 116. *Смешанное соединение, эквивалентное параллельному соединению*

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

Цепь зажигания автомобиля с сопротивлением 6 Ом и цепь освещения 1,5 Ом параллельно подключены к генератору. Какой ток потребляет освещение, если ток в цепи зажигания 2 А?

Дано:
$R_1 = 6$ Ом
$R_2 = 1{,}5$ Ом
$I_1 = 2$ А

$I_2 - ?$

Решение:
При параллельном соединении разность потенциалов на концах цепей одинакова: $U_1 = U_2$.

На основании закона Ома: $U_1 = I_1 R_1$, $U_2 = I_2 R_2$.

Следовательно:

$$I_1 R_1 = I_2 R_2, \quad I_2 = \frac{I_1 R_1}{R_2}. \quad I_2 = \frac{2\,\text{А} \cdot 6\,\text{Ом}}{1{,}5\,\text{Ом}} = 8\,\text{А}.$$

Ответ: $I_2 = 8$ А.

Контрольные вопросы

1. Какое соединение называют последовательным?
2. Как определяют силу тока, напряжение и сопротивление последовательной цепи?
3. Какое соединение называют параллельным?
4. Как определяют силу тока, напряжение и сопротивление параллельной цепи?
5. Какое соединение называют смешанным?

АРМАНТ ПВ басласы

Упражнение 19

1. В электрическую сеть напряжением 120 В включены последовательно три резистора, сопротивления которых равны 12 Ом, 9 Ом и 3 Ом. Вычислите силу тока в цепи и напряжение на каждом резисторе.
2. Вычислите общее сопротивление цепи, состоящей из трех параллельно соединенных резисторов, сопротивлением 540 Ом, 270 Ом и 135 Ом.
3. Кусок проволоки сопротивлением 80 Ом разрезали на четыре равные части и полученные части соединили параллельно. Определите сопротивление этого соединения.
4. Четыре резистора соединены параллельно, их сопротивления равны 1 Ом, 2 Ом, 3 Ом и 4 Ом. Какова сила тока в каждом резисторе, если в общей части цепи течет ток силой 50 А? Каково напряжение на каждом резисторе?

Упражнение 19 д

1. В сеть последовательно подключены электрическая лампа и резистор. Сопротивление нити накала лампы равно 14 Ом, резистора 480 Ом. Каково напряжение на резисторе, если напряжение на лампочке равно 3,5 В?
2. Два проводника сопротивлением 5 Ом и 10 Ом присоединены к источнику тока напряжением 20 В. Начертите схему соединения проводников. Определите силу тока, в каждом проводнике и общую силу тока в цепи.
3. Четыре лампы сопротивлением 4 Ом, 5 Ом, 10 Ом, и 20 Ом соединены параллельно. Определите напряжение на каждой лампе и силу тока в каждой из них, если в первой течет ток силой 2,5 А. Какова сила тока в неразветвленной части цепи?

АРМАНТВ бастағы

§ 27. Работа и мощность электрического тока

Ожидаемый результат

Прочитав параграф, вы сможете:

- *применять формулы мощности и работы тока в решении задач,*
- *определять показания счетчика и рассчитывать стоимость электроэнергии.*

I. Работа тока и ее измерение

Работа кулоновских сил по перемещению заряда по внешней части цепи названа работой тока. Она определяется по формуле:

$$A = qU\ .$$

Выразим заряд через силу тока и время его прохождения через поперечное сечение проводника:

$$q = It,$$

тогда $A = IUt$.

Работа электрического тока на участке цепи равна произведению напряжения на концах этого участка, силы тока и времени, в течение которого совершалась эта работа.

Из полученной формулы для расчета работы следует, что для определения работы тока нужны три измерительных прибора: амперметр, вольтметр и часы.

В быту и промышленности для учета потребленной электроэнергии используют электрический счетчик *(рис. 117)*. Работа тока показывает числовое значение электрической энергии, превращенной в другие виды энергии.

Ответьте на вопрос

Какие измерительные приборы необходимы для определения работы тока?

Рис. 117. *Электрический счетчик производства «Талдыкорганского завода электрических приборов»*

Единицы измерения работы

В Международной системе единиц работу измеряют в джоулях, силу тока – в амперах, напряжение – в вольтах, время – в секундах. Связь этих единиц на основе полученной формулы следующая:

$$1\ Дж = 1\ А \cdot 1\ В \cdot 1\ с.$$

Запомните!

1 кВт · ч = 3 600 000 Дж
1 кВт · ч = 3,6 · 10^6 Дж

Работа тока, равная *1 Дж,* незначительная. В практике широкое применение получила внесистемная единица измерения *1 кВт · ч.*

Определим связь единиц:

$$1\ кВт \cdot ч = 1000\ Вт \cdot 3600\ с = 3\ 600\ 000\ Дж = 3{,}6 \cdot 10^6\ Дж$$

АРМАН-ПВ басылы

II. Мощность тока и ее измерение

Интенсивность действия тока в цепи зависит от мощности тока.

Мощность – физическая величина, равная работе тока, совершенной в цепи за единицу времени:

$$P = \frac{A}{t},$$

где P – мощность тока. Заменим работу тока произведением напряжения, силы тока и времени прохождения тока в цепи:

$$P = UI\ .$$

Рассчитать мощность тока в цепи можно, используя два прибора – вольтметр и амперметр. Создан прибор, непосредственно определяющий мощность тока, – это ваттметр *(рис. 118)*.

Рис. 118. *Ваттметр*

Единицы измерения мощности

За единицу измерения мощности принят ватт.

1 ватт – это мощность, при которой за 1 секунду времени совершается работа в 1 джоуль.

$$1\ Вт = 1\frac{Дж}{с}.$$

1 ватт равен произведению 1 вольта на 1 ампер.

$$1\ \text{Вт} = 1\ \text{В} \cdot 1\ \text{А}.$$

На практике используют единицы измерения с кратными приставками:

$$1\ \text{кВт} = 1000\ \text{Вт} = 10^3\ \text{Вт}.$$

$$1\ \text{МВт} = 1000000\ \text{Вт} = 10^6\ \text{Вт}.$$

Эксперимент в классе

Соберите цепь, схема которой изображена на *рисунке 119*. Определите мощность тока в лампе при различных значениях тока в цепи. Сравните полученные значения с номинальной мощностью лампы. При каком значении мощности тока действие тока в цепи наиболее интенсивное?

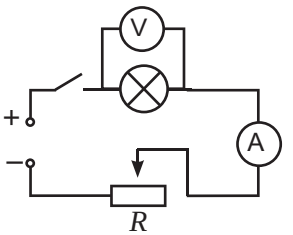


Рис. 119. *Определение мощности лампы*

III. Связь мощности тока с действием тока в цепи

Сравнение мощности тока с номинальной мощностью электрического прибора позволяет определить, насколько сильно нагружен в цепи прибор. Если мощность тока меньше номинального, то действие тока не достаточно интенсивно или совсем не проявляется. Подключение мощного прибора к слабому источнику тока не вызывает в нем никаких действий. Приборы, рассчитанные

АРМАНТР бастасы

на малую мощность работы тока, при подключении к источникам, создающим сильное поле, сгорают.

IV. Стоимость электроэнергии

Количество использованной электроэнергии определяют по разности показаний электрического счетчика, снятых в определенные дни каждого месяца. Стоимость электроэнергии зависит от установленного тарифа за 1 кВт · ч, ее определяют по формуле:

$$Cm = A \cdot T,$$

где Cm – стоимость электроэнергии,

A – работа тока.

T – установленный тариф, стоимость 1 кВт · ч энергии.

Тариф может отличаться в различных регионах страны. В ряде стран он зависит от времени суток и от количества потребленной энергии на человека.

Задания

1. По показаниям счетчика *(рис. 120)* определите количество энергии, израсходованной за месяц.

Рис. 120. *Показания счетчика электроэнергии с интервалом времени 1 месяц*

2. Рассчитайте стоимость по действующему в вашем регионе тарифу для одного человека. Как изменится оплата за электроэнергию, если в квартире проживает семья из трех человек?

Контрольные вопросы

1. Как работа тока связана с силой тока в цепи? Как ее можно измерить?
2. Какая единица измерения работы получила широкое применение в быту и промышленности?
3. Что такое мощность тока? Как она связана с основными характеристиками цепи: силой тока и напряжением?
4. Какими приборами можно измерить мощность тока?

АРМАНТВ баспасы

Упражнение 20

1. Лампочка включена в сеть напряжением 110 В. Какое количество электричества прошло через нить накала лампочки, если работа тока равна 220 Дж.
2. Сравните мощность тока в двух проводниках сопротивлением 50 Ом и 10 Ом, если они соединены: а) параллельно; б) последовательно. Напряжение на концах участков цепи одинаково.

Упражнение 20д

1. Мощность, потребляемая из сети электрокамином, равна 0,98 кВт, а сила тока в его цепи 7,7 А. Определите величину напряжения на зажимах электрокамина.
2. Какое дополнительное сопротивление необходимо присоединить к лампе, рассчитанной на напряжение 127 В, чтобы включить ее в сеть с напряжением 220 В? Лампа потребляет мощность 50 Вт.

Экспериментальное задание

1. По паспортным данным определите мощность электрического чайника. Налейте в него воду известного объема. Измерьте начальную температуру воды и зафиксируйте время подключения чайника в сеть. Доведите воду до кипения, определите время ее нагревания. Рассчитайте количество теплоты, полученной водой и работу электрического тока. Определите КПД электрического нагревателя.
2. Определите стоимость электроэнергии, потребленной вашей семьей за последний месяц.

Тарифы за электроэнергию в 2018 г, $\frac{тенге}{кВт \cdot ч}$

Город	1-й уровень	2-й уровень	3-й уровень
Костанай	17,60	21,95	27,44
Алматы	16,65	21,99	27,48
Талдыкорган	16,45	19,86	24,82
Кокшетау	15,46	19,33	24,16
Тараз	14,41	17,94	22,43
Шымкент	14,49	18,88	23,61

АРМАН-ПВ спасы

Тарифы за электроэнергию в 2018 г, $\frac{тенге}{кВт \cdot ч}$			
Город	**1-й уровень**	**2-й уровень**	**3-й уровень**
Петропавловск	12,09	16,30	20,37
Уральск	10,46	13,23	16,53
Павлодар	10,69	13,72	17,15
Астана	9,61	15,59	19,49
Актобе	9,79	12,42	15,52
Караганда	10,12	13,37	16,72
Усть-Каменогорск	10,19	13,97	17,46
Атырау	5,67	7,13	8,93
Актау	19,42	–	–

Запомните!

В Казахстане оплата за электроэнергию практически производится по тарифам трех уровней. По 1-му уровню оплачивают из нормы 100 кВт · ч в месяц на 1 человека. По 2-му уровню от 100 до 190 кВт · ч. По 3-му уровню свыше 190 кВт · ч. Тарифы по уровням и по регионам на 2018 год представлены в таблице.

Тариф за электроэнергию в 2018 г. в Алматинской области, поставщик ТОО «Жетысу Энерготрейд»

Критерии	**Норма потребления по уровням лимита, кВт · ч на 1 человека**		**Тариф за 1 кВт · ч**
Жители, не использующие электрические плиты	1-й уровень	70	16,45
	2-й уровень	от 70 до 130	19,86
	3-й уровень	свыше 130	24,82
Жители, использующие электрические плиты	1-й уровень	80	16,48
	2-й уровень	от 80 до 150	19,86
	3-й уровень	свыше 150	24,82

Ответьте на вопросы

1. *Почему тариф за электроэнергию в различных регионах одной страны отличается?*
2. *Почему введен трехуровневый тариф?*
3. *Почему тарифы могут быть изменены?*

АРМАН-ПВ баспасы

§ 28. Тепловое действие электрического тока, закон Джоуля – Ленца

Ожидаемый результат

Прочитав параграф, вы сможете:

- *применять закон Джоуля – Ленца при решении задач.*

Ленц Эмилий Христианович (1804–1865), русский физик и электротехник, академик Петербургской АН. В 1833 г. установил правило для определения направления индуцированных токов. В 1842 г. точными экспериментами обосновал закон теплового действия электрического тока. Автор работ по установлению зависимости сопротивления металлов от температуры, по обоснованию закона Ома.

I. Тепловое действие электрического тока. Закон Джоуля – Ленца

При прохождении тока в цепи, проводники нагреваются. Это происходит из-за столкновения заряженных частиц с ионами кристаллической решетки. Часть своей энергии в виде тепловой электроны передают ионам.

Если проводник неподвижен, то в нем вся электрическая энергия превращается в тепловую энергию. Нагретый проводник передает полученную энергию окружающим телам. Количество теплоты, выделяемое проводником, в этом случае определяется работой тока:

$$Q = A$$

или

$$Q = UIt\,.$$

Заменим напряжение, используя закон Ома $U = IR$, получим:

$$Q = I^2Rt\,.$$

Количество теплоты, выделяемое проводником с током, равно произведению квадрата силы тока, сопротивления проводника и времени.

Такой результат экспериментальным путем получили независимо друг от друга английский ученый **Д. Джоуль** и русский ученый **Э. Ленц**. Полученное выражение принято называть *законом Джоуля – Ленца.*

Если проводник в результате работы тока приходит в движение, то количество выделенной теплоты меньше работы тока $Q < A$. Количество теплоты в данном случае будет определять потери электроэнергии. Например, работа электрической дрели сопровождается ее разогревом, что не желательно для этого устройства.

АРМАТГВ безпасы

II. Способы регулирования теплового действия тока в электрической цепи.

Созданы электрические приборы с различными режимами работы, например: утюги, стиральные машины. Переключение режимов позволяет усилить теплоотдачу прибора или, напротив, уменьшить. Как это делают? Количество выделенной теплоты на резисторе зависит от сопротивления проводника. Следовательно, для плавного регулирования режима работы электронагревательных приборов можно использовать переменный проволочный резистор. Другим способом выбора различных режимов работы может быть использование, нескольких резисторов. Выбирая режим работы прибора, мы подключаем в сеть один из резисторов, последовательное соединение двух резисторов или параллельное соединение резисторов. Несложно доказать, что мощность и теплоотдача прибора при параллельном соединении проводников максимальная, при последовательном соединении будет минимальная.

Ответьте на вопросы

1. *Почему для параллельно соединенных проводников количество теплоты лучше рассчитывать по формуле:* $Q = \frac{U^2}{R}t$ *?*
2. *Будут ли расчеты выполненные по указанной формуле и по закону Джоуля – Ленца отличаться?*

Задания

1. Назовите бытовые приборы, режим работы которых регулируется переменным резистором. В каких бытовых приборах режим работы меняется скачкообразно?
2. Докажите, что в мощных приборах, подключенных к промышленной сети, сила тока больше.
3. Докажите, что при последовательном соединении двух резисторов мощность электрического прибора минимальная, при параллельном соединении – максимальная.

III. Распределение мощности тока на различных участках цепи

Используя формулы расчета мощности тока: $P = UI$ и закона Ома $I = \frac{U}{R}$, получим еще одну формулу для расчета мощности $P = \frac{U^2}{R}$. Из полученной формулы следует, что между мощностью прибора и сопротивлением зависимость обратно пропорциональная. Учитывая, что все электроприборы подключаются в сеть напряжением 220 В, можно утверждать, что сопротивление мощных приборов меньше, чем у маломощных. Действия тока в мощных приборах более интенсивные, так как сила тока в них больше.

Соединим приборы разной мощности последовательно. В §26 нами были выведены, закономерности последовательного соединения проводников. При равных значениях тока напряжение будет выше на проводнике с большим сопротивлением. Следовательно, маломощные приборы с большим сопротивлением будут нагружены сильнее, чем маломощные, на которых падение напряжения меньше.

АРМАН-ПВ баспасы

Эксперимент в классе

Подключите в сеть две лампы мощностью 100 Вт и 40 Вт, рассчитанные на 220 В, соединив их параллельно. Обратите внимание на яркость свечения ламп. Соединив лампы последовательно, вновь подключите их в сеть. Объясните, почему маломощная лампа на 40 Вт светит ярче, чем лампа на 100 Вт.

Помните: при выполнении эксперимента в цепи не должно быть оголенных от изоляции участков.

Ответьте на вопросы

1. *Почему у мощных приборов провода для подключения в сеть толстые?*
2. *Почему количество теплоты, выделяемое движущимся проводником, меньше работы тока?*
3. *Почему количество теплоты, выделенное в цепи с работающим двигателем, называют потерями электроэнергии?*

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

Определите количество теплоты, которое выделяет нихромовая проволока длиной 30 см с поперечным сечением 2 мм^2 за 15 мин, если падение напряжения на его концах 3 В.

Дано:	**СИ**
$t = 15$ *мин*	900 *с*
$l = 30$ *см*	*0,3 м*
$S = 2$ *мм*^{2}	$2 \cdot 10^{-6}$ *м*^{2}
$U = 3$ *В*	
$\rho = 1$ *мкОм* $\cdot$ *м*	10^{-6} *Ом* $\cdot$ *м*
$Q - ?$	

Решение: Количество теплоты, выделяемое проводником, определяется по закону Джоуля–Ленца: $Q = I^2Rt$ (1).

Используя закон Ома: $I = \frac{U}{R}$ (2) из уравнения (1) получим: $Q = \frac{U^2t}{R}$ (3).

Сопротивление проводника определим по его размерам: $R = \rho\frac{l}{S}$ (4). Подставим выражение (4) в выражение (3), получим формулу расчета количества теплоты: $Q = \frac{U^2tS}{\rho l}$.

Вычислим значение количества теплоты:

$$Q = \frac{9\ В^2 \cdot 900\ с \cdot 2 \cdot 10^{-6}\ м^2}{10^{-6}\ Ом \cdot м \cdot 0,3\ м} = 54\,000\ Дж = 54\ кДж.$$

Ответ: Q = 54 кДж.

АРМАН-ПВ баспасы

Контрольные вопросы

1. В чем заключается закон Джоуля – Ленца?
2. Какими способами можно регулировать тепловые действия в электронагревательных приборах?
3. В каком случае работа тока и количество выделившейся тепловой энергии одинаковы?
4. В каком случае работа тока превышает количество теплоты, выделенное на резисторе?
5. У каких приборов сопротивление меньше: у мощных или маломощных?

Упражнение 21

1. Два резистора сопротивлением 3 Ом и 6 Ом включены в цепь параллельно. В первом течет ток силой 2 А. Какое количество теплоты выделится обоими резисторами за 10 с? В котором резисторе энергии выделится больше?
2. Электрическая печь для плавки металла потребляет 800 А при напряжении 60 В. Какое количество теплоты выделяется в печи за 1 мин.? Какое количество олова можно расплавить за это время, если начальная ее температура 20 °С?
3. В электрокипятильнике емкостью 5 л с КПД 70 % вода нагревается от 10 °С до 100 °С за 20 мин. Какой силы ток проходит в обмотке нагревателя, если напряжение в сети 220 В?

Упражнение 21д

1. Какое количество теплоты излучает нить электрической лампы в течение 1 ч, если лампа потребляет ток силой 1 А при напряжении 110 В?
2. Два проводника соединены параллельно. В первом за 1 мин выделилось 3,6 кДж теплоты, а во втором за то же время 1,2 кДж. Вычислите сопротивление второго проводника, если сопротивление первого 2 Ом.
3. Кипятильник с КПД 80 % изготовлен из нихромовой проволоки сечением 0,84 мм^2 и включен в сеть с напряжением 220 В. За 20 мин с его помощью было нагрето 4 л воды от 10 °С до 90 °С. Какова длина проволоки, из которой изготовлен кипятильник?

Творческое задание

Подготовьте доклад о жизни и деятельности Д. Джоуля и Э. Ленца.

АРМАН-ПВ бастасы

§ 29. Зависимость электрического сопротивления металлов от температуры, сверхпроводимость

Ожидаемый результат

Прочитав параграф, вы сможете:

- *описывать природу электрического тока и зависимость сопротивления от температуры в металлах.*

I. Зависимость электрического сопротивления от температуры

Увеличение температуры тела свидетельствует об увеличении скорости теплового движения молекул и атомов. В узлах кристаллической решетки металлов ионы колеблются с максимальной амплитудой. *Амплитуда – это максимальное отклонение, от положения равновесия при колебательном движении.* Увеличение амплитуды колебаний создает помехи направленному движению электронов. Можно предположить, что при нагревании сопротивление проводников возрастает.

На опытах было установлено, что удельное сопротивление металлов прямо пропорционально зависит от температуры:

$$\rho = \rho_0(1 + \alpha t),$$

где ρ_0 – удельное сопротивление металла при $t = 0$ °C,

ρ – удельное сопротивление металла при температуре t,

α – температурный коэффициент сопротивления.

Его единица измерения $[\alpha] = 1\ К^{-1}$.

Для чистых металлов без примесей $\alpha = \frac{1}{273}\ К^{-1}$.

В таблице 15 Приложения 2 даны температурные коэффициенты сопротивления для некоторых веществ.

Зависимость сопротивления проводника от удельного сопротивления, прямо пропорциональная $R = \rho\frac{l}{S}$, поэтому зависимость сопротивления проводника от температуры будет иметь такой же вид, как и для удельного сопротивления

$$R = R_0(1 + \alpha t),$$

График зависимости сопротивления от температуры дан на *рисунке 121*.

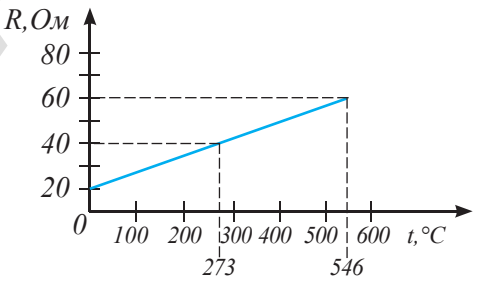


Рис. 121. *График зависимости сопротивления проводника от температуры*

АРМАН-ПВ согласны

II. Сверхпроводимость

Изучая свойства проводников при низких температурах, нидерландский физик **Х. Камерлинг-Оннес** в 1911 г. обнаружил явление сверхпроводимости. Явление сверхпроводимости заключается в том, что *при очень низких температурах, близких к 0 К сопротивление многих металлов скачком падает до нуля. Температура, при которой вещество превращается в сверхпроводник, названа критической.* Для ртути критическая температура равна 4,12 К *(рис. 122)*, для свинца 7,3 К.

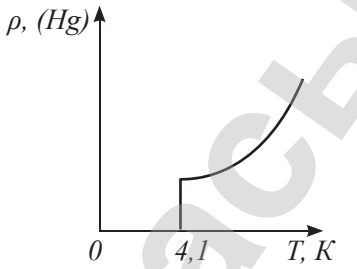


Рис. 122. *График зависимости сопротивления ртути от температуры*

При низкой температуре электроны образуют пары, способные пройти по проводнику, не испытывая сопротивления ионов кристаллической решетки. Они синхронизируют свое движение с колебаниями ионов. Для поддержания тока в сверхпроводниках источник тока не нужен. Сверхпроводимость веществ при высокой температуре способна произвести революционные изменения в электротехнике и радиотехнике. Она позволяет проводить электрический ток без потерь энергии. В 1986 г. получены оксидные соединения лантана и бария, для которых критическую температуру удалось повысить до 100 К.

Ответьте на вопросы

1. *Почему электрические лампы перегорают чаще всего при их включении в сеть?*
2. *Почему при высоких напряжениях зависимость силы тока от напряжения в проводниках не является прямо пропорциональной?*

III. Применение сверхпроводников

Сверхпроводимость позволяет получать в проводниках небольшого сечения огромные токи. В лаборатории Европейского центра ядерных исследований (ЦЕРН) разработаны сверхпроводники, способные передать электрический ток свыше 20 000 А *(рис. 123)*.

Рис. 123. *Сверхпроводящие кабели, разработанный в лаборатории ЦЕРН*

Большие токи, создают мощные магнитные поля. Сверхпроводящие магниты, используются в ускорителях элементарных частиц. Такие магниты используются в Большом адронном коллайдере, находящемся в ЦЕРН.

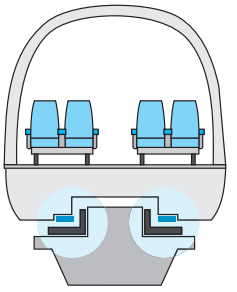


Рис. 124. *Поезд «парит» над колеей из сверхпроводящего магнита*

Из сверхпроводников изготовляют обмотки мощных электрических генераторов и электромагнитов, которые охлаждаются жидким гелием.

АРМАН-ПВ баспасы

Сильное магнитное поле, созданное сверхпроводниками, способно поднять поезд, который при отсутствии трения развивает скорость до 600 км/ч *(рис. 124)*. Существует три основных технологии магнитного подвеса поездов: на сверхпроводящих магнитах, электромагнитах и постоянных магнитах.

Поезда на «магнитной подушке» были созданы в конце XX века и испытаны в ряде стран: Китае, Японии, Германии, Южной Корее, Великобритании. Длина трассы составляла от 600 м в Великобритании, до 30 км в Китае. В связи с высокой стоимостью колеи единственной в мире действующей линией осталась трасса в Китае: «Аэропорт Пудун – станция шанхайского метро Лунъян Лу». На всех линиях использовались электромагниты. Первую пассажирскую линию на сверхпроводящих магнитах предполагает ввести в 2025 году Япония. В 2015 году в Японии прошло испытание поезда на магнитной подушке, его удалось разогнать до 603 км/ч на трассе длиной 42 км *(рис. 125)*. Он будет использоваться для регулярных перевозок пассажиров со скоростью 500 км/ч. Скорость поезда сравнима со скоростью самолета, при этом расход энергии меньше в 10 раз.

Рис. 125. *Поезд на сверхпроводящих магнитах. Япония, 2015 год*

Охлаждение сверхпроводников до критической температуры требует пока много затрат. Ученые-физики в поисках веществ с высокотемпературной сверхпроводимостью. Высокотемпературная сверхпроводимость в недалеком будущем приведет к технической революции в радиоэлектронике, радиотехнике.

Ответьте на вопросы

1. Почему сверхпроводники не получили широкого применения?
2. Почему сопротивление проводников при увеличении температуры возрастает?
3. Почему формула зависимости сопротивления проводника от температуры и формула зависимости удельного сопротивления проводника от температуры имеют одинаковый вид?
4. Почему исследование высокотемпературных сверхпроводников привлекает внимание ученых?

Контрольные вопросы

1. Как сопротивление проводника зависит от его температуры?
2. В чем проявляется сверхпроводимость проводника?
3. Где используют сверхпроводники?

АРМАН-ПВ бастасы

Упражнение 22

1. По графику на *рисунке 121* определите сопротивление проводника при температуре 0 °С и температурный коэффициент сопротивления.
2. Определите сопротивление вольфрамовой нити накала лампы в рабочем состоянии при температуре 2400 °С. Сопротивление нити накала при 0 °С примите равным 440 Ом.
3. Постройте график зависимости сопротивления вольфрамовой нити от температуры. Для построения графика используйте значения величин, полученные в задаче 2.

Упражнение 22д

1. Сопротивление медного провода при 0 °С равно 4 Ом. Определите его сопротивление при 50 °С, если температурный коэффициент сопротивления меди $\alpha = 4,3 \cdot 10^{-3} K^{-1}$.
2. Сопротивление проводника при 20 °С равно 25 Ом, а при 35 °С увеличилось до 25,17 Ом. Определите температурный коэффициент сопротивления вещества, из которого сделан проводник.

Творческое задание

Подготовьте сообщение по темам (на выбор):

1. «Электрические термометры».
2. «Высокотемпературные сверхпроводники».
3. «Применение сверхпроводников».

АРМАН-ПВ баспасы

§ 30. Электронагревательные приборы, лампа накаливания, короткое замыкание, плавкие предохранители

Ожидаемый результат

Прочитав параграф, вы сможете:

- *Пояснить устройство и принцип действия нагревательных приборов;*
- *объяснять причины возникновения и способы предотвращения короткого замыкания*

I. Применение теплового действия электрического тока

Тепловое действие тока получило широкое применение в электронагревательных приборах. В быту применяют утюги, электрические камины, плитки, чайники, кипятильники. Не менее широкий спектр применения электронагревательных приборов в промышленности и сельском хозяйстве. Обогрев теплиц, инкубаторов, овощехранилищ и зернохранилищ, литье цветных металлов и пластмассы, плавка металлов производится электронагревательными приборами.

Основная часть всех электронагревательных приборов – это нагревательный элемент.

Рис. 126. *Нагревательный элемент водонагревателя*

Ответьте на вопросы

1. *Почему для изготовления нагревательных элементов необходим тугоплавкий материал?*
2. *Почему соединительный шнур, после подключения электронагревательного прибора в сеть, не достигает температуры нагревательного элемента?*

Дополнительный материал

Устройство нагревательного элемента

Нагревательный элемент представляет собой тугоплавкий проводник с большим удельным сопротивлением. Увеличение длины проводника и уменьшение площади поперечного сечения позволяют нагреть проводник до высоких температур. Проводник в виде тонкой проволоки или ленты наматывается на пластину из жаростойкого материала. Нагревательные элементы изготавливают из нихрома или фехраля. Для создания высоких температур от 1300 °С до 2500 °С в электрических печах используются платина или молибден. В качестве жаростойких материалов в нагревательных элементах получили применение фарфор, керамика, слюда. Спираль из тугоплавкого материала помещается в металлический кожух. На *рисунке 126* изображен нагревательный элемент водонагревателя ТЭН – трубчатый электрический нагреватель.

АГАНПВ бастасы

Устройство лампы накаливания

На *рисунке 127* изображена газонаполненная лампа накаливания. Концы спирали (3) приварены к двум проволокам (4,5), которые проходят сквозь стержень из стекла (7) и припаяны к металлическим частям цоколя лампы (9): одна проволока – к винтовой нарезке (8), а другая – к изолированному от нарезки основанию цоколя (11). Основание цоколя изолируется от цоколя слоем диэлектрика (10). Нить накала крепится на крючках – держателях (6). Из колбы лампы (1) откачивается воздух, так как раскаленная нить вольфрама, взаимодействуя с кислородом, быстро сгорает. В колбу накачивается инертный газ (2), преимущественно аргон. Инертный газ не вступает в реакцию с вольфрамом. Присутствие аргона в лампе, замедляет испарение нити накала и значительно увеличивает срок ее службы. Лампы накаливания малоэффективны, 95 % электрической энергии превращается в тепловую энергию и только 5 % – в энергию излучения. На современном этапе светодиодные лампы вытесняют лампы накаливания. Принцип действия светодиодной лампы отличается, она не относится к нагревательным элементам. В процессе работы лампа не нагревается, она является энергосберегающей.

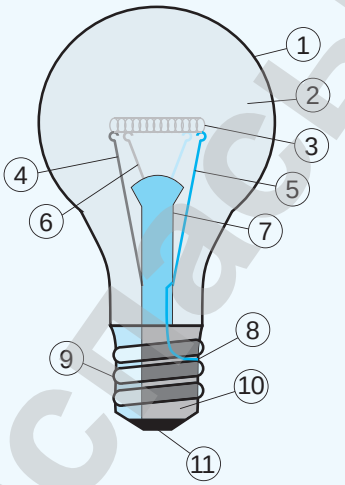


Рис. 127. *Устройство лампы накаливания*

Рис.128. *Устройство патрона*

Для включения лампы в сеть ее ввинчивают в патрон (*рис. 128*). Внутренняя часть патрона содержит пружинящий контакт (1), касающийся основания цоколя лампы, и винтовую нарезку (2), удерживающую лампу. Пружинящий контакт и винтовая нарезка патрона имеют зажимы (3), к которым подсоединяют провода от сети.

II. Короткое замыкание

Современные бытовые приборы становятся более мощными, разнообразие и их количество растет. Мощные электронагревательные приборы имеют малое сопротивление. Убедиться в этом можно на основании формулы расчета мощности при параллельном соединении проводников:

$$P = \frac{U^2}{R}.$$

Из полученной формулы следует: *мощность тока обратно пропорциональна сопротивлению проводника.*

АРМАН-ПВ басылы

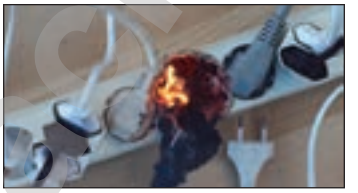
При одновременном параллельном подключении большого количества мощных приборов их общее сопротивление резко уменьшается, что приводит к значительному увеличению силы тока в цепи. Подводящие ток провода разогреваются, это может привести к воспламенению изоляции и пожару. Возрастание силы тока в сети может произойти при нарушении изоляции проводов и их непосредственном контакте при прямом соединении контактов розетки проводником малого сопротивления.

Резкое возрастание силы тока в цепи при замыкании источника тока на очень малое сопротивление называют *коротким замыканием.*

Задание

Поясните причину коротких замыканий, изображенных на *рисунке 129.*

а)



б)

в)

Рис. 129. *Короткое замыкание*

III. Плавкий предохранитель

Для предотвращения короткого замыкания к проводу, подводящему электрический ток к потребителю, последовательно подключают плавкий предохранитель *(рис 130, а)*. Предохранители изготавливают из проволоки с низкой температурой плавления.

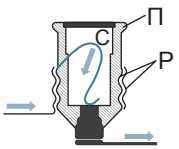
Устройство, состоящее из керамического или стеклянного корпуса, внутри которого находится тонкий проводок – плавкий элемент, называют плавким предохранителем (рис. 130, б).

При превышении номинального тока в цепи плавкий элемент С перегорает, что и приводит к обесточиванию электрической сети *(рис. 130, в)*.

К достоинствам предохранителя относится простота монтажа: пробка П соединяется с цепью с помощью винтовой нарезки Р, подобно лампе накаливания. К недостаткам относится большое время отключения при незначительно превышающих токах перегрузки. Отсутствие повторного включения требуется замена плавкого элемента.

а)

б)



в)

Рис. 130. *Устройство плавкого предохранителя*

IV. Автоматические предохранители

Автоматические предохранители *(рис. 131)* снабжены выключателем (1), который находится внутри керамического или пластмассового

АРМАН-ПВ бзспсы

термостойкого корпуса (2). В автоматических предохранителях вместо плавкой вставки используется терморазмыкатель – биметаллическая пластина (3). При прохождении тока, величина которого превышает допустимый ток, пластина нагревается и изгибается таким образом, что действует на рычаг выключателя. Это приводит к разрыву контактов внутри автоматического предохранителя и обесточивает электросеть. Через некоторое время пластина остывает, предохранитель можно снова включить.

При коротком замыкании автоматический предохранитель действует иначе: пластина притягивается к электромагниту (4) и приводит в движение защелку, которая отключает предохранитель. Такой процесс отключения происходит за более короткое время.

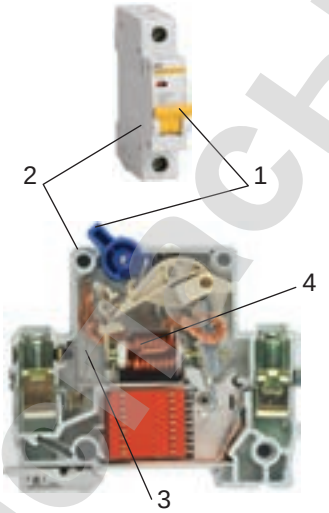


Рис. 131. *Устройство автоматического предохранителя*

Запомните!

Нельзя подключать цепь малого сопротивления к источнику большой мощности!
Нельзя пользоваться оголенными проводами!
Нельзя подключать в сеть одновременно несколько мощных приборов!

Ответьте на вопросы

1. *Почему лампу накаливания заполняют инертным газом?*
2. *Почему в современных квартирах часто «выбивает» пробки?*
3. *Почему мощные бытовые приборы имеют толстый соединительный провод для подключения к сети?*

Контрольные вопросы

1. Как устроены нагревательные элементы? Из каких веществ их изготавливают?
2. С помощью какого приспособления в осветительную сеть подключается лампа?
3. Какое явление называют коротким замыканием?
4. В чем различие принципа действия плавкого и автоматического предохранителей?

Экспериментальное задание

Подключите к сети на 10 секунд лампу накаливания и светодиодную лампу, затем отключите их. Прикоснувшись к ним рукой, убедитесь в том, что лампа накаливания сильно разогрета, а светодиодная остается холодной. Сравните мощности ламп, сделайте вывод об эффективности их работы.

АРМАТ-ПВ базисы

§ 31. Химическое действие электрического тока, закон Фарадея

Ожидаемый результат

Прочитав параграф, вы сможете:

- *объяснять природу электрического тока в жидкостях;*
- *решить задачи с использованием закона Фарадея;*
- *объяснить процессы гальваностегии.*

Эксперимент в классе

Проведите опыт, собрав установку, изображенную на *рисунке 132.*

Рис. 132. *Раствор электролита проводит электрический ток*

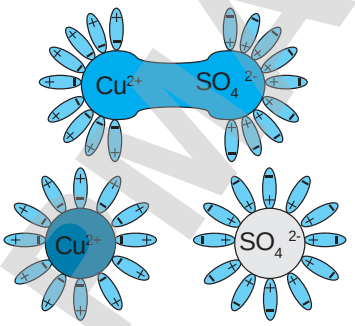


Рис. 133. *Электролитическая диссоциация*

I. Носители зарядов в растворах электролитов

Соберем цепь, состоящую из источника тока, лампочки, цинкового и медного стержня, опустим стержни в сосуд. Лампочка, включенная в такую цепь, не горит. Нальем раствор медного купороса $CuSO_4$, лампа загорается *(рис. 132)*. Раствор проводит электрический ток. Объяснить появление тока можно, предположив, что молекулы медного купороса делятся на составляющие ее частицы, имеющие заряд. Из курса химии вам известно, что такое деление на частицы называют *электролитической диссоциацией*, а частицы называют *ионами.* Под воздействием внешнего поля частицы движутся к электродам: положительные ионы к отрицательно заряженному электроду-катоду, отрицательные ионы к положительно заряженному электроду-аноду.

Носители зарядов в электролитах – положительные и отрицательные ионы.

Вещества, способные в воде распадаться на ионы, называют *электролитами*.

К электролитам относятся водные растворы кислот, щелочей и солей.

II. Электролитическая диссоциация

Вода является хорошим растворителем, так как центры полей, созданных положительными и отрицательными зарядами молекулы воды, смещены относительно друг друга и представляют собой диполь.

Диполь (от греч. di – два) – это совокупность двух равных по величине разноименных точечных зарядов, находящихся на некотором расстоянии друг от друга.

Аманатбасы

В молекулах электролитов наблюдается такое же смещение. Молекулы воды окружают молекулу электролита, развернувшись противоположным зарядом, и разрывают ее на два иона. Происходит электролитическая диссоциация *(рис. 133)*. Из молекулы медного купороса образуются ионы:

$$CuSO_4 = Cu^{2+} + SO_4^{2-}.$$

Распад молекул на ионы под воздействием растворителя называют *электрической диссоциацией*.

Образовавшиеся ионы могут вступить в химическую реакцию с электродами и частицами воды H^+ *и* OH^-. В этом случае на электродах и на дне сосуда осаждаются продукты химических реакций, происходящих в электролите.

III. Закон Фарадея. Электролиз

Основное отличие тока в электролитах от тока в металлах заключается в том, что в электролитах происходит перемещение частиц самого вещества. Они осаждаются на электродах или выпадают в осадок в результате химической реакции. Состав электролита меняется, число подвижных ионов уменьшается. Для восстановления раствора в ванну добавляют новый раствор или заменяют его полностью.

Выясняя причины, влияющие на количество оседающего вещества, М. Фарадей обнаружил, что масса зависит от рода вещества и прямо пропорциональна заряду, прошедшему через электролит. Он ввел понятие электрохимический эквивалент.

Электрохимический эквивалент – это физическая величина, определяющая массу выделившегося вещества на электроде при прохождении через электролит заряда, равного 1 Кл.

$$k = \frac{m}{q},$$

где k – электрохимический эквивалент,
m – масса выделившегося на электроде вещества,
q – заряд, прошедший через электролит.

Эксперимент в классе

1. Проведите опыт с установкой, изображенной на *рисунке 134*.
2. Обсудите, как определить массу осевшей на катод меди.
3. Определите толщину покрытия.
4. Обсудите, как определить время, за которое толщина покрытия достигнет 3 мкм.
5. Как и где можно использовать наблюдаемое явление?

АРМАНТВ баспасы

Единица измерения электрохимического эквивалента:

$$[k] = 1\,\frac{кг}{Кл}.$$

Экспериментальным путем получены электрохимические эквиваленты для ионов различных веществ (таблица 16 Приложения 2).

Процесс оседания чистого вещества на электроде был назван *электролизом*.

***Электролиз* – это выделение чистого вещества на электродах при прохождении электрического тока через электролит.**

Формула расчета массы осевшего вещества названа законом Фарадея:

$$m = kq\,.$$

Масса вещества, выделившегося при электролизе, прямо пропорциональна прошедшему через раствор заряду.

Учитывая, что $q = I \cdot t$, закон Фарадея можно записать в виде:

$$m = kIt\,,$$

где m − масса выделившегося вещества, I − сила тока в растворе электролита, t − время работы цепи.

IV. Электролиз, сопровождающийся растворением анода

На практике часто применяют электролиз, при котором анод в электролите растворяется. В этом случае чистое вещество выделяется на катоде. В качестве электролита используется соль того металла, из которого сделан анод.

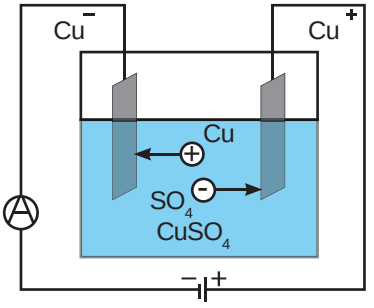


Рис. 134. *Процесс осаждения меди на катоде*

Для получения чистой меди в ванну устанавливают катод из чистой меди и анод из меди с примесями, от которых нужно избавиться *(рис. 134)*. Сосуд заполняется раствором медного купороса. Ионы меди Cu^{2+} при контакте с катодом превращаются в нейтральные атомы меди и оседают на его поверхности. Отрицательные ионы SO_4^{2-} притягивают ионы меди из анода, тем самым способствуют растворению анода. Количество ионов меди в течение всего процесса остается постоянным, пока анод не растворится целиком.

V. Гальваностегия

Электролиз, сопровождающийся растворением анода, лежит в основе метода покрытия изделий тонким слоем металла. Этот метод назван *гальваностегией*. Покрываемый металлом предмет,устанавливается в гальванической

АРМАН-ПВ баспасы

ванне вместо катода. Вместо анода крепится пластина из металла, которым нужно покрыть изделие: никель, серебро, золото, хром. Основная цель покрытий – это защита изделия от коррозии. *Коррозией* называют разрушение вещества под воздействием внешней среды, например, под воздействием избыточной влажности железо покрывается ржавчиной. На *рисунке 135* изображен процесс оцинковки кузова автомобиля.

Рис. 135. *Антикоррозионное покрытие корпуса машины*

Ответьте на вопросы

1. *Почему электролиз с активным анодом не требует обновления раствора электролита длительное время?*
2. *Почему электрический ток в электролите не может существовать бесконечно долго?*
3. *Почему гальванический «сухой» элемент имеет малый срок годности? Как по внешнему виду определить, что он пришел в негодность? С какого момента он начинает разрушаться: с момента изготовления или с момента эксплуатации?*

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

Сколько времени потребуется для покрытия хромом толщиной 50 мкм детали площадью 0,036 м² при силе тока 60 А?

Дано:
$h = 50$ *мкм*
$S = 0{,}036$ *м*²
$I = 60$ *А*
$\rho = 7200 \frac{кг}{м^3}$
$k = 0.18 \cdot 10^{-6} \frac{кг}{Кл}$

$t - ?$

СИ
$50 \cdot 10^{-6}$ *м*

Решение: Масса выделившегося вещества при электролизе определяется законом Фарадея: $m = kIt$ (1).

Выразим массу через плотность вещества и объем покрытия: $m = \rho Sh$ (2). Приравняем правые части уравнения (1) и (2), получим формулу для расчета времени t:

$$kIt = \rho Sh; \qquad t = \frac{\rho Sh}{kI}.$$

Вычислим значение времени:

$$t = \frac{7200 \frac{кг}{м^3} \cdot 0{,}036\ м^2 \cdot 50 \cdot 10^{-6} м}{0{,}18 \cdot 10^{-6} \frac{кг}{Кл} \cdot 60\ А} = 1200\ с = 20\ мин.$$

Ответ: $t = 20$ мин.

АРМАН-ПВ бесплатно

Контрольные вопросы

1. Что такое электролит? Какие частицы являются основными носителями зарядов в электролитах?
2. Что называют электролитической диссоциацией?
3. Какой процесс называют электролизом?
4. Что определяет электрохимический эквивалент?
5. Сформулируйте закон Фарадея для электролиза?
6. Для чего служит гальваностегия?

Упражнение 23

1. Сколько граммов меди выделится из раствора медного купороса за 5 часов при токе 2 А?
2. В результате электролиза на катоде за 20 мин выделилась медь массой 1,5 г. Определите электрохимический эквивалент меди, если сила тока равна 4 А.

Упражнение 23д

1. Определите время, необходимое для покрытия кубка слоем золота массой 49 г при силе тока в электролите в 2 А.
2. При серебрении изделий пользовались током силой 5 А в течение 15 мин. Какое количество серебра израсходовано за это время?

Экспериментальное задание

Гальванический элемент Вольта представляет собой две пластины из разных металлов, погруженных в водный раствор щелочи, кислоты или соли.

Используя любую пару из приведенного списка металлов: цинк, железо, олово, свинец, медь, составьте элемент Вольта. Каждый последующий элемент имеет больший потенциал, чем предыдущий: если вами выбраны железо и медь, то потенциал меди будет положительным В качестве электролита используйте раствор поваренной соли. Проверьте полученный источник в действии, соединив лампочку карманного фонарика с электродами.

АРМАН-ПВ Баспасы

Итоги V главы

Законы постоянного тока	Законы последовательного соединения проводников	Законы параллельного соединения проводников
Закон Ома для участка цепи: $I = \frac{U}{R}$ **Закон Джоуля – Ленца** $Q = I^2 Rt$ **Закон Фарадея:** $m = kq$ или $m = kIt$	$I = I_1 = I_2 = \ldots = I_n$ $U = U_1 + U_2 + \ldots + U_n$ $R = R_1 + R_2 + \ldots + R_n$ $R = R_1 \cdot n$ $\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$	$U = U_1 = U_2 = \ldots = U_n = \phi_1 - \phi_2$ $I = I_1 + I_2 + \ldots + I_n$ $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \ldots + \frac{1}{R_n}$ $R = \frac{R_1 R_2}{R_2 + R_1}$ $R = \frac{R_1}{n}$ $\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$
Сила тока, напряжение	**Сопротивление проводника, его зависимость от температуры**	**Работа и мощность электрического тока**
$I = \frac{q}{t}$ $U = \frac{A}{q}$	$R = \rho \frac{l}{S}$ $\rho = \rho_0 (1 + \alpha t)$ $R = R_0 (1 + \alpha t)$ $\alpha = \frac{1}{273° K}$	$A = IUt$ $P = \frac{A}{t}$ $P = UI$

Законы постоянного тока

Закон Ома для участка цепи: Сила тока в участке цепи прямо пропорциональна напряжению на концах этого участка и обратно пропорциональна его сопротивлению.

Закон Джоуля – Ленца: Количество теплоты, выделяемое проводником с током, равно произведению квадрата силы тока, сопротивления проводника и времени.

Закон Фарадея: Масса вещества, выделившегося при электролизе, прямо пропорциональна прошедшему через раствор заряду.

АРМАН-ПВ баспасы

Глоссарий

1 ампер – это сила электрического тока, при котором через поперечное сечение проводника за 1 секунду проходит заряд, равный 1 кулону.

Амперметр – это прибор для измерения силы тока в цепи.

Вольтметр – это прибор для измерения напряжения на участках цепи.

Источник тока – устройство, которое разделяет электрические заряды и поддерживает напряжение в электрической цепи.

Напряжение участка цепи – это физическая величина, равная работе тока по перемещению единичного заряда на этом участке.

Реостат – прибор для регулирования силы тока в цепи.

Сила тока – это физическая величина, равная отношению заряда q, прошедшего через поперечное сечение проводника ко времени его прохождения.

Удельное сопротивление – это сопротивление проводника длиной 1 м, площадью поперечного сечения 1 м^2.

Электрический ток – это направленное движение заряженных частиц.

АРМАН-ПВ баспасы

Задание 1. Вопрос.

Как следует понимать профессиональную поговорку электромонтера: «Горячая пайка всегда холодная, а холодная пайка всегда горячая»?

Задание 2. Цепи с заданными свойствами.

Составьте схемы цепей, в которых:

1) одна лампа включалась и выключалась одним ключом;
2) две лампы включались и выключались одним ключом. Предложите две схемы, чтобы накал ламп в них был разным;
3) одна лампа включалась только при замыкании обоих ключей;
4) одна лампа включалась при замыкании любого из двух ключей;
5) каждая лампа включалась и выключалась своим ключом;
6) одна лампа включалась при замыкании одного из ключей, а другая – при замыкании обоих;
7) при замыкании ключа одна лампа гасла, а вторая горела ярче.

Мини-проект «Электричество в доме».

Введение в проблему.

Представить жизнь без электрической энергии в современном мире невозможно, несмотря на то, что электрический ток опасен для человека. Ток, прошедший через организм человека или животного, производит следующие действия:

- термическое (ожоги, нагрев и повреждение кровеносных сосудов);
- электролитическое (разложение крови, нарушение физико-химического состава);
- биологическое (раздражение и возбуждение тканей организма, судороги).

Описание ситуации.

Два брата, Азат и Марат, студенты политехнического колледжа, вместе с отцом разрабатывают схему электрической проводки в новом построенном двухэтажном коттедже. У семьи уже есть полный комплект бытовой техники: стиральная машина, компьютер, телевизор, микроволновая печь, электроплита, посудомоечная машина, холодильник, а также некоторые мелкие электробытовые устройства. Семья собирается сама закупить электросчетчики, установить электрические розетки, соблюдая технику безопасности и учитывая потребности семьи из 7 человек: бабушки, мамы и двух сестренок 11-летней Ажар и 5-летней Айсулу.

АРМАН-ПВ баспасы

Задания и вопросы для анализа ситуации.

1. Укажите основные правила техники безопасности при работе с электричеством.
2. Составьте на предложенном вами плане схему размещения розеток, выключателей, автоматов, подводки электропитания и расположения и подключения бытовых электроприборов. Подготовьтесь к презентации и обоснованию плана.
3. Определите, может ли все необходимые работы семья выполнить самостоятельно? К каким фирмам она может обратиться за помощью?

Оцениваемые умения.

1. Знание ключевых правил техники безопасности при работе с электричеством.
2. Использование знаний в области физики для проведения работ с электричеством в домашних условиях.
3. Знание видов работ, которые разрешено проводить с электропроводкой без приглашения специалистов.

Рекомендации.

Используя материалы сети Интернет, изучите следующие вопросы: конструкции и особенности электрических устройств для электропроводки, виды электромонтажных работ.

АРМАН-ПВ баспасы

Контрольный тест

Вариант 1

1. **Направленное движение заряженных частиц.**
   A) Сила тока.
   B) Электрический ток.
   C) Дрейф зарядов.
   D) Поток частиц.
2. **Источник тока, ключ, потребители электрического тока и соединительные провода, соединенные между собой называют ...**
   A) Электрической схемой.
   B) Электрическими приборами.
   C) Электрической цепью.
   D) Электрической сетью.
3. **Единица измерения силы тока.**
   A) Ампер.
   B) Вольт.
   C) Ватт.
   D) Джоуль.
4. **Физическая величина, равная работе тока по перемещению единичного заряда.**
   A) Электродвижущая сила.
   B) Работа электрического поля.
   C) Напряженность.
   D) Напряжение.
5. **Сопротивление проводника длиной 1 м, площадью поперечного сечения 1 м^2.**
   A) Расчетное сопротивление.
   B) Единичное сопротивление.
   C) Удельное сопротивление.
   D) Активное сопротивление.
6. **Определите силу тока в проводнике, если за 10 с по проводнику прошел заряд, равный 15 Кл.**
   A) 150 А.
   B) 150 Кл · с.
   C) 1,5 А.
   D) 25 А.
7. **С увеличением температуры металлического проводника его сопротивление ...**
   A) Возрастает.
   B) Уменьшается.
   C) Не изменяется.
   D) Увеличивается до максимального значения и больше не изменяется.

АРМАНТПВ баспасы

8. **Определите общее напряжение двух участков цепи, соединенных последовательно, если напряжение на каждом из них равно по 4 В.**
   A) 1 В.
   B) 2 В.
   C) 4 В.
   D) 8 В.
9. **Определите сопротивление десяти резисторов, соединенных параллельно. Сопротивление каждого из них 240 Ом.**
   A) 240 Ом.
   B) 24 Ом.
   C) 2400 Ом.
   D) 12 Ом.
10. **Определите мощность тока на участке цепи, по которому течет ток 2 А. Разность потенциалов на концах участка 12 В.**
   A) 6 Вт.
   B) 14 Вт.
   C) 24 Вт.
   D) 48 Вт.

Вариант 2

1. **Устройство, осуществляющее разделение электрических зарядов и поддерживающее напряжение в электрической цепи.**
   A) Резистор.
   B) Источник тока.
   C) Вольтметр.
   D) Конденсатор.
2. **Физическая величина, равная работе сторонних сил по перемещению положительного единичного заряда по замкнутому контуру.**
   A) Напряжение.
   B) Напряженность.
   C) Электродвижущая сила.
   D) Работа поля.
3. **Прибор для регулирования силы тока в цепи.**
   A) Реостат.
   B) Резистор.
   C) Амперметр.
   D) Вольтметр.
4. **Прибор для измерения напряжения на участке цепи.**
   A) Амперметр.
   B) Гальванометр.

АРМАН-ПВ баспасы

C) Электрометр.
D) Вольтметр.

5. Закон Ома для участка цепи.

A) $I = \frac{U}{R}$.

B) $I = \frac{q}{t}$.

C) $I = \frac{\varepsilon}{R + r}$.

D) $U = \frac{A}{q}$.

6. Единица измерения напряжения.

A) Вольт.
B) Ампер.
C) Ватт.
D) Джоуль.

7. Величина, равная работе тока в единицу времени.

A) Напряжение.
B) Сила тока.
C) Мощность.
D) Напряженность.

8. Определите общее напряжение двух участков цепи, соединенных параллельно, если напряжение на каждом из них равно 4 В.

A) 1 В.
B) 2 В.
C) 4 В.
D) 8 В.

9. Определите сопротивление десяти резисторов, соединенных последовательно. Сопротивление каждого из них 240 Ом.

A) 240 Ом.
B) 24 Ом.
C) 2400 Ом.
D) 12 Ом.

10. Какое количество теплоты ежесекундно выделяет камин, если он подключен к сети с напряжением 220 В и рассчитан на силу тока 5 А.

A) 11 Дж.
B) 110 Дж.
C) 1,1 кДж.
D) 11 кДж.

АРМАН-ПВ баспасы

ГЛАВА VI

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ

Магнитное поле – это вид материи, особенностью которой является действие на движущийся электрический заряд, проводники с током, на ряд веществ: железо, кобальт, никель, гадолиний. Магнитные поля можно обнаружить как вокруг постоянных магнитов, так и вокруг проводников с током. Магнитные поля получили применение в электротехнике, радиотехнике и электронике.

Изучив главу, вы сможете:

- характеризовать основные свойства магнитов и графически изображать магнитное поле посредством силовых линий;
- объяснять свойства магнитного поля;
- определять направление линий поля вокруг прямого проводника с током и соленоида;
- сравнивать магнитные поля, образованные полосовым магнитом и током в соленоиде;
- описывать действие магнитного поля на проводник с током;
- объяснять устройство и работу электродвигателя и электроизмерительных приборов;
- описывать явление электромагнитной индукции;
- приводить примеры производства электрической энергии в мире и в Казахстане.

АРМАН-ПВ басылы

§ 32. Постоянные магниты, магнитное поле

Ожидаемый результат

Прочитав параграф, вы сможете:

- *назвать основные свойства магнитов;*
- *графически изображать магнитное поле посредством силовых линий.*

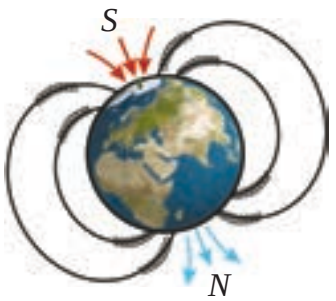


Рис. 136. *Магнитное поле Земли*

Ответьте на вопрос

Каким способом можно намагнитить железные и стальные изделия?

Интересно знать!

1. Французский физик Ф. Араго обнаружил перемагничивание компасов под воздействием молний.
2. Постоянный магнит, изготовленный из сплава «магнико», в состав которого входят железо, кобальт, никель и ряд добавок, способен поднять груз в 5000 раз превышающий собственный вес магнита.

I. Из истории исследования магнитных свойств веществ

На территории Малой Азии, в Магнезии, находили горную породу, образцы которой притягивали друг друга и мелкие куски железа. По названию местности, такие образцы стали называть «магнетиками». Свойства магнетиков были впервые изучены английским ученым У. Гильбертом. В своей книге «О магните, магнитных телах и большом магните – Земле», изданной в 1600 г. он указал сходства и различия между взаимодействием наэлектризованных тел и магнитов. Он предположил, что подобно положительным и отрицательным электрическим зарядам существуют северный и южный полюса магнита. Им было установлено, что Земля – гигантский магнит, северный полюс которого находится вблизи южного географического полюса, а южный полюс – вблизи северного географического полюса *(рис. 136)*. Вокруг магнитов существуют магнитные поля, посредством которых они взаимодействуют друг с другом и другими телами. Например, направление на полюса Земли определяют с помощью магнитной стрелки, так как магнитное поле Земли действует на нее.

II. Магнитные свойства веществ

Исследование магнитных свойств различных веществ показало, что они по-разному реагируют на магнитное поле. *Было замечено, что железо, сталь, никель, кобальт не только значительно усиливают внешнее магнитное поле, но и сами приобретают магнитные свойства.* Эти вещества называют *ферромагнетиками*.

Ферромагнетики **– это вещества, которые значительно усиливают внешнее магнитное поле.**

АРХИВ ГГУ Беларусь

Такие вещества как платина, алюминий, кислород, марганец незначительно усиливают магнитное поле. Медь, серебро, золото, азот, фосфор, напротив, магнитное поле незначительно ослабляют.

Вещества, незначительно усиливающие магнитное поле, получили название *парамагнетики*, незначительно ослабляющие – *диамагнетики*.

Все вещества можно разделить на ферромагнетики, парамагнетики и диамагнетики. Наиболее широкое применение в технике получили ферромагнетики. *Они делятся на магнитомягкие и магнитотвердые. К магнитотвердым ферромагнетикам относятся вещества, длительное время сохраняющие свойство намагниченности.*

III. Магнитная стрелка. Компас

Первый компас из природного магнита был создан в Китае. Магнитная стрелка современного компаса изготавливается из магнитотвердого ферромагнетика. Стрелка имеет два полюса: северный и южный, линию, соединяющую полюса называют *осью магнитной стрелки*. Магнитную стрелку используют для исследования свойств магнитов и созданных ими магнитных полей. Если поднести северный полюс магнита к северному полюсу магнитной стрелки, то они оттолкнутся друг от друга. Точно также произойдет взаимодействие южных полюсов. Если поднести друг к другу северный и южный магнитные полюсы, то они притянутся.

Одноименные полюсы магнитов отталкиваются, разноименные – притягиваются.

Эксперимент в классе

1. Используя постоянный магнит и небольшие тела из различных веществ, выясните, какие вещества взаимодействуют с магнитом, какие нет.
2. Подвесьте к магниту четыре железные скрепки таким образом, чтобы они касались друг друга, образуя цепочку. Отделите цепочку от магнита, взявшись за верхнюю скрепку. Почему нижние скрепки не падают?
3. Положите стальную иглу вдоль оси магнита. Через 2–3 минуты опустите иглу в железные опилки и выясните, обладает ли игла магнитными свойствами?

IV. Постоянные магниты. Магнитное поле постоянных магнитов

Из магнитотвердых ферромагнетиков изготавливаются полосовые и подковообразные постоянные магниты. Разработка специальных сплавов позволило значительно увеличить магнитные свойства постоянных магнитов.

Исследование магнитного поля полосового магнита показало, что линии, вдоль которых располагаются железные опилки, замкнутые, они не пересекаются. Эти линии названы *силовыми линиями магнитного поля*.

АРХИВ библиотеки

Силовые линии магнитного поля – это линии, касательные к которым совпадают с осью магнитной стрелки, помещенной в любую точку этого поля.

За направление магнитного поля, созданного магнитом, принимают направление, которое указывает северный полюс магнитной стрелки.

Тот конец магнита, из которого силовые линии выходят, является северным полюсом магнита. Противоположный конец, в который силовые линии входят,– южным полюсом магнита (рис. 137).

Густота линий возрастает около двух противоположных концов магнита: северного и южного полюсов. Магнитное действие сильнее всего проявляется у полюсов магнита. Поместив полосовой магнит в коробку с железными опилками, легко обнаружить, что опилки притягиваются в основном к полюсам магнита *(рис. 138)*. Для усиления действия магнита ему придают форму подковы, в этом случае оба полюса направлены в одну сторону.

Задание

Используя железные опилки и магнитные стрелки, исследуйте магнитное поле полосового магнита. Изобразите силовые линии и их направление.

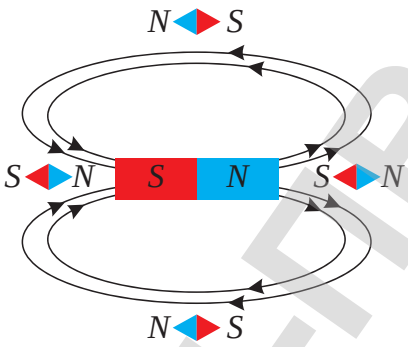


Рис. 137. *Силовые линии полосового магнита*

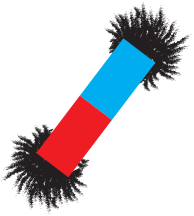


Рис. 138. *Полюса магнита*

V. Гипотеза Ампера

А. Ампер выдвинул гипотезу о природе, происхождения магнитного поля постоянных магнитов.

Магнитные свойства постоянных магнитов **А. Ампер** *объяснил циркулирующими внутри вещества токами*. Вокруг ядер в атомах вращаются электроны. Движущиеся электроны создают магнитные поля, которые в обычном состоянии ориентированы произвольно и компенсируют друг друга. Под воздействием внешнего магнитного поля атомы ориентируются таким

Ответьте на вопросы

1. *Почему для изучения магнитного поля удобно использовать железные опилки?*
2. *Почему портные предпочитают использовать в работе намагниченные ножницы?*
3. *Почему невозможно разделить полюса постоянных магнитов?*

АРХИВ-РБ базласы

образом, что плоскости вращения электронов располагаются строго в определенном направлении *(рис. 139)*. Магнитные поля вращающихся вокруг ядер электронов становятся сонаправленными и усиливают друг друга. Создается собственное поле ферромагнетика. Магнитные свойства постоянного магнита со временем ослабевают, поскольку направление малых магнитных полей внутри вещества становится вновь произвольным. При высоких температурах магнитные свойства ферромагнетиков полностью исчезают. Эту температуру называют *температурой Кюри.*

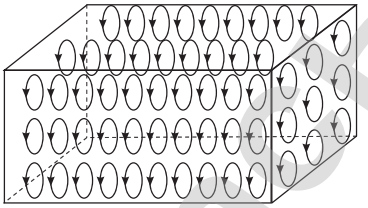


Рис. 139. *Электроны в ферромагнетике под действием внешнего магнитного поля вращаются в одном направлении. Плоскости вращения параллельны*

Запомните!

Для длительного сохранения магнитных свойств постоянных магнитов необходимо замкнуть разноименные полюса магнитов металлической пластиной.

Ответьте на вопросы

1. *Почему невозможно отделить полюса магнита?*
2. *Как определить, какой из двух металлических стержней намагничен?*

Контрольные вопросы

1. Какие вещества используются для изготовления постоянных магнитов?
2. Как взаимодействуют магниты?
3. Что представляют собой силовые линии магнитного поля полосового магнита, подковообразного магнита?
4. Поле какого магнита имеет сходство с магнитным полем Земли?

Упражнение 24

1. Запишите основные свойства постоянных магнитов, используя текст параграфа.
2. Напишите правила использования и хранения постоянных магнитов, используя текст учебника и материалы сети Интернет.

АРМАТ-ПВ баспасы

Экспериментальное задание

1. Порежьте ножницами наждачную бумагу. Поднесите ножницы к мелким железным телам: иголкам, гвоздям, скрепкам, кнопкам. Объясните наблюдаемое явление. Используя техническую литературу или материалы сети Интернет, убедитесь, что ваше предположение верное.
2. Изготовьте водяной компас, подготовьте видеоотчет *(рис. 140)*.

Рис. 140. *Водяной компас*

Творческое задание

Подготовьте сообщение по темам (на выбор):

1. «Из истории создания компаса», «Современные виды компасов».
2. «Влияние магнитного поля Земли на живые организмы».
3. «Магнитные поля на планетах Солнечной системы».

АРМАН-ПВ Спасы

§ 33. Магнитное поле прямого тока. Магнитное поле катушки с током

Ожидаемый результат

Прочитав параграф, вы сможете:

- *объяснить свойства магнитного поля;*
- *определить направление линий поля вокруг прямого проводника с током и соленоида.*

I. Магнитное действие тока в цепи

Ампер обнаружил, что проводники с токами, совпадающими по направлению, притягиваются, проводники с противоположным направлением токов отталкиваются *(рис. 141)*. Магнитным действием тока объясняется способность стального стержня притягивать мелкие изделия из железа при условии, когда он обмотан проволокой с током *(рис. 142)*. Следовательно, при протекании тока в проводнике свойства окружающего проводник пространства меняются.

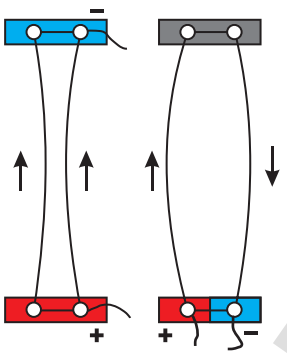


Рис. 141. *Магнитное действие тока в цепи*

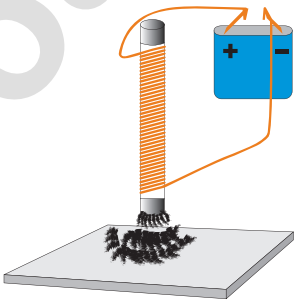


Рис. 142. *Намагничивание стального стержня в магнитном поле проводника с током*

II. Магнитное поле прямого тока. Опыт Эрстеда

Для изучения пространства вокруг проводника воспользуемся магнитной стрелкой. Повторим опыт, проведенный в 1820 г. датским ученым **Гансом Христианом Эрстедом**. Составим цепь из источника тока, ключа и провода. Расположим провод над магнитной стрелкой параллельно её оси *(рис. 143, а)* и замкнем ключ. Стрелка развернется и расположится перпендикулярно проводу *(рис. 143, б)*. При изменении направления тока на противоположное стрелка развернется в обратную сторону на 180° *(рис. 143, в)*. Повторим опыт, расположив провод под магнитной стрелкой. Поворот стрелки в каждом случае будет происходить в сравнении с первым опытом в противоположную сторону. Опыт показывает, *что вокруг проводника с током образуется магнитное поле.* Именно оно приводит во вращение магнитную стрелку. *Направление магнитного поля зависит от направления тока в проводнике.*

АРХИВ-ПВ базисы

III. Силовые линии магнитного поля

Воспользуемся прибором для изучения магнитного поля прямого тока *(рис. 144)*. Подключим провод к источнику тока, на столик насыплем железные опилки, поставим магнитные стрелки. Под действием магнитного поля направление магнитных стрелок изменится, опилки расположатся вдоль *концентрических окружностей.* Эти окружности называют *силовыми линиями магнитного поля.*

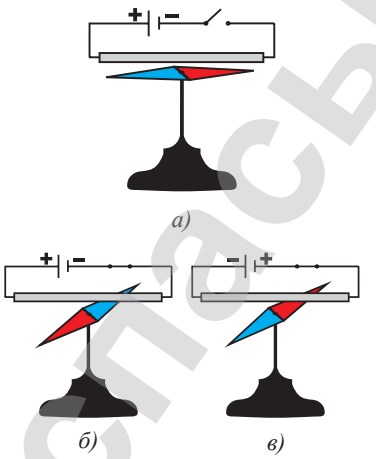


Рис. 143. *Опыт Эрстеда*

> ***Силовые линии магнитного поля*** **– это замкнутые линии, охватывающие проводник с током.**

У силовых линий нет ни начала, ни конца, это значит, что в природе нет «магнитных зарядов», создающих магнитное поле. Ток в проводнике представляет собой направленное движение заряженных частиц, следовательно, *магнитное поле создают движущиеся заряды.* Силовые линии не пересекаются, так как *магнитное поле в одной той же точке не может иметь несколько направлений.*

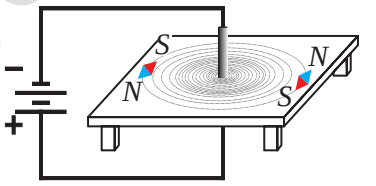


Рис. 144. *Силовые линии магнитного поля прямого проводника с током*

IV. Направление магнитного поля прямого тока

Поместим на столике вокруг проводника еще несколько магнитных стрелок и определим направление, которое будут указывать их северные полюса. Вспомним, *направление, которое указывает северный полюс магнитной стрелки, принято считать направлением магнитного поля в данной точке поля.*

Проследив за расположением стрелок, мы совершим оборот вокруг проводника против часовой стрелки, если ток в проводнике направлен к нам. На *рисунке 145, а* стрелка, указывающая направление тока в сечении прямого провода указана точкой. Точка – это «наконечник» стрелы, «летящей» к нам. При изменении направления тока в проводнике направление магнитных стрелок становится противоположным. На *рисунке 145, б* направление тока указано крестиком – это «оперение» стрелы, летящей от нас.

Аналогично точкой и крестиком можно изображать направление магнитного поля. Стрелку, указывающую направление магнитного поля, в дальнейшем будем обозначать буквой $\vec{B}$.

АРМАН-ПВ баспасы

V. Правило буравчика и правило правой руки

На практике направление магнитного поля, определяют без использования магнитных стрелок: по правилу буравчика или по правилу правой руки.

1. Правило буравчика для прямого тока (рис. 146):

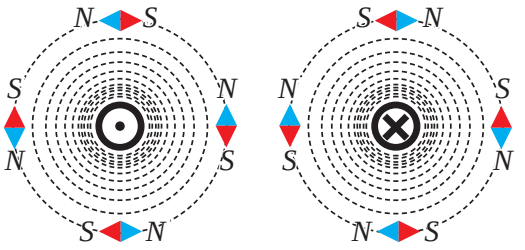


Рис. 145. *Определение направления силовых линий с использованием магнитных стрелок*

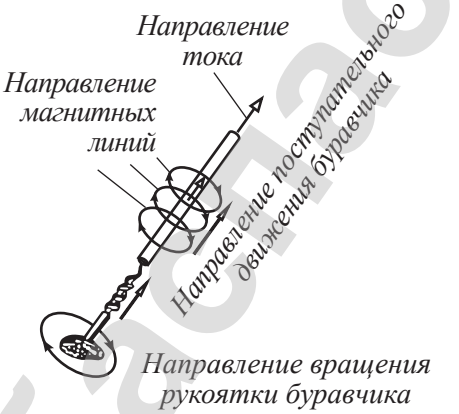


Рис. 146. *Определение направления магнитного поля по правилу буравчика*

Если направление поступательного движения буравчика совместить с направлением тока в проводнике, то вращательное движение рукоятки буравчика, укажет направление силовых линий магнитного поля.

2. Правило правой руки для прямого тока (рис. 147):

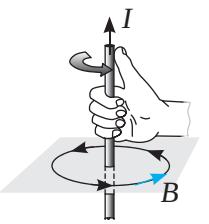


Рис. 147. *Определение направления магнитного поля по правилу правой руки*

Если большим пальцем правой руки, отогнутым на 90° указать направление тока в прямом проводе, то четыре пальца, охватывающие провод, укажут направление магнитного поля.

VI. Силовые линии магнитного поля катушки с током

Для изучения магнитного поля катушки с током воспользуемся специальным прибором, который представляет собой катушку, закрепленную на горизонтальной подставке *(рис. 148)*. При замыкании ключа вокруг витков

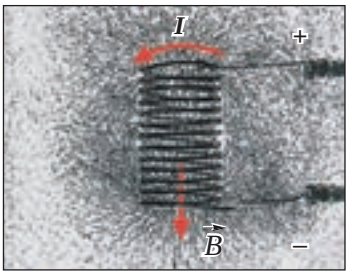


Рис. 148. *Расположение железных опилок вокруг катушки с током*

АРМАН-ПВ базасы

катушки образуется магнитное поле. Насыпанные на подставку железные опилки располагаются вдоль силовых линий, которые представляют собой замкнутые линии, охватывающие витки катушки *(рис. 149)*. Внутри катушки, длина которой значительно превышает диаметр намотки, силовые линии магнитного поля параллельные. Такую катушку называют *соленоидом*. *Магнитные поля, силовые линии которых параллельны, называют однородными.* Следовательно, *внутри соленоида действие магнитного поля во всех точках пространства одинаковое.*

Вне катушки наиболее густо линии расположены около ее концов. Следовательно, в этой области магнитные явления должны проявляться с большей интенсивностью.

Сравнение силовых линий магнитного поля катушки с током и полосового магнита показывает, что созданные ими поля идентичны *(рис. 137 §32)*.

VII. Направление силовых линий. Полюса катушки

Направление силовых линий магнитного поля катушки с током определим с помощью магнитных стрелок *(рис. 149)*. Учтем, что северный полюс магнитной стрелки указывает направление силовых линий магнитного поля. *Тот конец катушки, в который силовые линии входят, является южным полюсом катушки. Противоположный конец, из которого силовые линии катушки выходят, – северным полюсом катушки.* Как показывают опыты, действие катушки с током на мелкие железные изделия наиболее интенсивны на ее полюсах.

Направление силовых линий магнитного поля катушки на практике определяют так же, как и в случае прямого проводника с током: по правилу буравчика или по правилу правой руки. Для прямого и кругового тока правила формулируются по-разному.

Правило буравчика для кругового тока (рис. 150):

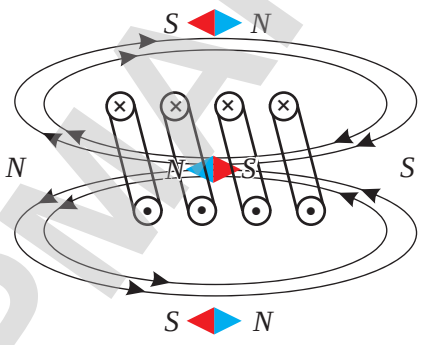


Рис. 149. *Силовые линии катушки с током*

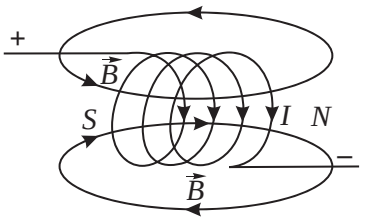


Рис. 150. *Правило буравчика для кругового тока*

АРМАРТВбасласы

Если рукоятку буравчика вращать по направлению тока в витках катушки, то его поступательное движение укажет направление силовых линий магнитного поля внутри катушки.

Правило правой руки для кругового тока (рис. 151):

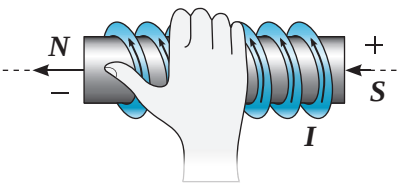


Рис. 151. *Правило правой руки для кругового тока*

Если правую руку расположить, не касаясь катушки, так, чтобы четыре пальца указывали направление тока в ней, то отогнутый большой палец покажет направление силовых линий магнитного поля внутри катушки.

Контрольные вопросы

1. В чем состоит опыт Эрстеда?
2. Что представляют собой силовые линии магнитного поля прямого тока?
3. Как определяют направление магнитного поля?

Упражнение 25

1. Укажите направление силовых линий магнитных полей вокруг проводников с током, изображенных на *рисунке 152.*
2. Укажите направление токов в проводниках *(рис. 153).*

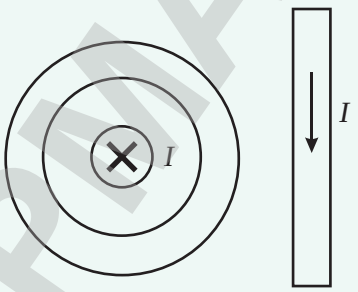


Рис. 152. *Направление тока в прямом проводнике*

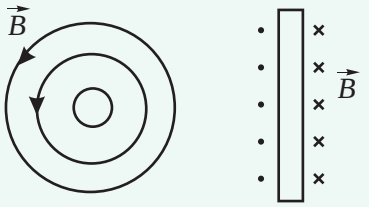


Рис. 153. *Направление магнитного поля вокруг проводника с током*

АРМАТ-ПВ баспасы

Экспериментальное задание

С помощью самодельного электромагнита изготовьте постоянный магнит из стальных изделий: иголок, ножниц, гвоздей. Проведите испытание магнитных свойств выбранных вами изделий. Проверьте на опыте, как повлияет на магнитные свойства полученных магнитов их нагревание до высокой температуры. Зажав плоскогубцами намагниченную иглу, нагрейте ее в пламени свечи.

Творческое задание

Подготовьте сообщение на тему:
«Магнитное поле на службе у медицины».

АРМАН-ПВ баспасы

§ 34. Электромагниты и их применение

Ожидаемый результат

Прочитав параграф, вы сможете:

- *сравнивать магнитные поля, образованные полосовым магнитом и током в соленоиде;*
- *назвать способы изменения магнитного поля электромагнита;*
- *назвать примеры использования электромагнитов;*
- *объяснить принцип действия электромагнитного реле;*
- *изобразить принципиальную схему реле.*

Эксперимент в классе

Соберите цепь, состоящую из источника тока, электромагнита, реостата. Используя магнитную стрелку и линейку, исследуйте зависимость магнитного поля катушки с током от:

- силы тока в катушке,
- расстояния до катушки,
- наличия сердечника.

Рис. 154. *Подъемный кран с магнитом*

Магнитное поле прямого проводника с током слабое, оно не получило широкого применения. Больший интерес для техники представляет магнитное поле катушки с током. При увеличении числа витков катушки магнитное поле вокруг нее усиливается.

I. Взаимодействие катушки с током с телами из различных веществ

Силовые линии магнитного поля полосового магнита и катушки с током идентичны (*см. рис. 137 §32 и рис. 149 §33*). У магнитных полей много общих свойств. Опытным путем установлено, что магнитное поле катушки с током, также как и постоянный магнит, взаимодействует с различными телами по-разному. Например, катушка хорошо притягивает железные, чугунные и стальные тела; но не притягивает дерево, стекло, пластмассу. Взаимодействие происходит наиболее интенсивно, если катушку приблизить к телу ее полюсом. Катушка с током, подвешенная на тонких проводах, устанавливается вдоль силовых линий магнитного поля Земли. Следовательно, она может быть использована в качестве компаса. Но катушка с током в сравнении с постоянным магнитом имеет ряд преимуществ. Магнитным полем катушки с током легко управлять, меняя как силовые характеристики, так и направление.

II. Способы изменения магнитного поля катушки

Одно из преимуществ магнитного поля катушки в сравнении с постоянным полосовым магнитом – это простота изменения его силы и направления. Рассмотрим ряд опытов. Соберем цепь, из источника тока, реостата, катушки

АРХИВ ГГУ бассейны

и ключа. Замкнем ее, предварительно расположив ось катушки перпендикулярно направлению силовых линий магнитного поля Земли. Приблизим к катушке магнитную стрелку на расстояние, достаточное для обнаружения взаимодействия с магнитным полем катушки. Уменьшая силу тока в цепи, с помощью реостата и не меняя расположения магнитной стрелки, можно добиться, чтобы она расположилась вдоль силовых линий магнитного поля Земли, указывая направление на северный полюс. Следовательно, магнитное поле катушки с уменьшением силы тока в цепи ослабевает. *При увеличении силы тока действие поля катушки с током усиливается, при уменьшении – ослабляется.*

Увеличим вновь силу тока в цепи и поменяем направление тока в катушке, магнитная стрелка покажет, что направление магнитного поля изменилось на противоположное. *Направление магнитного поля зависит от направления тока в проводнике.*

Заменим катушку на другую, с большим количеством витков. При одном и том же значении силы тока в цепи магнитная стрелка под воздействием магнитного поля располагается вдоль ее силовых линий, находясь на большем расстоянии от катушки в сравнении с первым опытом. *Увеличение числа витков приводит к усилению магнитного поля катушки.*

Наибольшее усиление магнитного поля происходит при введении в катушку стержня из ферромагнетика – сердечника.

***Сердечник* – это железный стержень, внесенный внутрь катушки. Катушку с сердечником называют электромагнитом.**

Электромагнит получил широкое применение в технике, поскольку его магнитным полем легко управлять. Действие электромагнита прекращается при отключении тока в цепи.

III. Использование электромагнитов в технике

Электромагниты, в сравнении с постоянными магнитами, обладают рядом преимуществ: они просты в изготовлении, могут быть различными по размерам, по назначению. Техническое применение электромагнитов разнообразно. Электромагнитный подъемный кран используют на заводах для подъема и транспортировки тяжелых изделий из стали и чугуна *(рис. 154)*. Магнитные сепараторы используют для отделения кусков железной руды от породы, не содержащей железо *(рис. 155)*. Электромагниты используют для создания «магнитной подушки» на скоростных

АРМАНТ-ПВ баспасы

железных дорогах *(рис. 156)*. Электромагнит приводит в действие электрический звонок *(рис. 157)*. Электромагнит является основной деталью *электромагнитного реле – устройства для автоматического управления цепью (рис. 158)*. При включении цепи электромагнита якорь (2) притягивается к сердечнику (1) и замыкает контакты (3) рабочей цепи большой мощности. При отключении цепи электромагнита пружина (4) возвращает якорь в исходное состояние, разрывается рабочая цепь, ее работа прекращается.

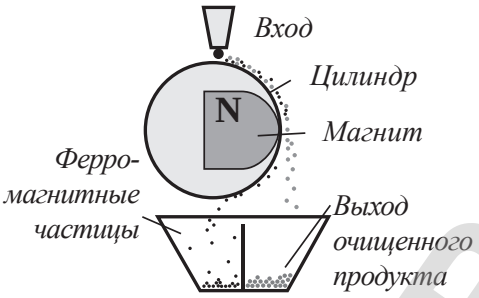
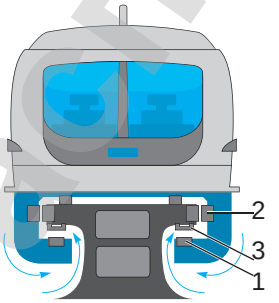


Рис. 155. *Магнитный сепаратор*



1) Статор линейного электродвигателя
2) Направляющий электромагнит
3) Несущий электромагнит

Рис. 156. *Поезд на магнитной подушке*

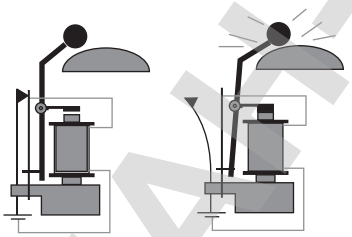


Рис. 157. *Электрический звонок*

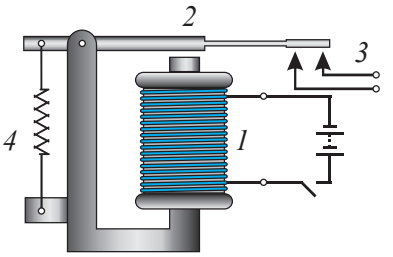


Рис. 158. *Устройство электромагнитного реле*

Задание

Поясните принцип действия устройств, изображенных на *рисунках 155–158.*

АРМАК-ПВ базы

Контрольные вопросы

1. Как выглядят силовые линии магнитного поля катушки с током? Как определяют их направление?
2. Какими способами можно усилить действие магнитного поля катушки с током ?
3. Что называют электромагнитом?
4. Какое применение получили электромагниты?

Упражнение 26

1. Как изменить полюса электромагнита на противоположные?
2. Укажите направление тока в катушке, изображенной на *рисунке 159?*

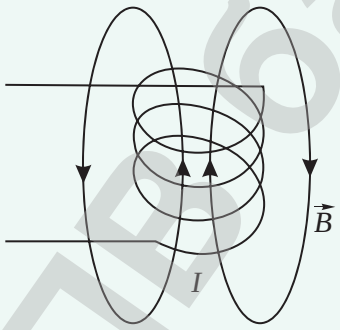


Рис. 159. *Направление магнитного поля катушки с током*

Экспериментальное задание

Из проволоки и железных стержней изготовьте электромагнит. Для намотки проволоки можно использовать бобины катушек ниток, в качестве стержней толстые гвозди. Испытайте действие электромагнита, соединив его с гальваническим элементом.

Творческое задание

Подготовьте сообщение по темам:

1. «Применение электромагнитов в технике».
2. «Роль электромагнитного реле в автоматизации производства».

АРМАН-ПВ спасы

§ 35. Действие магнитного поля на проводник с током, электродвигатель, электроизмерительные приборы

Ожидаемый результат

Прочитав параграф, вы сможете:

- *описать действие магнитного поля на проводник с током;*
- *определить направление силы Ампера, действующей на проводник с током в магнитном поле;*
- *объяснить вращательное движение рамки с током в магнитном поле;*
- *объяснить устройство и работу электродвигателя и электроизмерительных приборов*

I. Действие магнитного поля на проводник с током

Вокруг проводников с током образуется магнитное поле. Посредством магнитного поля взаимодействуют проводники с током, постоянные магниты. Рассмотрим взаимодействие полей постоянного магнита и проводника с током. Между полюсами подковообразного магнита подвесим проводник *(рис. 160)*. В момент замыкания ключа и появления тока в проводнике он выталкивается из магнитного поля, созданного между полюсами магнита. Развернув магнит, поменяем направление магнитного поля. В этом случае проводник отклонится в противоположную сторону, он втянется в пространство между полюсами магнита. Такой же результат получим, если, не меняя полюса магнита, изменим направление тока в проводнике.

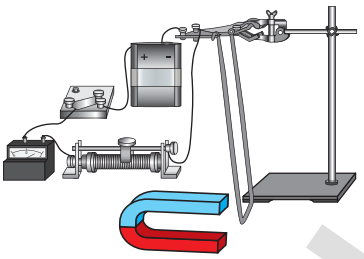


Рис. 160. *Действие магнитного поля подковообразного магнита на проводник с током*

Силу, с которой магнитное поле действует на проводник с током, называют *силой Ампера*.

Направление силы Ампера определяют по правилу левой руки.

Если левую руку расположить так, чтобы магнитные силовые линии входили в ладонь, а четыре вытянутых пальца совпадали с направлением электрического тока в проводнике, то отогнутый на 90° большой палец укажет направление силы Ампера, действующей на проводник в магнитном поле *(рис. 161)*.

II. Рамка с током в магнитном поле

Поместим, между полюсами подковообразного магнита поля, рамку с током *(рис. 162)*. По противоположным сторонам замкнутой рамки, ток течет в противоположных направлениях, следовательно, на них со стороны

АРМАГ-ПВ области

магнитного поля действуют равные по значению силы Ампера, но направленные в противоположные стороны. Эти силы не компенсируют друг друга, так как приложены к разным сторонам рамки. Такие силы принято называть *парой сил*. Они приводят рамку во вращение вокруг ее оси. Через каждые пол-оборота стороны рамки меняют расположение относительно полюсов магнита. Направление сил Ампера становится противоположным, и рамка должна вращаться в магнитном поле в обратном направлении. Таким образом, рамка будет совершать колебательное движение. Для сохранения вращательного движения рамки необходимо направление тока в ней через пол-оборота менять на противоположное.

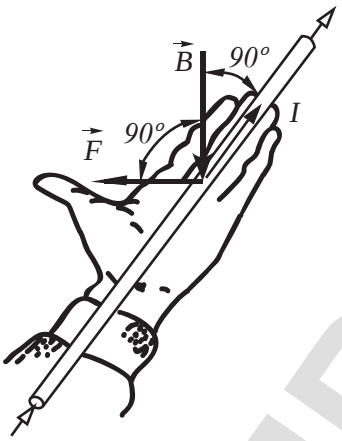


Рис. 161. *Направление силы Ампера определяют по правилу левой руки*

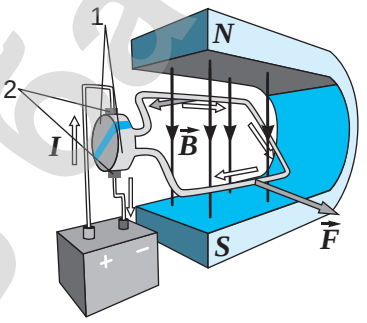


Рис. 162. *Вращение рамки с током в магнитном поле*

III. Электродвигатель

Принцип действия электродвигателя основан на действии магнитного поля на рамку с током.

Устройство, которое служит для превращения электрической энергии в механическую энергию, называют *электродвигателем*.

Потребовалось конструкторское решение по изменению направления тока в рамке через каждые пол-оборота. Только в этом условии, направление вращения рамки не меняется.

Устройство, которое изменяет направление тока в рамке, называют *коллектором*. Он состоит из полуколец (1) и щеток (2), соединенных с полюсами источника тока *(рис. 162)*. Рамка с током

Ответьте на вопрос

На какие стороны рамки сила Ампера не действует?

АРМАН-ПВ бесплатно

под действием магнитного поля, вращается. При вращении рамки полукольца касаются щеток поочередно, таким образом, ток в рамке меняет направление через каждые пол-оборота. Это приводит к постоянству направления вращения рамки под действием силы Ампера.

В промышленных электродвигателях *(рис. 163)* вместо постоянных магнитов, благодаря своим преимуществам, используют электромагнит. Его можно изготовить любого размера, он более мощный в сравнении с постоянным магнитом, им легче управлять. В поле, созданном электромагнитом, вращается рамка, состоящая из большого числа витков, выложенных в пазах железного цилиндра. Железный цилиндр является сердечником электромагнита, он усиливает действие магнитного поля. Увеличение числа витков в рамке приводит к увеличению мощности двигателя. Неподвижную часть электродвигателя, т.е. электромагнит, называют *статором* (1). Подвижную часть, т.е. рамку, – *ротором* (2). КПД электродвигателей значительно превышает КПД тепловых двигателей. Его значение достигает 98 %.

Задание

Изобразите в тетради полюса магнитов и прямоугольную рамку с током. По правилу левой руки определите направление силы Ампера, действующей на каждую сторону рамки, изобразите силы на рисунке. Приложите к макету рамки силы в том направлении, в котором вы указали на рисунке. Какое движение совершает рамка под действием приложенных сил?

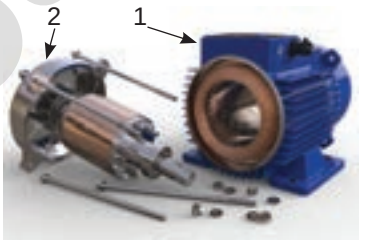


Рис. 163. *Статор и ротор электродвигателя*

IV. Электроизмерительные приборы

Вращение рамки в магнитном поле используется в измерительных приборах. На *рисунке 164* изображена схема устройства прибора магнитоэлектрической системы. Между полюсами постоянного магнита (1) располагают рамку (2), внутри которой находится сердечник (3). Ток в рамку поступает по металлическим спиральным пружинам (4). При отсутствии тока пружины удерживают рамку в горизонтальном положении, а указатель прибора на нулевом делении шкалы. При появлении тока в рамке она поворачивается до тех пор, пока действие силы Ампера и действие сил упругости пружины не станут равными. При этом указатель прибора поворачивается на соответствующий угол. Чем

Эксперимент в классе

Рассмотрите модель электродвигателя, укажите основные детали двигателя. Подключив к источнику постоянного тока 4 В, пронаблюдайте за вращением ротора. Поменяйте полюса источника в собранной цепи. Пронаблюдайте за изменением направления вращения ротора двигателя.

Задание

Предложите 2 варианта использования электродвигателя.

АРМАН-ПВ басласы

больше значение силы тока в рамке, тем сильнее взаимодействие магнита с рамкой, тем больше угол поворота рамки. Шкала прибора градируется в амперах или вольтах. Сердечник необходим для усиления магнитного поля в области расположения рамки. Магнитоэлектрические приборы служат только для измерения постоянного тока и напряжения, так как направление поворота рамки, зависит от направления тока в ней.

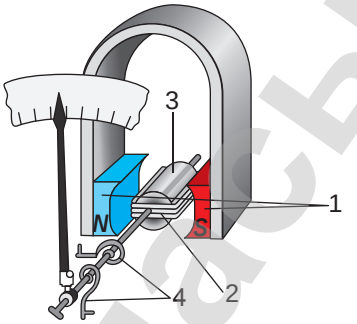


Рис. 164. *Измерительный прибор магнитоэлектрической системы*

Ответьте на вопросы

1. *Почему пара сил, приложенных к рамке в магнитном поле, не могут компенсировать друг друга?*
2. *Почему мощные электродвигатели постоянного тока с подвижными контактами коллектора пожароопасные?*

Контрольные вопросы

1. Какую силу называют силой Ампера?
2. Как определяют направление силы Ампера?
3. Как движется рамка с током в магнитном поле?
4. Как устроен электродвигатель постоянного тока?
5. Каким образом осуществляется смена направления тока в электродвигателе?
6. Как действуют измерительные приборы магнитоэлектрической системы?

Упражнение 27

1. Укажите на *рисунке 165* направление силы Ампера, действующей на проводники с током. Направление магнитного поля указано стрелкой $\vec{B}$.

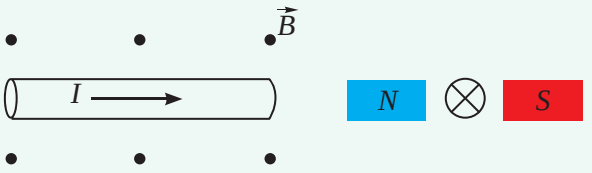


Рис. 165. *Рисунок к упр. 27.1*

АРМАНТВ баспасы

2. Укажите на *рисунке 166* направление силовых линий $\vec{B}$ магнитного поля.

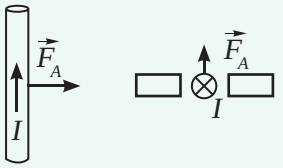


Рис. 166. *Рисунок к упр. 27.2*

3. Укажите на *рисунке 167* направление тока в проводнике.

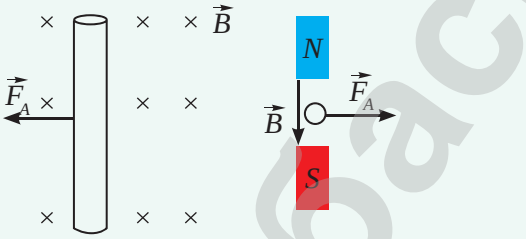


Рис. 167. *Рисунок к упр. 27.3*

Упражнение 27д

1. Выполните задания из упр. 27.1 и 27.2, изменив направление тока на противоположное.
2. Выполните задание из упр. 27.3, изменив направление магнитного поля на противоположное.

Творческое задание

Подготовьте сообщение:

1. «Применение электродвигателей постоянного тока в промышленности».
2. «Из истории создания электродвигателей».

АРМАНТЛВ баспасы

§ 36. Электромагнитная индукция, генератор

Ожидаемый результат

Прочитав параграф, вы сможете:

- *описать явление электромагнитной индукции;*
- *назвать условия, при которых возможно наблюдение электромагнитной индукции;*
- *привести примеры производства электрической энергии в мире и в Казахстане.*

Нам известно, что электрический ток порождает магнитное поле. Возможен ли обратный процесс, когда под действием магнитного поля в проводниках появляется электрический ток? На этот вопрос удалось дать ответ английскому ученому **Майклу Фарадею**. В 1822 году в своем дневнике он записал: «Превратить магнетизм в электричество», в 1831 году открыл явление электромагнитной индукции.

I. Явление электромагнитной индукции

Используя современные приборы, можно без особого труда провести опыт, аналогичный тому, который провел **Майкл Фарадей**. Соединим катушку с гальванометром. Вдвигая постоянный магнит в катушку, создадим переменное магнитное поле, пронизывающее ее. Стрелка гальванометра отклонится, это свидетельствует о появлении тока в катушке *(рис. 168)*. Прекратим движение магнита, оставив его внутри катушки. Гальванометр показывает отсутствие тока в цепи. Магнитное поле пронизывает катушку, но со временем поле вокруг магнита не меняется. Оно не меняется и при вращении магнита внутри катушки. При выдвижении магнита вновь появится ток в катушке, при этом стрелка гальванометра отклонится в другую сторону, следовательно, направление тока меняется.

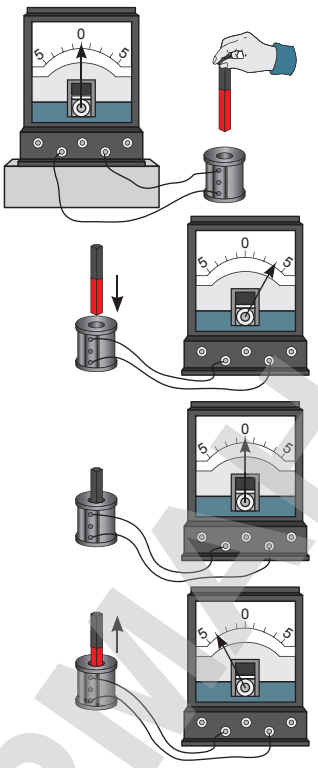


Рис. 168. *Явление электромагнитной индукции*

Повторим этот же опыт, но движение магнита относительно катушки ускорим, тогда угол отклонения стрелки гальванометра станет больше.

Явление электромагнитной индукции заключается в возникновении электрического тока в замкнутом проводящем контуре под воздействием переменного магнитного поля.

АРМИНПВ баспасы

Чем быстрее меняется магнитное поле, тем больше значение индукционного тока.

Заменим в опыте постоянный магнит на катушку с сердечником. Магнитное поле катушки с током аналогично магнитному полю полосового магнита. Расположим катушку с током и катушку, соединенную с гальванометром таким образом, чтобы их оси совпали. При движении катушек относительно друг друга стрелка гальванометра отклоняется, следовательно, в катушке, соединенной с гальванометром появляется индукционный ток. Отклонение стрелки гальванометра, наблюдается также в момент включения и в момент отключения цепи катушки с током. Увеличение тока в цепи при подключении или его уменьшение при отключении создают вокруг катушки переменное магнитное поле, что является необходимым условием наблюдения явления электромагнитной индукции.

Эксперимент в классе

Проведите опыт по обнаружению индукционного тока с использованием катушки с током. Убедитесь, что при включении и отключении тока в другой катушке, соединенной с гальванометром появляется индукционный ток.

Майкл Фарадей (1791–1867) – английский физик, основоположник учения об электромагнитном поле. Ввел понятия электрического и магнитного полей. Открыл явление электромагнитной индукции.

II. Что означает «переменное магнитное поле»?

Силовые линии полосового магнита представляют собой замкнутые линии, плотность которых максимальная у его полюсов. Приближение магнита к замкнутому проводящему контуру приводит к тому, что число силовых линий пронизывающих контур увеличивается *(рис. 169, а)*. При удалении полосового магнита от контура число линий пронизывающих контур уменьшается *(рис. 169, б)*. Магнитное поле полосового магнита для замкнутого контура является переменным: оно усиливается или, напротив, ослабевает. При таком условии в замкнутом проводящем контуре появляется индукционный ток.

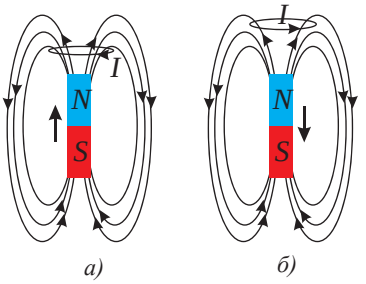


Рис. 169. *Изменение плотности силовых линий магнитного поля, пронизывающего контур*

III. Индукционный генератор постоянного тока

Принцип действия генератора основан на явлении возникновения индукционного тока в проводящей замкнутой рамке при вращении

АРМАН-ПВ баспасы

ее в магнитном поле. Число силовых линий, пронизывающих вращающуюся рамку, меняется, магнитное поле для вращающейся рамки является переменным.

Устройство генератора постоянного тока не отличается от устройства электродвигателя, только процессы, происходящие в генераторе и в двигателе обратные *(рис. 162 §35)*. Появление тока в рамке электродвигателя приводит ее во вращение в магнитном поле, а в генераторе вращение рамки в магнитном поле приводит к появлению в ней индукционного тока. Для получения постоянного по направлению тока в коллекторе генератора используют полукольца, так же как и в электродвигателях постоянного тока.

IV. Индукционный генератор переменного тока

Для получения в цепи переменного тока служат индукционные генераторы переменного тока. Устройство индукционного генератора схематично дано на *рисунке 170*. Рамку (2) – *якорь генератора* – вращают в магнитном поле (1) *индуктора генератора*. При его вращении число силовых линий, пронизывающих рамку, меняется, в рамке появляется индукционный ток. В генераторах переменного тока *коллектор* представляет собой два кольца (3), каждая из которых соединяется с подвижными контактами – *щетками* (4). Во внешней цепи ток имеет такое же направление, как и ток в рамке. Через каждые пол-оборота рамки направление тока в ней будет меняться. Во внешней цепи потечет переменный ток.

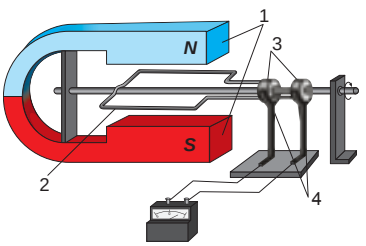


Рис. 170. *Принципиальное устройство индукционного генератора*

Генератор индукционного тока **– это устройство, в котором механическая энергия превращается в электрическую энергию.**

В промышленных генераторах вместо постоянного магнита используют электромагнит, вместо одной вращающейся рамки – обмотку из нескольких рамок. Внутреннюю обмотку *(рис. 171)* используют для создания переменного магнитного поля, для этого в нее через коллектор подают ток низкого напряжения и приводят во вращение. Во внешней обмотке *(рис. 172)* возникает индукционный ток высокого напряжения,

Рис. 171. *Внутренняя обмотка генератора – индуктор*

АРМАН-ПВ баспасы

который через неподвижные контакты передают потребителю. Таким способом уменьшают потери электроэнергии на подвижных контактах, использование генераторов становится менее пожароопасным.

Внутреннюю обмотку генератора приводят во вращение посредством турбины, установленной на вал генератора.

Рис. 172. *Внешняя обмотка генератора – якорь*

V. Производство электроэнергии в Казахстане

Для производства электроэнергии во всем мире в основном используют индукционные генераторы переменного тока. Их устанавливают в ГЭС, ТЭС, ТЭЦ, ГРЭС, АЭС. Для вращения вала генератора используются водяные, паровые и газовые турбины. На теплоэлектростанциях энергия топлива превращается во внутреннюю энергию пара, затем в механическую энергию вращения турбины и электрическую энергию генератора *(рис. 173)*. На гидроэлектростанциях потенциальная энергия падающей с плотины воды превращается в энергию вращения турбины, затем в генераторе – в электрическую энергию *(рис. 174)*.

Рис. 173. *Паровая турбина и ротор генератора установлены на один вал*

Ответьте на вопросы

1. *Почему в промышленных генераторах приводят во вращение индуктор, а якорь оставляют неподвижным?*
2. *Почему явление электромагнитной индукции можно наблюдать как при движении магнита относительно катушки, так и катушки относительно магнита?*
3. *Почему при использовании солнечных батарей и ветрогенераторов необходимы аккумуляторы?*

Производство электроэнергии на 1 человека в год, МВт · ч	
США	14
Россия	6,7
Казахстан	4,0
Китай	3,5

АРХИВ-ПРОБЕЛЫ

Рис. 174. *Водяная турбина вращает вал генератора*

В Казахстане, электроэнергия вырабатывается в основном на гидро- и теплоэлектростанциях. В 2013 году на гидроэлектостанциях было выработано 12,3 % от всей энергии, на теплоэлектростанциях 87,5 % и только 0,2 % энергии получено с использованием альтернативных источников энергии. В 2015 году, согласно Государственной программе, доля альтернативных источников энергии в общем объеме производства электроэнергии, должна была превысить 1 %. С каждым годом в связи с уменьшением органических видов топлива доля возобновляемых источников должна возрастать. Проблемы, которые необходимо решить при запуске электростанций с использованием альтернативных источников: повышение мощности установок, улучшение качества аккумуляторов для накопления энергии.

Большую часть энергии потребляет промышленность, около 85 %, на долю населения приходится около 12 % и 3 % расходуется на транспорт.

АРМАНТР басылы

Контрольные вопросы

1. В чем заключается явление электромагнитной индукции?
2. При каких условиях наблюдается явление электромагнитной индукции?
3. Как зависит величина индукционного тока от скорости изменения магнитного поля?
4. В чем сходство и различие индукционного генератора с двигателем постоянного тока?

Творческие задания

Подготовьте сообщение по темам (на выбор):

1. «Жизнь и деятельность М. Фарадея».
2. «Использование индукционных генераторов в технике».
3. «Электростанции РК».
4. «Производство электроэнергии в странах мира».

АРМАН-ПВ баспасы

Правило буравчика:

- ***Для прямого тока:*** Если направление поступательного движения буравчика совместить с направлением тока в проводнике, то вращательное движение рукоятки буравчика укажет направление силовых линий магнитного поля.
- ***Для кругового тока:*** Если рукоятку буравчика вращать по направлению тока в витках катушки, то его поступательное движение укажет направление силовых линий магнитного поля внутри катушки.

Правило правой руки:

- ***Для прямого тока:*** Если большим пальцем правой руки, отогнутым на 90° указать направление тока в прямом проводе, то четыре пальца, охватывающие провод, укажут направление магнитного поля.
- ***Для кругового тока:*** Если правую руку расположить, не касаясь катушки так, чтобы четыре пальца указывали направление тока в ней, то отогнутый большой палец покажет направление силовых линий магнитного поля внутри катушки.

Правило левой руки:

- Если левую руку расположить так, чтобы магнитные силовые линии входили в ладонь, а четыре вытянутых пальца совпадали с направлением электрического тока в проводнике, то отогнутый на 90° большой палец покажет направление силы Ампера, действующей на проводник в магнитном поле.

Глоссарий

Генератор индукционного тока – это устройство, в котором механическая энергия превращается в электрическую энергию.

Магнитотвердые ферромагнетики – это вещества, длительное время сохраняющие свойство намагниченности.

Сила Ампера – это сила, с которой магнитное поле действует на проводник с током.

Силовые линии магнитного поля – это замкнутые линии, охватывающие проводник с током.

Ферромагнетики – это вещества, которые значительно усиливают внешнее магнитное поле.

Электродвигатель – это устройство, которое служит для превращения электрической энергии в механическую энергию.

Электромагнит – это катушка с сердечником.

Электромагнитное реле – устройство для автоматического управления цепью.

Явление электромагнитной индукции заключается в возникновении электрического тока в замкнутом проводящем контуре под воздействием переменного магнитного поля.

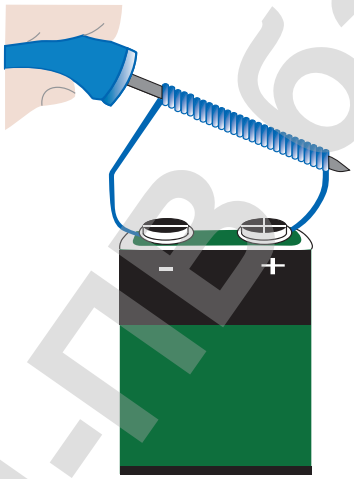
АРМАН-ПВ баспасы

Намагниченная отвертка и ножницы.

В школе заканчивается урок труда. Какая досада, последний шуруп упал с верстака на пол и закатился в узкое место, куда не пролазит рука Ауэза, и отвертка едва дотягивается до шурупа. Скворечник не доделан! Аналогичная ситуация происходит в мастерской девочек. Швейная игла предательски выскальзывает из рук, а так хотелось завершить последние стежки и надеть платье на куклу. Такую ситуацию можно легко разрешить, если в ваших руках намагниченная отвертка или ножницы!

Задание

Используя батарейку гальванических элементов на 6–9 В и изолированный провод длиной около 1 м, сделайте ваш инструмент намагниченным.



- Зачистите электрический провод с обоих концов. Возьмите отрезок электропровода, зачистите оба его конца от изоляции примерно на 2,5 см. Рекомендуется использовать провод с диаметром жилы от 0,6 до 1,3 мм. Помните: провод с тонкой изоляцией позволяет добиться более сильного магнетизма.
- Намотайте провод на отвертку. Туго намотайте 10–20 оборотов проволоки вокруг инструмента.
- Подсоедините концы провода к батарейке. При этом сам провод и контакты батарейки очень быстро накалятся. Отсоедините батарейку через 30–60 секунд.
- Испытайте действие инструмента на мелких гвоздях, иголках.

Помните: Не рекомендуется применять более мощные батарейки, если у вас нет опыта безопасного обращения с ними.

АРМАН-ПВ баспасы

Я могу это сделать!

Конкурс самодельных устройств, игрушек-сувениров, действующих на магнитных явлениях.

Изделия из моторчика	Сувенир из магнитика
Что сделать из моторчика? Некоторые детали в поломанной и непригодной для дальнейшего использования технике можно применять в домашних условиях. Довольно часто у мужчин возникает вопрос о том, что можно сделать из моторчика? На самом деле вариантов очень много, главное – терпение, умение работать с техникой и воображение. **Задание** Изучите модели вентиляторов, выполненные своими руками из моторчиков малой мощности. Это можно сделать, изучив материалы сети Интернет и просмотрев несколько полезных видеороликов. Подберите подручный материал, из которого вы планируете изготовить вентилятор. Продумайте весь ход работы, запишите технологию изготовления. Изготовьте прибор. По мере выполнения задания корректируйте написанную вами ранее технологию.	Скоро праздник, наведите порядок в своих игрушках. Наверняка там у каждого найдется маленький магнитик. Кстати, из него можно сделать отличный подарок, только, немного надо пофантазировать! **Задание** Изучите материалы сети Интернет. Используйте понравившуюся вам идею. Может это просто магнитик на холодильник с памятными местами, где вы были всей семьей? Подберите подручный материал для изготовления сувенира. Запишите технологию изготовления. Приступайте к изготовлению сувенира.

АРМАН-ПВ Беларусь

Контрольный тест

Вариант 1

1. **Вокруг проводника с постоянным током образуется ...**
   A) Электрическое поле.
   B) Магнитное поле.
   C) Электростатическое поле.
   D) Вакуум.
2. **Направление магнитного поля в данной точке поля указывает на:**
   A) Северный полюс магнитной стрелки.
   B) Южный полюс магнитной стрелки.
   C) Ось магнитной стрелки.
   D) Направление вращения магнитной стрелки.
3. **Электромагнит – это ...**
   A) Полосовой магнит.
   B) Подковообразный магнит.
   C) Катушка с сердечником.
   D) Любой проводник с током.
4. **Устройство, которое служит для превращения электрической энергии в механическую.**
   A) Электродвигатель.
   B) Генератор.
   C) Электромагнитное реле.
   D) Электромагнит.
5. **Вещества, длительное время сохраняющие свойство намагниченности.**
   A) Парамагнетики.
   B) Диамагнетики.
   C) Магнитомягкие ферромагнетики.
   D) Магнитотвердые ферромагнетики.
6. **Силу, с которой магнитное поле действует на проводник с током, называют силой ...**
   A) Ампера.
   B) Вольта.
   C) Фарадея.
   D) Ома.
7. **Явление возникновения электрического тока в замкнутом проводящем контуре под воздействием переменного магнитного поля.**
   A) Сила тока.
   B) Явление магнитной индукции.
   C) Явление электромагнитной индукции.
   D) Электрический ток.

АРМАН-ПВ баспасы

Вариант 2

1. **Силовые линии магнитного поля вокруг проводника с током представляют собой ...**
   A) Параллельные линии.
   B) Замкнутые линии произвольной формы.
   C) Концентрические окружности.
   D) Эллипсы.
2. **Направление силовых линий магнитного поля можно определить ...**
   A) Только по правилу буравчика.
   B) Только по правилу правой руки.
   C) По правилу левой руки.
   D) По правилам буравчика и правой руки.
3. **Устройство, которое служит для автоматического управления цепью.**
   A) Электромагнит.
   B) Электромагнитное реле.
   C) Постоянный магнит.
   D) Катушка с током.
4. **Вещества, которые значительно усиливают внешнее магнитное поле.**
   A) Диамагнетики.
   B) Парамагнетики.
   C) Ферромагнетики.
   D) Проводники.
5. **Ученый, объяснивший магнитные свойства вещества циркулирующими внутри вещества токами.**
   A) А. Ампер.
   B) А. Вольта.
   C) М. Фарадей.
   D) Г. Ом.
6. **Устройство, принцип действия которого основан на явлении возникновения индукционного тока в проводящем замкнутом контуре в переменном магнитном поле.**
   A) Электродвигатель.
   B) Индукционный генератор.
   C) Ротор.
   D) Статор.
7. **Ученый, обнаруживший явление электромагнитной индукции.**
   A) М. Фарадей.
   B) А. Ампер.
   C) Г. Ом.
   D) Д. Джоуль.

АРМАН-ПВ баспасы

ГЛАВА VII

СВЕТОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ

Световые явления раскрыты с точки зрения геометрической оптики. Это раздел физики, изучающий законы распространения света в прозрачных средах; законы отражения света от зеркальных поверхностей.

Изучив главу, вы сможете:

- графически изображать солнечное и лунное затмения;
- экспериментально определять зависимость между углами падения и отражения;
- объяснять и приводить примеры зеркального и рассеянного отражения;
- строить изображение в плоском зеркале и описывать его характеристики;
- строить ход лучей в сферических зеркалах для получения изображений тела, характеризовать полученное изображение;
- строить ход лучей в плоскопараллельной пластине;
- применять закон преломления света при решении задач;
- объяснять явление полного внутреннего отражения, опираясь на эксперимент;
- экспериментально определять показатель преломления стекла;
- сравнивать полученное значение показателя преломления с табличным и оценивать достоверность результата;
- применять формулу тонкой линзы для решения задач;
- применять формулу линейного увеличения линзы в решении задач;
- строить ход лучей в тонкой линзе и характеризовать полученные изображения;
- определять фокусное расстояние и оптическую силу линзы;
- описывать коррекцию близорукости и дальнозоркости глаза;
- конструировать простые оптические приборы.

АРМАНТВ бастасы

§ 37. Закон прямолинейного распространения света

Ожидаемый результат

Прочитав параграф, вы сможете:

- *объяснить образование теней и полутеней;*
- *графически изображать солнечное и лунное затмения.*

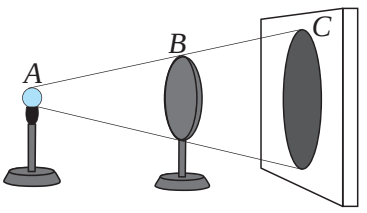


Рис. 175. *Тень диска от точечного источника*

Интересно знать!

Театр теней – форма визуального искусства, зародившаяся в Китае свыше 1700 лет назад. Театр теней использует большой полупрозрачный экран и плоские цветные марионетки, управляемые на тонких палочках.
В середине 2000-х зародилось новое течение театра теней, в котором вместо марионеток тени создают танцоры. На *рис.177* изображены тени из постановки «Зоопарк».

I. Закон прямолинейного распространения света

В представлении И. Ньютона и Х. Гюйгенса о природе света вводится понятие «луч». Он определяет направление распространения света.

Луч **– это линия, вдоль которой распространяется свет.**

Еще задолго до того, как было выяснено что представляет собой свет, его свойства использовались в практике. Например древние египтяне использовали прямолинейное распространение света для выставления в ряд колонн. Они располагали их так, чтобы из-за ближайшей к наблюдателю колонны другие не были видны. Этот способ используют и в наше время для установки столбов, вдоль одной прямой. Многовековой опыт показал, что свет распространяется прямолинейно.

В однородной прозрачной среде свет распространяется прямолинейно.

Образование теней является убедительным доказательством закона прямолинейного распространения света.

II. Тень от точечного источника света

Получим тень от малого по размеру источника света. *Если размерами источника света можно пренебречь в сравнении с расстоянием от источника до экрана, то его называют точечным источником.*

Расположим между точечным источником света и экраном диск, на экране появится тень от диска *(рис. 175)*. В область тени свет от источника не попадает. Проведем прямую соединяющую точку А, которая находится на источнике с точкой В, расположенной на диске. Продолжим ее до пересечения с экраном. Точка С на краю тени будет принадлежать проведенной прямой,

АРМАТ-ЛВ Басласы

что свидетельствует о прямолинейном распространении луча света АС.

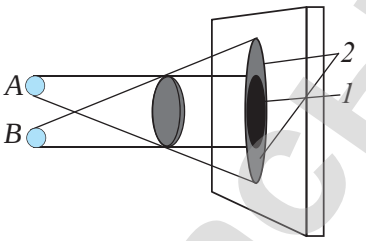


Рис. 176. *Образование тени и полутеней при освещении диска двумя точечными источниками*

III. Тень, созданная двумя точечными источниками света

Рядом с первой лампочкой поставим другую, тогда на экране появится вторая тень диска *(рис. 176)*. За диском образуются *область тени (1) и две области полутени (2). Полутень – это области частично освещенного пространства. В эти области свет попадает только от одного источника. В область тени свет не попадает ни от одного источника.*

Находясь в тени, мы не сможем увидеть источники света. Переместившись в полутень, можно увидеть одну из ламп. Выйдя из области полутени, мы увидим обе лампы.

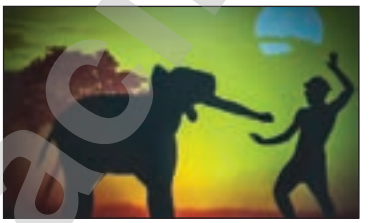


Рис. 177. *Сцена из постановки «Зоопарк». Театр теней «Teulis» г. Алматы*

IV. Солнечное затмение

Видимые с Земли диски Солнца и Луны близки по размерам. При движении по своим орбитам Солнце, Земля и Луна периодически выстраиваются в одну линию. Если Луна расположится между Солнцем и Землей, то жители некоторых регионов Земли, оказавшись в области тени или полутени, могут наблюдать солнечное затмение *(рис. 178)*. Солнечное затмение возможно только в новолуние. В этой фазе Луна находится с дневной стороны Земли. Тот, кто на Земле, окажется в области тени Луны и будет наблюдать полное затмение Солнца. Частичное затмение увидят люди, попавшие в область полутени. Тень Луны перемещается по поверхности Земли со скоростью 1 км/с, поэтому жители разных регионов могут наблюдать солнечное затмение в разное время. Продолжительность полного затмения не превышает 8 минут, оно длится с момента, когда диск Луны начинает закрывать диск Солнца, и заканчивается моментом, когда диск Луны полностью сходит с диска Солнца. В период полного затмения быстро темнеет, на небосводе можно увидеть звезды, черный диск Солнца и светящуюся вокруг него корону *(рис. 179)*. Солнечные затмения повторяются не чаще 1 раза за 1,5 года. Для одной и той же местности солнечное затмение повторяется через каждые 200–300 лет.

Задания

1. Приведите два примера использования прямолинейного распространения света
2. Изобразите ход лучей в приведенных примерах, укажите область тени, полутени.

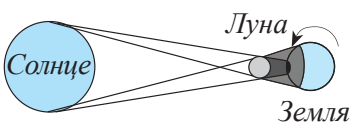


Рис. 178. *Солнечное затмение*

АРМАН-ПВ баспасы

При частичном затмении диск Солнца полностью не закрывается, наблюдатель, использующий зачерненное стекло или пленку, видит серп, подобный Луне *(рис. 179)*. Без зачерненного стекла наблюдать частичное затмение невозможно: диск Солнца будет казаться целым.

V. Лунное затмение

Жители Земли наблюдают лунное затмение в том случае, если Земля окажется между Солнцем и Луной *(рис. 180)*. Луна входит в область земной тени. Такое положение небесных тел, возможно только в полнолуние. Поэтому в период лунного затмения, мы видим круглый диск Луны. Лунное затмение длится около 1 часа 40 минут. Лучи Солнца, огибая Землю окрашивают Луну в темно-красный цвет. Все жители ночной стороны Земли, могут наблюдать лунное затмение одновременно.

Рис. 179. *Полное и частичное затмения Солнца*

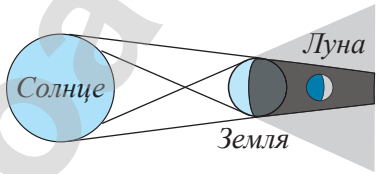


Рис. 180. *Лунное затмение*

Если бы Солнце, Земля и Луна совершали свое движение в одной плоскости, то лунное затмение происходило бы каждое полнолуние, солнечное затмение – каждое новолуние, т.е. ежемесячно по два затмения. Но наклон лунной орбиты составляет около 5 градусов с орбитой Земли, поэтому затмения происходят намного реже. Многолетние наблюдения показали, что лунные и солнечные затмения происходят с циклом, длина которого составляет около 18 лет. Этот период называют «сарос». За один сарос происходит 28–29 лунных и 41–43 солнечных затмений. Вопреки широко распространенному заблуждению, лунные затмения происходят реже, чем солнечные. Однако лунное затмение наблюдается на половине земного шара, частичное солнечное затмение не более чем на четверти земного шара, полное солнечное затмение происходит в полосе не шире 250 км.

Ответьте на вопросы

1. *Почему лунные и солнечные затмения не происходят ежемесячно?*
2. *Почему лунное затмение жители ночной стороны наблюдают одновременно?*
3. *Почему солнечное затмение жители дневной стороны наблюдают в разное время?*
4. *Почему Луна в период лунного затмения не исчезает, а становится красного цвета?*
5. *Почему наблюдать солнечное затмение рекомендуют через затемненные стекла?*
6. *Почему изменяются очертания тени и полутени человека, когда он удаляется от фонаря уличного освещения?*
7. *Почему в комнате, освещаемой одной лампой, получаются резкие тени от предметов, а в комнате, где источником освещения служит люстра, такие тени не наблюдаются?*

АРМАН-ПВ баспасы

Контрольные вопросы

1. Что такое луч света?
2. Сформулируйте закон прямолинейного распространения света.
3. Как образуются тени и полутени?
4. Какой источник света называют точечным?
5. При каком условии наблюдается затмение Солнца?
6. Когда можно наблюдать затмение Луны?

Упражнение 28

1. На крытом стадионе у спортсменов, находящихся на поле, четыре тени. Чем это можно объяснить?
2. В солнечный день длина тени на земле от человека ростом 1,8 м равна 90 см, а от дерева – 10 м. Какова высота дерева?
3. Уличный фонарь висит на высоте 3 м. Палка длиной 1,2 м, установленная вертикально в некотором месте, отбрасывает тень, длина которой равна длине палки. На каком расстоянии от основания столба расположена палка?

Упражнение 28д

1. Как влияют размеры источника света на ширину области полутени?
2. В солнечный день длина тени на земле от дома равна 40 м, от дерева высотой 3 м длина тени равна 4 м. Какова высота дома?

Экспериментальное задание

1. Определите высоту дома, в котором вы живете, используя палку и измерительную ленту.

АРМАНПВ баспасы

§ 38. Отражение света, законы отражения, плоские зеркала

Ожидаемый результат

Прочитав параграф, вы сможете:

- *экспериментально определять зависимость между углами падения и отражения;*
- *объяснять и приводить примеры зеркального и рассеянного отражения;*
- *строить изображение в плоском зеркале и описывать его характеристики.*

I. Законы отражения

Все тела, которые не излучают свет, видимы благодаря отражению падающих на них лучей света.

И. Ньютон, исследуя взаимодействие света с поверхностью тел, предположил что свет – это поток частиц. Столкновение частиц с телом он рассматривал как упругое или неупругое взаимодействие. При упругом взаимодействии частицы от поверхности тела отражаются. При неупругом – остаются на поверхности, поглощаются. И. Ньютон, применив законы механики, сформулировал закон отражения света

Отражение частиц света можно представить как движение бильярдного шара при столкновении с бортом стола *(рис. 181)*. Если шаром ударить борт, направив его вдоль линии, перпендикулярной борту, то шар отразится вдоль той же линии. Если шар направить под углом α к линии перпендикуляра, то он отразится под углом β, который в точности равен углу α.

Проведем опыт с оптическим диском. Закрепим в центре диска зеркало с плоской поверхностью. С помощью источника света направим узкий луч света перпендикулярно поверхности зеркала: луч отразится вдоль линии падения луча *(рис. 182)*. Направим луч света под некоторым углом α относительно перпендикуляра к поверхности зеркала. Луч отразится под углом β, равным углу α. Увеличим угол α, угол β увеличится на то же значение. Таким образом, нами проверены законы отражения света *(рис. 183)*.

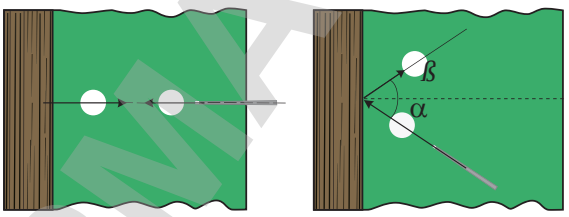


Рис. 181. *Отражение бильярдного шара от борта стола*

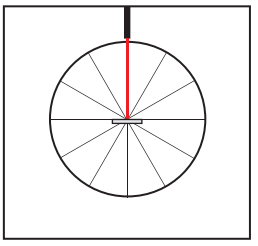


Рис. 182. *Луч, перпендикулярный поверхности зеркала, отражается в обратном направлении*

АРМАНПВ бастасы

Луч падающий, луч отраженный и перпендикуляр к границе раздела двух сред, восстановленный в точку падения луча, лежат в одной плоскости.

Угол падения луча равен углу отражения: $\alpha = \beta$.

Угол падения – это угол между перпендикуляром к границе раздела двух сред, восстановленным в точку падения луча и лучом падения.

Угол отражения – это угол между перпендикуляром к границе раздела двух сред, восстановленным в точку падения и отраженным лучом.

II. Зеркальное и рассеянное отражение

Закроем поверхность зеркала белой бумагой с шероховатой поверхностью и направим на него несколько параллельных лучей. Направление отраженных лучей станет произвольным. Сравним построением ход отразившихся лучей от разных поверхностей.

Параллельный пучок света, падающий на ровную зеркальную поверхность, отражается параллельным пучком. Параллельный пучок света, падая на шероховатую поверхность, отражается расходящимся пучком (рис. 184). Поэтому мы не видим своего изображения на листе белой бумаги, на белых стенах комнат, хотя они отражают до 90 % падающих на них лучей света. Зеркальная поверхность стекол, отполированного металла, воды позволяют получить изображение.

Ответьте на вопросы

1. *Почему поверхность стекла дает изображение, а битое стекло нет?*
2. *Почему цвета влажных поверхностей нам кажутся более яркими, насыщенными?*
3. *Почему для освещения помещений используют рассеянный свет?*

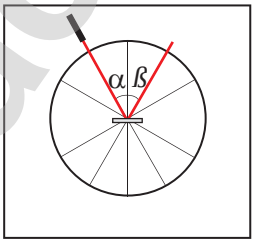


Рис. 183. *Угол падения светового луча равен углу отражения*

Эксперимент в классе

Используя лабораторный комплект по оптике, сравните угол падения светового луча с углом отражения от плоского зеркала.
Как изменяется угол отражения при увеличении угла падения?
Что произойдет с отраженными лучами, если поверхность станет шероховатой?

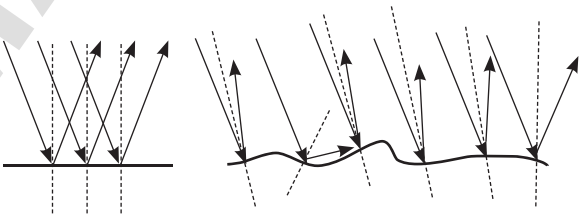


Рис. 184. *Зеркальное и рассеянное отражения*

АРМАН-ПВ басласы

III. Изображение в плоском зеркале

Почему мы видим изображение за плоскостью зеркала? Ответим на этот вопрос построением падающих и отраженных лучей от источника S *(рис. 185)*.

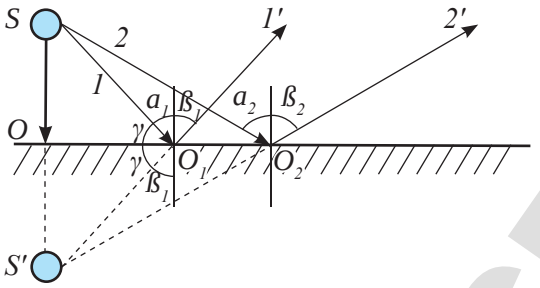


Рис. 185. *Мнимое изображение в плоском зеркале*

Человек видит предмет в точке пересечения лучей, попавших в его глаз. Продолжим отраженные зеркалом лучи 1′ и 2′ до их пересечения в точке S'. Именно в этой точке, мы будем видеть изображение источника света S. На самом деле за зеркалом ничего нет, поэтому изображение называют *мнимым*.

Изображение называют мнимым, если оно получено в результате пересечения продолжений расходящихся лучей отраженных от зеркала.

Прямоугольные треугольники SO O_1 и $S'OO_1$, получившиеся при построении, равны, у них есть общая сторона OO_1, равные углы γ как дополнительные углы к углам α и β. Следовательно, катеты SO и $S'O$ также равны. Изображение предмета в плоском зеркале находится от плоскости зеркала на том же расстоянии, что и сам предмет.

Наблюдение за своим изображением в плоском зеркале позволяет обнаружить еще ряд свойств зеркального изображения. *Плоское зеркало дает равное по размерам прямое изображение, которое обладает зеркальной симметрией (рис. 186)*. Протяните своему изображению правую руку, в ответ оно протянет вам левую.

Итак, изображение, которое дает плоское зеркало, *мнимое, прямое, равное по размеру предмету находится, на равном расстоянии от плоскости зеркала по другую её сторону.*

Рис. 186. *Зеркальная симметрия тела и его изображения в плоском зеркале*

IV Построение изображения в плоском зеркале

Для получения изображения в плоском зеркале, достаточно опустить на его поверхность перпендикуляры от крайних точек предмета. Затем отложить от плоскости зеркала отрезки,

АРМАН-ПВ баспасы

равные расстоянию от точек предмета до зеркала, полученные точки соединить *(рис. 187)*.

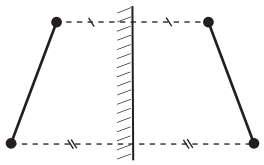


Рис. 187. *Построение изображения предмета в плоском зеркале*

V. Применение плоских зеркал

Археологи обнаружили первые небольшие зеркала из серебра, меди и бронзы, относящиеся к бронзовому веку. Позже научились делать зеркала из стекла, нанося на тыльную сторону пластинки тонкий слой серебра, золота или олова.

Плоские зеркала широко используются и в быту, и в технике при создании различных устройств и приборов. В настоящее время зеркала получили применение в дизайне интерьеров, чтобы создать иллюзию пространства большого объема в небольших помещениях.

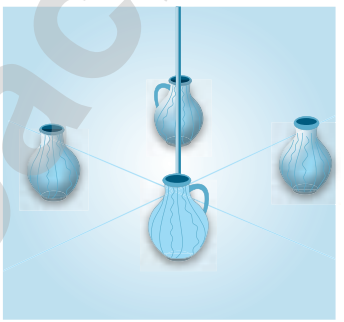


Рис. 188. *Изображения кувшина в двух взаимно перпендикулярных плоскостях*

В тех случаях, когда обзор человека по каким-либо причинам ограничен, зеркала особенно полезны. Так, в каждом автомобиле, на дорожных велосипедах имеется одно или несколько зеркал для расширения поля зрения. Стоматолог при помощи плоского зеркала рассматривает зубы пациента. Для наблюдения за поверхностью моря с подводной лодки, идущей на небольшой глубине, или для наблюдения за местностью из бункера служит прибор перископ. Простейший перископ представляет собой трубу, на обоих концах которой закреплены зеркала, наклоненные относительно поверхности трубы на 45° *(рис. 189)*.

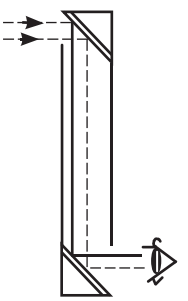


Рис. 189. *Ход лучей в перископе*

Задание

Постройте изображение точечного источника света в двух взаимно перпендикулярных зеркальных плоскостях.
Сколько изображений вы получили?
Почему на *рисунке 188* три изображения? Выскажите свое предположение.

АРМАН-ПВ баспасы

Зеркала, находящиеся под углом друг к другу, дают несколько изображений. Их используют в парикмахерских, чтобы клиенты могли видеть свою голову сбоку и сзади. Детская игрушка «калейдоскоп» состоит из трех плоских зеркал, что позволяет получить разнообразные симметричные узоры из нескольких кусков цветного стекла.

Зеркала широко используются в различных оптических приборах, например: спектрометрах, телескопах, лазерах, зеркальных фотоаппаратах.

Контрольные вопросы

1. Сформулируйте законы отражения.
2. Какой угол называют углом падения? Углом отражения?
3. Чем отличаются зеркальное и рассеянное отражения?
4. Какое изображение дает плоское зеркало? Как его построить?

Упражнение 29

1. При каком значении угла падения угол между падающим лучом и отраженным равен 60º?
2. Постройте изображение трех светящихся точек A, B, и C в плоском зеркале *(рис. 190)*. Определите графически область видения изображения в зеркале для каждой точки и для всех трех точек.
3. Угол падения луча на плоское зеркало увеличили от 30º до 45º. Как изменится угол между падающим и отраженным лучом?

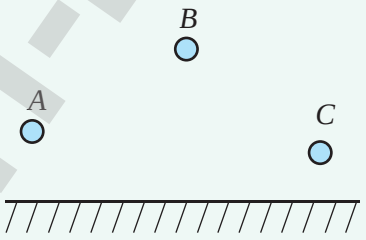


Рис. 190. *Рисунок к упр. 29.2*

Упражнение 29 д

1. Луч света падает на плоское зеркало под углом 30º к его поверхности. Чему равен угол между падающим лучом и отраженным?

АРМАН-ПВ баспасы

2. С какой скоростью человек, идущий к зеркалу со скоростью 2 м/с, приближается к своему изображению?
3. Солнечные лучи составляют с поверхностью Земли угол 40º. Под каким углом к горизонту следует расположить плоское зеркало, чтобы изменить направление луча внутрь узкой трубы, врытой вертикально в песок?

Экспериментальное задание

1. Встаньте перед зеркалом. Сравните изображение с описанным в учебнике. С какой стороны у вашего отражения находится сердце? Отступите от зеркала на несколько шагов.Что происходит с изображением? Как изменилось расстояние от зеркала до изображения? Изменилась ли высота изображения?
2. Сконструируйте перископ или калейдоскоп.

Творческое задание

Подготовьте сообщение на тему: «Применение плоских зеркал».

Интересно знать!

Наибольшую известность получили знаменитые венецианские зеркала, которые стоили столь дорого, что для их покупки французские аристократы иногда вынуждены были продавать целые имения.
Неограниченное число отражений дают два плоских зеркала, расположенных параллельно друг к другу. Это свойство плоских зеркал использовали кинорежиссеры для съемок массовых сцен, например, при съемках кинокартин «Илья Муромец», «По щучьему велению», когда потребовалось появление «на чистом поле» многочисленного войска. Плоские зеркала с давних времен используются для создания оптических иллюзий в театрах и цирках.

АРМАНПВ базасы

§ 39. Сферические зеркала, построение изображения в сферическом зеркале

Ожидаемый результат

Прочитав параграф, вы сможете:

- *назвать основные точки, линии и плоскости сферических зеркал;*
- *строить ход трех лучей в сферическом зеркале;*
- *построением получить изображение тела в сферическом зеркале;*
- *характеризовать полученное изображение.*

I. Сферические зеркала, характерные точки и линии сферических зеркал

Если поверхность зеркала представляет собой часть сферы, то это зеркало называют сферическим. В качестве отражающей поверхности можно использовать как внешнюю, так и внутреннюю поверхность зеркала. На *рисунках 191* и *192* изображены вогнутое и выпуклое зеркала.

Точка О – центр сферической поверхности зеркала, С – вершина зеркала. Прямую линию, проходящую через центр сферической поверхности, и вершину зеркала, называют главной оптической осью – ГОО.

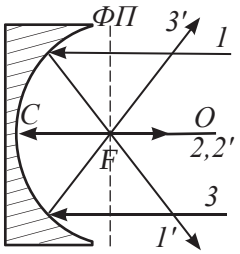


Рис. 191. *Вогнутое зеркало*

Приосевые лучи, падающие параллельно главной оптической оси, проходят после отражения через фокус зеркала, эта точка обозначается *F*. Для сферических зеркал точка фокуса удалена от вершины на расстояние, равное половине радиуса кривизны *R* сферической поверхности:

$$F = \frac{R}{2}.$$

На рисунке отрезок ОС = *R*, отрезок $CF = \frac{R}{2}$.

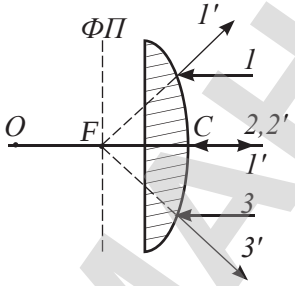


Рис. 192. *Выпуклое зеркало*

Плоскость, проходящую через фокус линзы перпендикулярно оптической оси, называют фокальной плоскостью – ФП.

II. Отражение лучей в сферических зеркалах

В зависимости от направления и точки падения приосевых лучей они по-разному отражаются от сферического зеркала. Познакомимся с ходом некоторых лучей *(рис. 193, 194)*.

Луч 1, падающий в точку вершины зеркала под углом α к главной оптической оси, отражается под тем же углом α. Отраженный луч на рисунке обозначен цифрой 1′.

Луч 2, проходящий через центр сферической поверхности, отражается вдоль линии падения луча, отраженный луч – 2′.

АРМАН-ПВ обрезы

Луч 3, прошедший через фокус зеркала, после отражения станет параллельным главной оптической оси зеркала, луч отраженный – 3′.

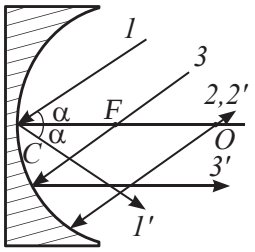


Рис. 193 *Ход лучей после отражения вогнутым зеркалом*

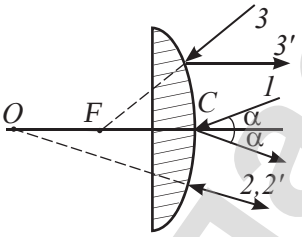


Рис. 194 *Ход лучей после отражения выпуклым зеркалом*

III. Построение изображения в вогнутом зеркале

Для построения изображения тела в зеркале предварительно необходимо найти изображение его крайних точек. *Из множества лучей, исходящих от крайней точки тела, изображают два, ход которых известен. Точка пересечения лучей после их отражения от плоскости зеркала является изображением крайней точки тела.* Для получения изображения тела, перпендикулярного главной оптической оси, достаточно получить изображение одной крайней точки и опустить перпендикуляр на главную оптическую ось.

Вид изображения зависит от того, на каком расстоянии тело находится от вершины зеркала. Исследуем эту зависимость, рассмотрим случай, когда:

1. *Предмет находится между вершиной C и фокусом F зеркала (рис. 195).* Построим ход известных нам лучей 1 и 2. Отраженные лучи 1′ и 2′ продолжим до их пересечения. Из полученной точки опустим перпендикуляр на главную оптическую ось зеркала. Изображение тела мнимое, так как оно получено в результате пересечения продолжений отраженных лучей. В случае, когда предмет находится между вершиной C и фокусом F, зеркало дает *изображение мнимое, прямое, увеличенное, за плоскостью зеркала*.
2. *Предмет находится в фокусе зеркала (рис. 196)*. Все лучи, исходящие из фокуса зеркала или из любой точки фокальной плоскости отражаются от зеркала параллельным

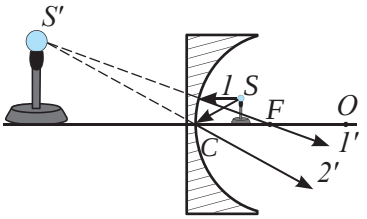


Рис. 195. *Изображение предмета, расположенного между вершиной и фокусом вогнутого зеркала*

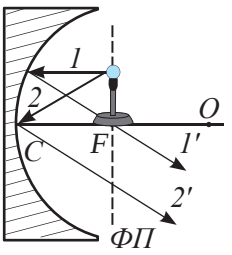


Рис. 196. *Изображение предмета, расположенного в фокусе зеркала*

АРМАН-ПВ баспасы

пучком. Следовательно, они не пересекаются, *зеркало не дает изображение.*

3. *Предмет находится между фокусом и центром сферической поверхности (рис. 197)*. Проведем лучи, ход которых нам известен, получим изображение тела. Изображение тела *действительное*, так как пересекаются сами лучи. Поставив экран в точку пересечения лучей, можно увидеть изображение тела. Полученное изображение *увеличенное, перевернутое, находится за оптическим центром зеркала.*
4. *Предмет находится в оптическом центре сферической поверхности (рис. 198)*. В данном случае изображение предмета *действительное, перевернутое, равное по величине, находится в оптическом центре.* Доказать равенство размеров предмета и изображения не составляет труда, если рассмотреть треугольники, получившиеся при построении изображения.
5. *Предмет находится за оптическим центром зеркала (рис. 199)*. При удалении предмета за оптический центр зеркала изображение предмета смещается к зеркалу. Изображение предмета *действительное, уменьшенное, перевернутое, находится между точкой фокуса зеркала и его оптическим центром.*

Чем дальше удаляется предмет от зеркала в бесконечность, тем ближе его изображение к фокусу зеркала.

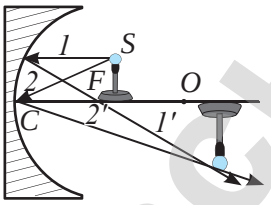


Рис. 197. *Изображение предмета, расположенного между фокусом и центром сферической поверхности*

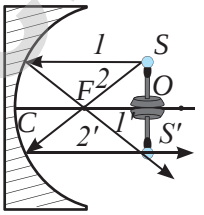


Рис. 198. *Изображение предмета, расположенного в оптическом центре сферической поверхности*

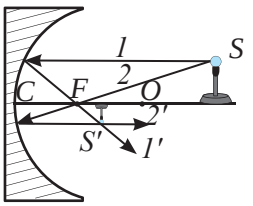


Рис. 199. *Изображение предмета, расположенного за оптическим центром сферической поверхности*

IV. Построение изображения в выпуклом зеркале

Выпуклое зеркало не дает такого многообразия изображений, как вогнутое зеркало. При любом расположении тела на оптической оси зеркала его изображение будет *мнимым, прямым, уменьшенным и находиться за плоскостью зеркала* на расстоянии, не превышающем фокусного расстояния CF *(рис. 200)*. При удалении предмета в бесконечность изображение приближается к точке фокуса F.

АРХИВ ГГТУ им. П.О. Сухого

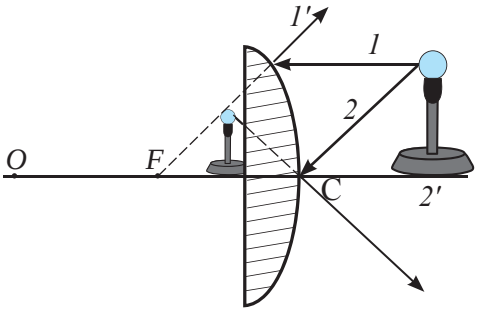


Рис. 200. *Изображение в выпуклом зеркале*

Контрольные вопросы

1. Какие зеркала называют сферическими? Назовите их характерные точки и линии.
2. Как построить изображение тела в зеркале?
3. Какие виды изображения дает вогнутое зеркало? Выпуклое зеркало?

Упражнение 30

1. Постройте в выбранном вами масштабе изображение предмета в вогнутом зеркале с фокусным расстоянием 4 см, поместив тело на расстоянии 12 см. Определите, на каком расстоянии от зеркала получится изображение, во сколько раз уменьшится размер тела. Определите, во сколько раз уменьшилось расстояние от зеркала до изображения, в сравнении с расстоянием от зеркала до тела. Сравните полученные результаты.
2. Определите построением место нахождения предмета в сферическом зеркале. Изображение предмета указано на *рисунке 201*. Разработайте алгоритм выполнения действий.

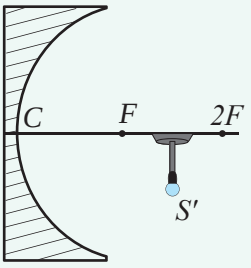


Рис. 201. *Рисунок к упр. 30.2*

АРМАНТВ баспасы

Упражнение 30д

1. Определите радиус кривизны сферического зеркала с фокусным расстоянием, равным 5 см.
2. На *рисунке 202* изображены: тело S, его изображение S′ и главная оптическая ось. Определите построением место положения вершины сферического зеркала и его фокуса.

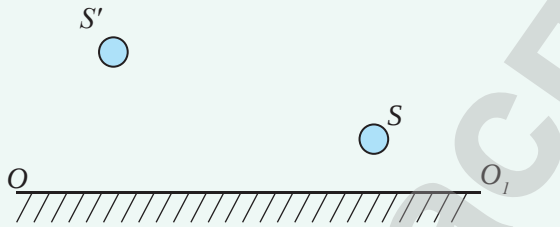


Рис. 202. *Рисунок к упр. 30д.2*

Творческое задание

Подготовьте сообщение на тему:
«Производство и применение сферических зеркал».

Ответьте на вопросы

1. *Почему зеркало заднего обозрения в автомобилях выпуклое?*
2. *Почему вогнутое зеркало можно использовать вместо увеличительного стекла?*

АРМАН-ПВ баспасы

§ 40. Преломление света, закон преломления света, полное внутреннее отражение

Ожидаемый результат

Прочитав параграф, вы сможете:

- *строить ход лучей в плоскопараллельной пластине;*
- *применять закон преломления света при решении задач;*
- *объяснять явление полного внутреннего отражения, опираясь на эксперимент.*

Эксперимент в классе

Используя лабораторный комплект по оптике, выясните:

– как луч, падающий на границу сред воздух-стекло, меняет свое направление;

– как луч проходит вторую границу сред стекло-воздух;

– зависит ли прохождение луча от формы прозрачного тела (исследуйте пластину полуцилиндрической формы и плоскопараллельную пластину).

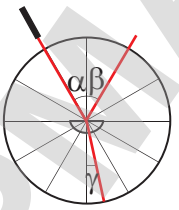


Рис. 203. *Угол преломления в оптически более плотной среде меньше угла падения*

I. Законы преломления света

Выясним, что происходит с лучом света, если он попадает из одной прозрачной среды в другую. Воспользуемся оптическим диском, к центру которого закрепим стеклянную пластину в виде полуцилиндра. Кроме отраженного луча появится луч, прошедший через стеклянную пластину. *Луч, прошедший в другую среду, называют преломленным лучом.* Направление распространения луча изменилось. Если среда, в которую проходит луч, оптически более плотная, то угол между перпендикуляром и преломленным лучом уменьшится *(рис. 203)*.

Угол преломления – это угол между перпендикуляром к границе раздела двух сред, восстановленным в точку падения и преломленным лучом.

Опытным путем был установлен закон преломления света: *отношение скоростей распространения света в двух различных средах равно отношению синуса угла падения к синусу угла преломления:*

$$\frac{\upsilon_1}{\upsilon_2} = \frac{\sin\alpha}{\sin\gamma},$$

где υ_1 – скорость света в первой среде, для нашего опыта – в воздухе;

υ_2 – скорость света во второй среде, для стекла;

α – угол падения луча, γ – угол преломления.

Скорость света уменьшается при его прохождении из вакуума в прозрачную среду.

Величину, которая показывает, во сколько раз уменьшилась скорость света при прохождении из вакуума в прозрачную среду, называют *абсолютным показателем преломления среды.*

АРИАН-ПВ базисы

Абсолютный показатель преломления обозначают буквой ***n***. В таблице 17 приложения 2 даны абсолютные показатели преломления для некоторых веществ.

При известном значении абсолютного показателя преломления скорость света в веществе определяют по формуле:

$$v = \frac{c}{n}.$$

Например, показатель преломления воды равен $n = 1{,}33$. Следовательно, скорость распространения света в воде уменьшается в 1,33 раза:

$$v = \frac{3 \cdot 10^8 \ \frac{м}{с}}{1{,}33} = 2{,}25 \cdot 10^8 \ \frac{м}{с}.$$

Отношение скоростей в формуле, выражающей закон преломления света, можно заменить отношением показателей преломления:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{c}{n_1} \cdot \frac{n_2}{c} = \frac{n_2}{n_1}, \text{ тогда:}$$

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin\alpha}{\sin\gamma}.$$

Сформулируем закон преломления с учетом полученного выражения:

Луч падающий, луч преломленный и перпендикуляр к границе раздела двух сред, восстановленный в точку падения луча, лежат в одной плоскости.

Отношение синуса угла падения к синусу угла преломления является величиной постоянной для двух сред.

Ответьте на вопрос

Почему луч, прошедший через плоскопараллельную пластину, сместившись относительно падающего луча, восстанавливает направление своего распространения?

II. Преломление света в плоскопараллельных пластинах и призмах

Большой практический интерес представляют собой плоскопараллельная пластина и призмы различных форм. Рассмотрим ход лучей в этих приборах с использованием оптического диска. *Плоскопараллельная пластина, в результате двойного преломления луча на ее поверхностях,*

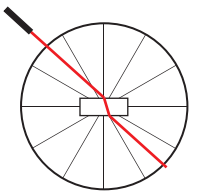


Рис. 204. *Смещение луча на плоскопараллельной пластине*

АРМАТЫ басласы

позволяет сместить луч, не изменяя направления его распространения (рис. 204).

Прямоугольная призма отклоняет направление распространения луча на 90°*(рис. 205, а)*.

Луч, падающий на боковую грань призмы, дважды преломляется и отклоняется к основанию призмы *(рис. 205, б)*. Две трехгранные призмы соединенные основаниями, собирают параллельные лучи света в одну точку *(рис. 205, в)*. Эти же призмы, соединенные вершинами, рассеивают параллельные лучи *(рис. 205, г)*. *Используя призму, можно изменять направление лучей, фокусировать их или рассеивать.*

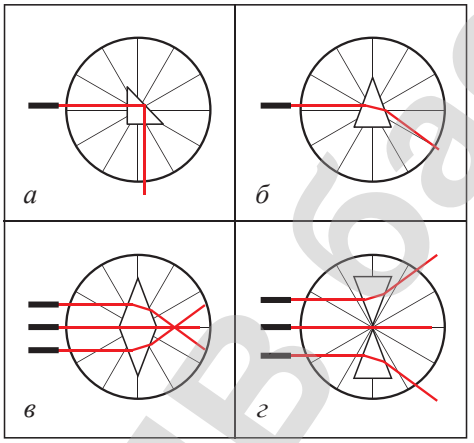


Рис. 205. *Изменение направления распространения луча с использованием призм*

III. Полное отражение света

Выясним, что произойдет, если луч света будет направлен из оптически, более плотной среды, в менее плотную среду. Проведем опыт направив луч света на ту же пластину, только с обратной стороны *(рис. 206, а)*. Луч пройдет по радиусу стеклянного круга до границы двух сред: стекло – воздух. Угол преломления при прохождении лучом границы, стекло – воздух увеличится. При дальнейшем увеличении угла падения наступит момент, когда преломленный луч станет скользить по границе двух сред *(рис. 206, б)*. Дальнейшее увеличение угла падения приведет к тому, что преломленный луч исчезнет, останется только отраженный.

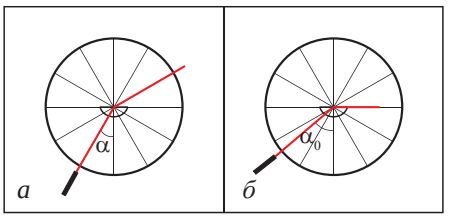


Рис. 206. *Предельный угол отражения*

АРМАНТ Вопросы

Угол падения, при котором угол преломления равен 90°, называют *предельным углом полного отражения* α_0.

Явление исчезновения преломленного луча при переходе света из более плотной среды в менее плотную среду называют полным отражением света.

Рассмотренное явление используют в волоконной оптике для передачи световой энергии по световодам, в подсветке фонтанов, в светильниках из оптоволокна *(рис. 208)*.

В природе явление полного внутреннего отражения создает миражи над поверхностью воды, в пустынях из-за неравномерного прогрева слоев воздуха в атмосфере *(рис. 209)*.

Ответьте на вопрос

Почему в жаркие дни на дорогах, покрытых асфальтом, можно увидеть «лужи» (рис. 207)?

Рис. 207. *Мираж на шоссе*

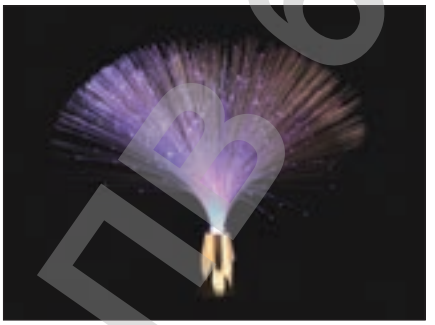


Рис.208. *Светильник из оптоволокна*

Рис. 209. *Призрачный город на берегу моря, Китай, 2011 г.*

Эксперимент в классе

Используя лабораторный комплект по оптике – пластину полуцилиндрической формы, выясните, как луч света изменяет свое направление при прохождении границ двух сред; при каком условии исчезает преломленный луч.

АРМАН-ПВ базпасы

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

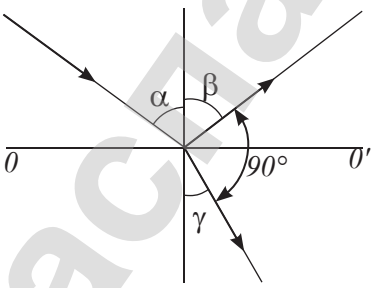
Преломленный луч образуют с отраженным лучом угол 90°. Чему равен угол падения луча на поверхность стекла с показателем преломления $n = 1{,}6$?

Дано:
$n_1 = 1$
$n_2 = 1{,}6$
$\varphi = 90°$

$\alpha - ?$

Решение:

Изобразим ход лучей:



На основании закона преломления:

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\gamma} = \frac{n_2}{n_1} \quad (1).$$

Сумма углов β, α *и* γ равна 180°, следовательно:

$$\gamma = 180° - (90° + \beta) \quad (2).$$

Угол падения равен углу отражения: $\alpha = \beta$.

Заменим угол β в уравнении (2): $\gamma = 90° - \alpha$ (3).

Полученное соотношение подставим в выражение (1):

$$\frac{\sin\alpha}{\sin(90° - \alpha)} = \frac{n_2}{n_1} \quad (4).$$

Синус дополнительного угла равен косинусу угла:

$$\sin(90° - \alpha) = \cos\alpha \quad (5).$$

Подставим соотношение (5) в формулу (4): $\dfrac{\sin\alpha}{\cos\alpha} = n_2$,

учитывая условие задачи $n_1 = 1$, получим $tg\,\alpha = n_2$.

Выполним расчет: $tg\,\alpha = 1{,}6$, $\alpha = 58°$.

Ответ: $\alpha = 58°$.

Задание

Приведите два примера использования явления преломления света.

АРМАН-ПВ баспасы

Контрольные вопросы

1. Сформулируйте закон преломления света.
2. Как определяется скорость распространения света в прозрачной среде с известным показателем преломления?
3. Какими приборами можно изменить направление распространения света?
4. В чем заключается явление полного отражения света?

Упражнение 31

1. Определите скорость распространения светового луча в рубине.
2. Водолазу, находящемуся под водой, солнечные лучи кажутся падающими под углом 60° к поверхности воды. Какова угловая высота Солнца над горизонтом?

Упражнение 31д

1. Определите скорость распространения света в воде после прохождения стеклянной плоскопараллельной пластины.
2. На границу сред вода – стекло падает луч света под углом 40°. Определите угол преломления луча.

Экспериментальное задание

Опустите ложку в стакан с водой. Почему на границе сред воздух – вода наблюдается излом ложки?

АРМАНТЭП баспасы

§ 41. Линзы, оптическая сила линзы, формула тонкой линзы. Построение изображений в линзах

Ожидаемый результат

Прочитав параграф, вы сможете:

- *строить ход лучей в тонкой линзе и характеризовать полученные изображения;*
- *применять формулу тонкой линзы для решения задач;*
- *применять формулу линейного увеличения линзы в решении задач.*

I. Линза. Основные линии, точки и плоскости линзы

Наиболее удобным оптическим прибором, для управления ходом лучей является *линза*.

Линза – это прозрачное тело, ограниченное двумя преломляющими поверхностями, например, сферическими или плоской и сферической.

В оптике чаще используют *сферические линзы*. Линзы могут быть выпуклыми и вогнутыми *(рис. 210, а, б)*. На рисунках указано схематическое изображение линз *(рис. 212, в, г)*.

Точки C_1 и C_2 – это центры сферических поверхностей, образующих линзу.

Прямую, проходящую через центры C_1 и C_2 сферических поверхностей, называют *главной оптической осью линзы* – ГОО.

Точка О – *оптический центр линзы*, она является точкой пересечения главной оптической оси линзы с плоскостью линзы.

На главной оптической оси линз находятся две точки – *фокусы линзы*.

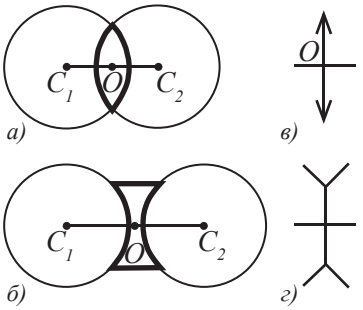


Рис. 210. *а) Собирающая линза; б) рассеивающая линза; в) схематичное изображение собирающей линзы; г) схематичное изображение рассеивающей линзы*

Фокус линзы **– это точка, через которую проходят лучи, падающие на линзу параллельно главной оптической оси после преломления.**

Приосевые лучи, падающие на выпуклую линзу параллельно главной оси, проходят через задний фокус линзы *(рис. 211)*. Вогнутые линзы, рассеивают параллельные ГОО лучи таким образом, что их продолжения проходят через передний фокус линзы *(рис. 212)*. *Фокус рассеивающей линзы мнимый*, так как через него проходят не сами лучи, а их продолжения.

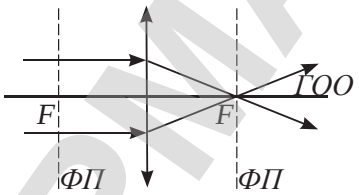


Рис. 211. *Фокусы и фокальные плоскости собирающей линзы*

Плоскости, перпендикулярные ГОО, и пересекающие ее в точке фокуса, называют

АРМАН-ПВ баспасы

фокальными плоскостями линзы – ФП. В этих плоскостях расположены все фокусы линзы, через которые проходят параллельные лучи света, падающие на линзу под любым углом.

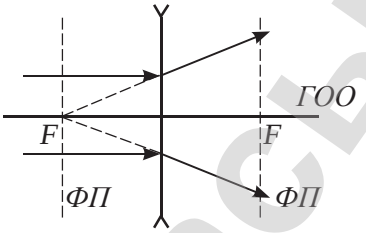


Рис. 212. *Фокусы и фокальные плоскости рассеивающей линзы*

II. Оптическая сила линзы

Линза с более выпуклыми поверхностями сильнее преломляет лучи. Фокус линзы приближается к оптическому центру, поэтому такие линзы называют *короткофокусными*. Оптически они более сильные.

Оптическая сила линзы **– это физическая величина, характеризующая преломляющую способность линзы.**

Оптическая сила связана с фокусным расстоянием линзы соотношением:

$$D = \frac{1}{F},$$

где D – оптическая сила линзы, F– расстояние от центра линзы до ее фокуса.

Единицу измерения оптической силы называют **диоптрия (дптр)**.

$$1\,дптр = \frac{1}{м} = м^{-1}.$$

Оптическая сила рассеивающих линз отрицательная.

Оптическая сила системы линз, расположенных вплотную друг к другу, определяется суммой оптических сил каждой линзы:

$$D = D_1 + D_2 + ... + D_n,$$

где n – число линз в системе.

III. Ход лучей в линзах

Для построения изображений, которые дает линза, нужно знать, каким образом лучи преломляются в ней. В зависимости от направления приосевых лучей и точек их падения на линзу ход лучей может быть различным. Рассмотрим некоторые из них:

1. Луч 1, параллельный главной оптической оси линзы, после преломления в линзе, проходит через фокус линзы 1′*(рис. 213)*. В вогнутой линзе этот луч проходит таким образом, что его продолжение проходит через передний фокус *(рис. 214)*.
2. Луч 2, прошедший через оптический центр линзы, не преломляется 2′.
3. Луч 3, прошедший через фокус линзы, после преломления в линзе, становится параллельным главной оптической оси 3′*(рис. 213)*. Для рассеивающей линзы продолжение луча 3 проходит через задний фокус *(рис. 214)*.

АРМАН-ПВ басылы

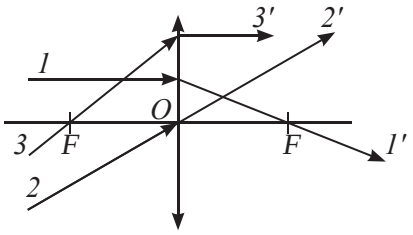


Рис. 213. Ход лучей в собирающей линзе

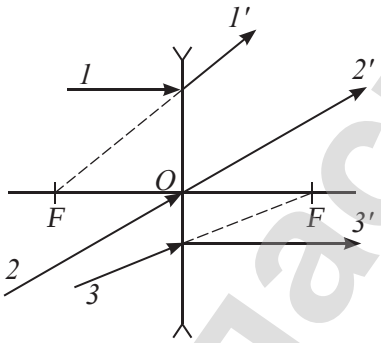


Рис. 214. Ход лучей в рассеивающей линзе

IV. Построение изображения выпуклой собирающей линзы

Выпуклая линза названа собирающей за ее способность фокусировать параллельный пучок лучей в одной точке.

Для построения изображения выпуклой линзы достаточно от крайних точек предмета провести два луча, ход которых известен.

Вид изображения зависит от расположения предмета относительно линзы. Обозначим расстояние от линзы до предмета буквой *d*. Разместим предмет на оптической оси линзы на расстоянии:

1. $d < F$, где F – фокусное расстояние линзы. *Предмет AB находится между оптическим центром 0 и фокусом F линзы.* Проведем луч, параллельный главной оптической оси, и луч, проходящий через центр оптической оси. Лучи после прохождения линзы не пересекаются. Продолжим их в противоположную сторону до пересечения, получим точку A′, которая будет изображением верхней точки предмета. Изображения остальных точек предмета, расположатся на линии, перпендикулярной оси. На *рисунке 215* отрезок AB – предмет, отрезок A′B′ – изображение предмета. Полученное изображение *мнимое, прямое, увеличенное, находится по ту же сторону линзы за предметом на расстоянии **f** от линзы*. Такое изображение дает линза, которую используют в качестве лупы.
2. $d = F$. *Предмет AB находится в фокусе линзы*. Лучи после прохождения линзы параллельны, они не пересекаются. Следовательно, в этом случае изображения не будет *(рис. 216)*.
3. $F < d < 2F$. *Предмет находится между фокусом и двойным фокусным расстоянием от линзы.* В этом случае линза дает изображение *действительное, перевернутое, увеличенное, по другую сторону линзы на расстоянии **f** превышающем двойное фокусное*

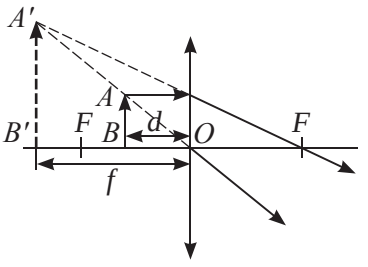


Рис. 215. Мнимое изображение тела, расположенного между оптическим центром и фокусом линзы

АРМАН-ПВ баспасы

расстояние 2F (рис. 217). Такой вид изображения используют в проекционных аппаратах.

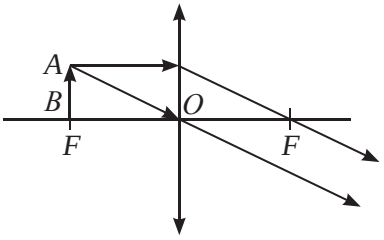


Рис. 216. *Изображение тела, расположенного в фокусе линзы отсутствует*

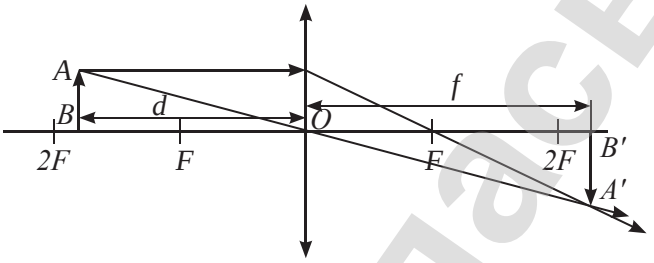


Рис. 217. *Действительное увеличенное изображение предмета, расположенного между фокусом и двойным фокусом линзы*

4. $d = 2F$. *Предмет находится от линзы на расстоянии, равном двойному фокусному расстоянию.* Изображение, полученное в результате прохождения лучей через линзу, *действительное, перевернутое, равное по размеру телу, находится на расстоянии f = 2F (рис. 218).*

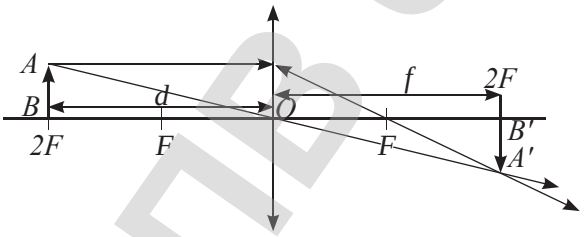


Рис. 218. *Действительное равное по размеру изображение предмета, расположенного в двойном фокусе линзы*

5. $d > 2F$. *Предмет находится от линзы на расстоянии, превышающем двойное фокусное расстояние.* В этом случае *изображение действительное, перевернутое, уменьшенное, находится на расстоянии f от линзы больше, чем фокусное расстояние F, но меньше, чем 2F (рис. 219).* Такой вид изображения получают в фотоаппаратах.

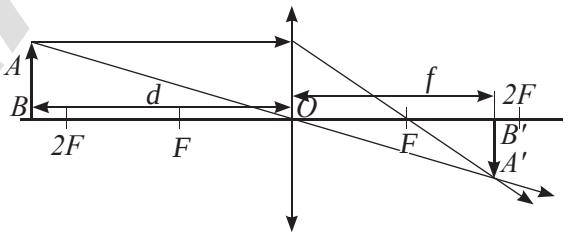


Рис. 219. *Действительное уменьшенное изображение предмета, расположенного за двойным фокусным расстоянием*

АРМАН-ПВ безопасы

V. Построение изображения в вогнутых линзах

Вогнутые линзы рассеивают лучи, поэтому их называют *рассеивающими*. Вогнутые линзы дают только один вид изображения. Изображение *мнимое, прямое, уменьшенное, по ту же сторону линзы, между предметом и линзой (рис. 220).*

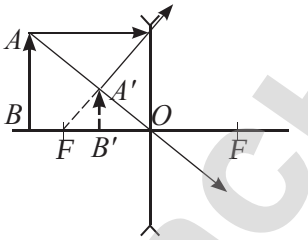


Рис. 220. *Мнимое уменьшенное изображение предмета в рассеивающей линзе*

VI. Формула тонкой линзы

Все величины, введенные при построении изображений: d – расстояние от предмета до линзы, F – фокусное расстояние, f – расстояние от линзы до изображения, связаны друг с другом соотношением:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}.$$

Это соотношение называют формулой тонкой линзы. Выполняя расчеты с использованием формулы тонкой линзы, нужно помнить, что фокусное расстояние рассеивающей линзы и расстояние до мнимого изображения имеют отрицательные значения.

Ответьте на вопросы

1. *Почему рассеивающая линза дает только мнимое изображение?*
2. *Почему полив растений в яркий солнечный день опасен для листьев деревьев?*
3. *Почему система из двух линз, одна из которых собирающая, другая рассеивающая не изменяют ход лучей, если их оптические силы равные?*

VII. Линейное увеличение линзы

Размеры изображений, которые дают линзы, отличаются от размеров самого предмета. В связи с этим введена величина, названная линейным увеличением. Она определяет изменение линейных размеров предмета в его изображении.

Линейное увеличение **– это отношение высоты изображения к высоте предмета.**

$$\Gamma = \frac{H}{h},$$

где Н – высота изображения, h – высота предмета, Г – линейное увеличение предмета.

Увеличение изображения предмета можно определить по отношению расстояния изображения от линзы к расстоянию предмета до линзы:

$$\Gamma = \frac{f}{d}.$$

АРМАН-ПВ баспасы

Такое соотношение, получается из подобия треугольников АВО и А´В´О при построении изображений в линзах *(рис. 215–220).*

Задание

Используя один из *рисунков 215–220,* докажите, что: $\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{f}{d}$.

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

Определите оптическую силу собирающей линзы, которая дает мнимое увеличенное в 5 раз изображение предмета, расположенного в 4 см от оптического центра линзы.

Дано:	**СИ**	**Решение:**
$d = 4$ *см*	0,04 *м*	Оптическая сила линзы связана с фокусным расстоянием соотношением: $D = \frac{1}{F}$ (1).
$\Gamma = 5$		Фокус линзы определим из формулы тонкой линзы, выразив расстояние от линзы до изображения через расстояние от линзы до предмета: $f = \Gamma d$ (2).
$D - ?$		Учтем, что изображение мнимое: $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f}$ (3).
		Подставим уравнение (1) в формулу (3): $D = \frac{1}{d} - \frac{1}{\Gamma d} = \frac{1}{d}\left(1 - \frac{1}{\Gamma}\right) = \frac{\Gamma - 1}{\Gamma d}$.
		$D = \frac{5-1}{5 \cdot 0,04} = 20$ *дптр*.
		Ответ: $D = 20$ дптр.

АРМАН-ПВ баспасы

Контрольные вопросы

1. Какие виды линз вам известны?
2. Что такое главная оптическая ось линзы? Фокус линзы?
3. Что такое оптическая сила линзы? Как она определяется?
4. Как построить изображение в линзе?
5. Какие изменения происходят с видом изображения тела при его удалении от линзы?
6. В каких случаях фокусное расстояние линзы и расстояние от линзы до изображения имеют отрицательные значения?
7. Какие величины связывает формула тонкой линзы?
8. Как определяют увеличение линзы?

Упражнение 32

1. Оптическая сила собирающей линзы +1,5 дптр, рассеивающей –2 дптр. Определите фокусные расстояния линз.
2. Свеча находится на расстоянии 12,5 см от собирающей линзы, оптическая сила которой равна 10 дптр. На каком расстоянии от линзы получится изображение, каким оно будет? Получите изображение построением лучей.
3. Выполнив необходимое построение, найдите положение изображения светящейся точки S в рассеивающей линзе *(рис. 221)*, где F – фокусное расстояние линзы.

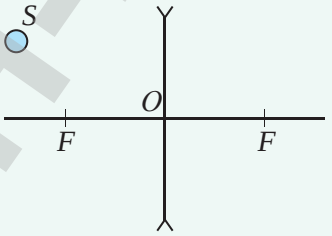


Рис. 221. *Рисунок к упр. 32.3*

Упражнение 32д

1. Определите оптическую силу системы линз, состоящей из двух собирающих линз, фокусы которых равны 10 см и 20 см, и рассеивающей линзы с оптической силой D = –3 дптр.

АРМАН-ПВ басасы

2. При помощи линзы, фокусное расстояние которой 20 см, получено изображение предмета на экране, удаленном от линзы на 1 м. На каком расстоянии от линзы находится предмет? Каким будет его изображение?
3. На *рисунке 222* показан ход светового луча, падающего на рассеивающую линзу. Выполнив необходимое построение, найдите положение переднего фокуса линзы и положение изображения светящейся точки S. Какое это изображение: действительное или мнимое?

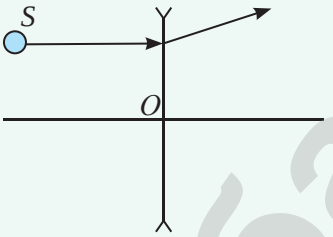


Рис. 222. *Рисунок к упр. 32д.3*

Экспериментальное задание

Предложите несколько методов для различения собирающей линзы от рассеивающей. Проверьте предложенные методы на опытах. Какие методы наиболее просты и эффективны?

АРМАН-ПВ баспасы

§ 42. Глаз как оптическая система, дефекты зрения и способы их исправления

Ожидаемый результат

Прочитав параграф, вы сможете:

- *сравнить ход лучей в глазе с ходом лучей через собирающую линзу;*
- *назвать три типа оптической системы глаза;*
- *описать коррекцию близорукости и дальнозоркости глаза.*

Ответьте на вопросы

1. *Почему вредно читать в движущемся транспорте?*
2. *Почему периодически необходимо делать гимнастику для глаз?*
3. *Почему ограничивают время работы за компьютером?*

Интересно знать!

Человек получает 80–90 % информации через органы зрения.

Задание

Изобразите ход лучей в глазе человека. Какое изображение на сетчатке глаз?
Почему изображение тел, мы видим не перевернутыми?

I. Глаз как оптическая система

Глаз человека имеет почти шарообразную форму *(рис. 223)*, он защищен плотной оболочкой – склерой (1). Передняя часть склеры – роговая оболочка – прозрачна (2). За роговой оболочкой расположена радужная оболочка (3). В радужной оболочке есть отверстие – зрачок (4), диаметр которого в зависимости от освещения может меняться. За зрачком расположен хрусталик (5), по форме похожий на линзу. Он окружен мышцами, прикрепляющими его к склере. За хрусталиком расположено стекловидное тело – глазное яблоко (6). Задняя часть склеры – глазное дно – покрыто сетчаткой (7), оно представляет собой разветвленные окончания зрительного нерва (8). Свет, падающий в глаз, преломляется в роговице, хрусталике и стекловидном теле. На сетчатке – «экране» – образуется действительное, уменьшенное, перевернутое изображение рассматриваемых предметов. Наши глаза, передают зрительную информацию в головной мозг. В мозге происходят процессы, благодаря которым мы воспринимаем окружающий нас мир.

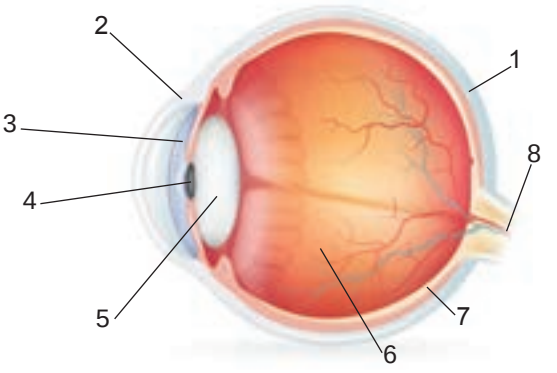


Рис. 223. *Строение глаза*

АЛМАН-ПРЕСС

Кривизна хрусталика может меняться. При переводе взгляда на близлежащие предметы кривизна хрусталика возрастает, при устремлении взгляда на дальние предметы кривизна хрусталика уменьшается. Такое свойство глаза называют *аккомодацией*.

II. Три типа оптической системы глаза

Выделяют три типа оптической системы глаза: *эмметропия, близорукость и дальнозоркость (рис. 224)*. Эмметропия означает, что оптическая система глаза в норме. Нормальная работа зрительных органов возможна только при условии, если оптическая система глаза способна спроецировать окружающий мир на сетчатку глаза. Сетчатка воспринимает изображение и передает его в мозг.

Запомните!

Расстояние наилучшего зрения для нормального глаза 25 см.

При близорукости предметы, находящиеся вблизи, проецируются на сетчатку, а удаленные проецируются перед ней и кажутся расплывчатыми. Для изменения хода лучей необходимо использовать очки с рассеивающими линзами.

При дальнозоркости удаленные предметы проецируются на сетчатку, а близкие проецируются позади сетчатки и видно размыто. С таким типом оптической системы глаза при выполнении работы необходимо использовать очки с собирающими линзами.

Очки не меняют оптическую систему глаза, они лишь корректируют ход лучей и позволяют получить четкое изображение рассматриваемых тел.

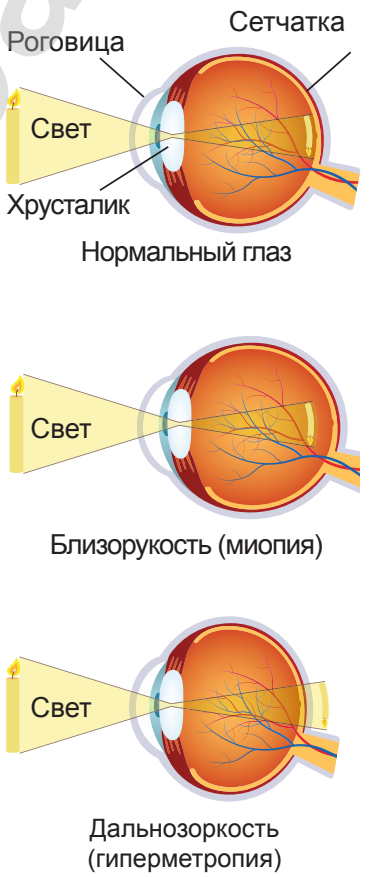


Рис. 224. *Типы оптической системы глаза*

III. Как подобрать очки для работы

Определим оптическую силу очков, необходимых человеку для коррекции хода лучей в глазе. Расстояние наилучшего зрения для дальнозорких больше 25 см, для близоруких меньше 25 см. Очки должны дать изображение на расстоянии наилучшего зрения человека с нормальным зрением. Изображение линзы становится предметом для хрусталика глаза. Полученное изображение в собирающей линзе

АРМАН-ПВ баспасы

находится по ту же сторону, что и предмет, следовательно, оно мнимое. Рассеивающая линза дает только мнимое изображение. С учетом последнего формула расчета оптической силы линзы примет вид:

$$D = \frac{1}{F} = \frac{1}{d_0} - \frac{1}{d},$$

где d_0 = 0,25 м; d – расстояние наилучшего зрения для дальнозоркого или близорукого человека.

IV. Как определить оптическую силу собирающей линзы

Лучи, параллельные оптической оси линзы, после преломления фокусируются в точке. Это свойство используют для определения фокусного расстояния и оптической силы собирающей линзы. Лучи удаленного в бесконечность источника, например, лучи Солнца, параллельны оптической оси. Сфокусировав их на экране, определяют фокусное расстояние измерением расстояния от линзы до экрана. Оптическая сила – величина, обратная фокусному расстоянию линзы:

$$D = \frac{1}{F}.$$

V. Возрастные особенности глаз

У разных людей рост глаз происходит по-разному. У одних он быстрый, у других медленный. Младенцы видят предметы, находящиеся вблизи размытыми, так как глазное яблоко еще маленькое. При быстром росте глазного яблока в период детства дальнозоркость исчезает полностью. Но дальнейший рост глазного яблока будет означать рост близорукости. Во взрослом состоянии рост близорукости в абсолютном большинстве случаев замедляется и останавливается. В зрелом возрасте дальнозоркость появляется из-за ослабления мышц, управляющих кривизной хрусталика.

Эксперимент в классе

Определите, к какому типу глаз относятся ваши глаза. Расположите учебник на расстоянии, при котором текст виден без напряжения для глаз. Измерьте расстояние от глаз до учебника. Если результат отличается от 25 см, рассчитайте оптическую силу линз, необходимых вам для работы. Сравните с оптической силой линз в ваших очках.

VI. Преимущество зрения двумя глазами

Благодаря зрению двумя глазами мы способны определить, как далеко или близко находятся окружающие нас тела. Изображения на сетчатке правого и левого глаза отличаются, каждый глаз видит предмет сбоку. Чем ближе предмет, тем заметнее отличие изображений.

Обратите внимание!

Ваши расчеты приближенные, для определения оптической силы линз для очков лучше обратиться к врачу.

АРХИВ библиотеки

Изображение сильно удаленных предметов для глаз будут одинаковыми, их объемность исчезает.

Зрение двумя глазами позволяет увидеть окружающие предметы объемными, при этом увеличивается поле зрения.

Ответьте на вопросы

1. *Почему изображение тела, изменяющего положение, всегда получается четким на сетчатке нормального глаза?*
2. *Почему для устранения дальнозоркости используют собирающие линзы?*
3. *Почему для устранения близорукости используют рассеивающие линзы?*
4. *Почему в темноте зрачки глаз расширяются?*
5. *Почему при стрельбе снайпер закрывает один глаз?*
6. *Почему заяц видит позади себя, не поворачивая головы?*

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

Определить оптическую силу очков для дальнозоркого человека, чтобы он тоже видел так же, как человек с нормальным зрением. Расстояние наилучшего зрения нормально видящего человека 25 см, дальнозоркого – 1 м.

Дано:

$d_0 = 0{,}25\ м$

$d = 1м$

$D - ?$

Решение:

$$D = \frac{1}{F} = \frac{1}{d_0} - \frac{1}{d} = \frac{d - d_0}{d_0 d}.$$

$$D = \frac{1 - 0{,}25}{0{,}25 \cdot 1}\ дптр = 3\ дптр.$$

Ответ: $D = 3$ дптр.

Контрольные вопросы

1. Как устроен глаз человека?
2. Как человек видит?
3. Какие типы оптической системы глаза существуют?
4. В чем преимущество зрения двумя глазами?
5. Как называют способность глаза «настраивать резкость изображения»?

АРМАНТВ басасы

Упражнение 33

1. Определите оптическую силу очков для близорукого человека. Расстояние наилучшего зрения нормального глаза 25 см, расстояние наилучшего зрения для человека с миопией 20см.
2. Определите расстояние наилучшего зрения для человека, оптическая сила линз его очков +2 дптр.

Упражнение 33д

1. Определите оптическую силу и фокусное расстояние линз для очков дальнозоркого человека. Расстояние наилучшего зрения 60 см.
2. Определите расстояние наилучшего зрения для человека, оптическая сила линз его очков –2 дптр.

Экспериментальное задание

1. Возьмите в каждую руку по одному остро заточенному карандашу. Закрыв один глаз, попадите острием одного карандаша в острие другого. Разведите карандаши и проведите опыт несколько раз. Повторите опыт, открыв оба глаза. Оцените преимущества зрения двумя глазами.
2. Используя материалы сети Интернет, составьте рекомендации по определению оптической силы рассеивающей линзы.

Творческое задание

1. Составьте памятку о сохранении нормального зрения.
2. Разработайте зарядку для глаз из нескольких упражнений, проведите ее с одноклассниками.

АРМАН-ПВ баспасы

§ 43. Оптические приборы

Ожидаемый результат

Прочитав параграф, вы сможете:

- *объяснить устройство и принцип действия оптических приборов: фотоаппарата, проекционного аппарата, лупы, микроскопа, телескопа;*
- *сконструировать простейший телескоп – рефрактор.*

Свойства линз плоских и сферических зеркал используются в различных оптических приборах. Рассмотрим устройство некоторых из них.

I. Фотоаппарат

Фотоаппарат – это оптический прибор, предназначенный для получения изображения на пленке или карте памяти. В зависимости от вида носителя информации фотоаппараты бывают пленочными или цифровыми. В пленочных фотоаппаратах носителем информации является пленка, которая представляет собой полоску тонкого прозрачного пластика с нанесенной на нее фотоэмульсией. Химический состав эмульсии обладает светочувствительностью. В зависимости от степени освещения пленка меняет свои свойства. На ней образуется скрытое изображение, которое в результате химических реакций преобразуют в явное. Изображение на пленке при съемке получается перевернутое *(рис. 225)*.

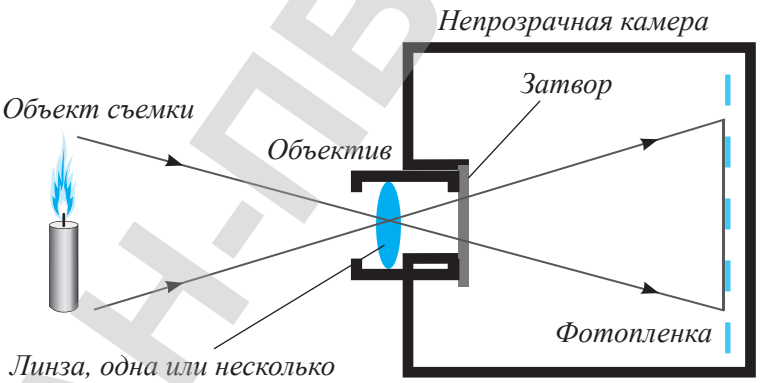


Рис. 225. *Схема устройства пленочного фотоаппарата*

В цифровых фотоаппаратах изображение попадает на матрицу, которая преобразуют свет в цифровой сигнал. Основные элементы цифровой зеркальной камеры показаны на *рисунке 226*. Свет проходит через систему линз объектива (1). В корпусе камеры он отражается от зеркала (2) и проходит через матовую линзу (6) в призму (7). Призма переворачивает изображение, в окуляре видоискателя (8) мы видим прямое изображение объекта.

При съемке объекта зеркало (2) поднимается и занимает крайнее верхнее положение (5), затвор (3) раскрывается, свет попадает на матрицу (4), которая под воздействием света формирует изображение.

АРХИВ-ПВ.by

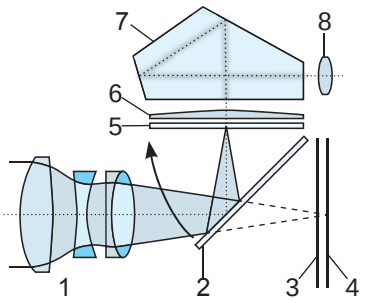


Рис. 226. *Схема устройства цифрового фотоаппарата*

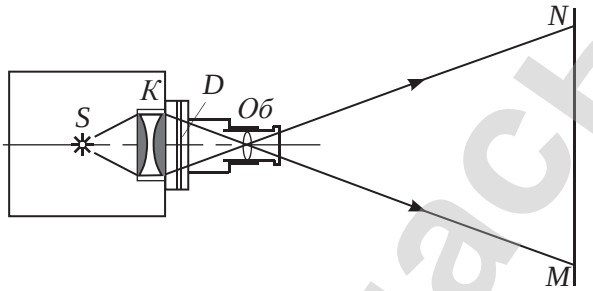


Рис. 227. *Схема устройства проекционного аппарата*

II. Проекционный аппарат

Рис. 228. *Проекционное устройство, встроенное в сотовый телефон*

Проекционные аппараты – это оптические приборы, предназначенные для получения на экране действительных увеличенных изображений объектов. Проецирование прозрачных объектов (диафильмов, диапозитивов) называется *диапроекцией*, непрозрачных объектов (рисунков, фотографий) – *эпипроекцией.* На *рисунке 227,* показана схема устройства проекционного аппарата, для *диапроекций*. Объектив **Об** дает на экране увеличенное изображение диапозитива **D**, располагающегося вблизи фокальной плоскости объектива. Короткофокусная система линз **К** служит для того, чтобы направлять в объектив весь свет, поступивший к ней от источника S.

Современные проекционные аппараты различны по конструкции и размерам. Термин «пикопроекторы», введенный в обращение специалистами компании Texas Instruments (TI), обозначает миниатюрные проекционные устройства, которые могут быть использованы в мобильных устройствах *(рис. 228).* Проекционные устройства позволяют получать изображение, размеры которого во много раз превосходят габариты самого аппарата.

III. Лупа

Лупа – оптический прибор, позволяющий рассматривать мелкие предметы. Она может быть использована как в промышленности, так и в быту, медицине, косметологии. Настольные лупы могут использовать часовщики, ювелиры, исследователи. Они позволяют более точно диагностировать дерматологические

Задания

1. Сравните оптические системы глаза и фотоаппарата.
2. Сравните ход лучей в фотоаппарате и проекционном аппарате. В чем различие хода лучей, в чем сходство?

АРМАНГРобаспасы

и ЛОР заболевания, а также производить сложные манипуляции, требующие четкой и ясной картины.

Для удобства эксплуатации лупы были изобретены различные приспособления и держатели. На *рисунке 229* изображена настольная лупа с подсветкой.

Рис.229. *Настольная лупа с подсветкой*

IV. Микроскоп

Микроскоп – это оптический прибор с несколькими линзами для получения увеличенных изображений объектов, не видимых невооруженным глазом (рис. 230). Простой микроскоп представляет собой две линзы, одну называют объективом (1), она подводится близко к образцу и создает увеличенное изображение объекта. Далее изображение увеличивается другой линзой – окуляром (2), она помещается в тубус (3) ближе к глазу наблюдателя. Окуляр вмонтирован в конец выдвижного держателя (4), который позволяет изменить при необходимости длину тубуса. Увеличение микроскопа определяется произведением увеличения объектива на увеличение окуляра. Для исследовательского микроскопа увеличение окуляра равно 10, а увеличение объективов может быть различным: 10, 45 и 100. Следовательно, увеличение такого микроскопа составляет от 100 до 1000.

Задание

Постройте ход лучей в лупе.

Ответьте на вопросы

1. *Какую линзу представляет собой лупа?*
2. *Как отличить собирающую линзу от рассеивающей?*
3. *Как отличить короткофокусную лупу от длиннофокусной?*
4. *Почему лупа часовщика короткофокусная?*

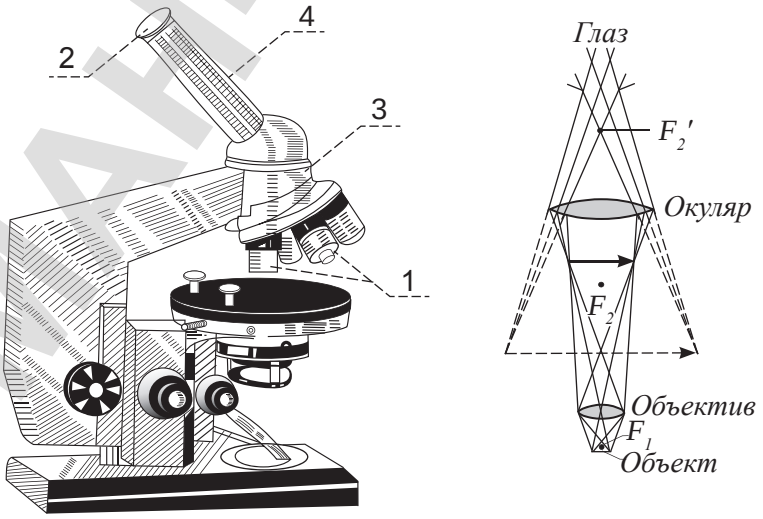


Рис. 230. *Микроскоп, ход лучей в микроскопе*

АРМАН-ПВ баспасы

Увеличение микроскопа ограничено разрешающей способностью. Разрешающая способность – это возможность различить детали образца.

V. Телескоп

Телескоп – это оптическая система, которая увеличивает угол зрения на небесные объекты. Создан телескоп линзовый – рефрактор *(рис. 231)* и зеркальный – рефлектор *(рис. 232)*.

Телескопы просты в обслуживании и эксплуатации: положение линз зафиксировано в заводских условиях, что избавляет пользователя от необходимости самостоятельно производить их подстройку. Телескопы-рефракторы имеют хорошую разрешающую способность, они дают контрастное изображение наблюдаемых планет. Основным их недостатком является эффект, который называют *хроматической аберрацией*. Он проявляется в том, что вокруг ярких космических объектов наблюдаются цветные ореолы. Для устранения этого дефекта в телескопах используют дополнительные линзы.

Зеркальные телескопы-рефлекторы собирают световой пучок при помощи вогнутого зеркала, сферической или параболической формы. Сфокусированные зеркалом лучи отражаются от плоского зеркала и направляются в окуляр.

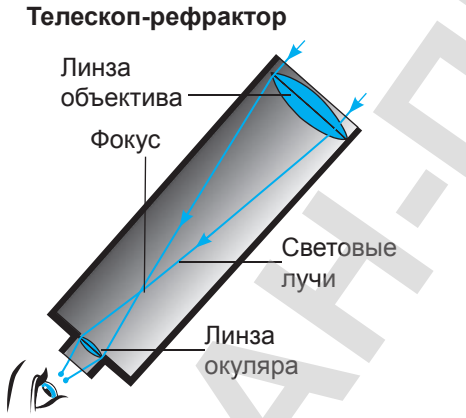


Рис. 231. *Телескоп-рефрактор*

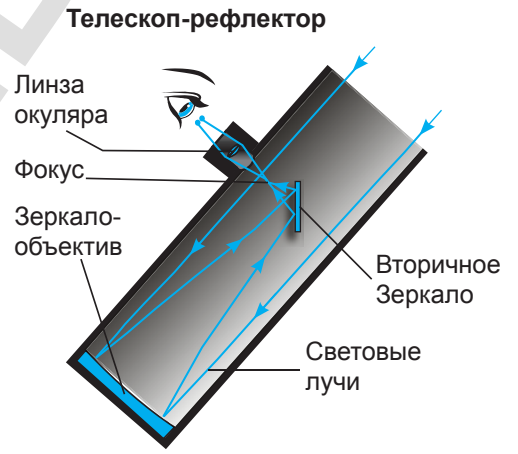


Рис. 232. *Телескоп-рефлектор*

Задание

Объясните ход лучей в микроскопе *(рис. 230)*.

АРМАН-ПВ басласы

Интересно знать!

Первые чертежи простейшего линзового телескопа были обнаружены в записях **Леонардо да Винчи** в 1509 году. Первым, кто направил зрительную трубу в небо, превратив её в телескоп, и получил новые научные данные, был **Г. Галилей**.

Телескоп Галилея имел в качестве объектива одну собирающую линзу, а окуляром служила рассеивающая линза. Такая оптическая схема даёт неперевернутое изображение. Главные недостатки этого телескопа: очень малое поле зрения и сильная хроматическая аберрация. Система Галилея все ещё используется в театральных биноклях, подзорных трубах (*рис. 233)*.

Контрольные вопросы

1. В каких оптических приборах получают увеличенное изображение?
2. Какие оптические приборы дают уменьшенное изображение?

Творческое задание

Изучив устройство и назначение подзорной трубы по материалам сети «Интернет», изготовьте ее.

Рис. 233. Подзорная труба

АРМАНТВ баспасы

Итоги VII главы

Законы геометрической оптики	Основные характеристики тонкой линзы
Закон отражения: $\angle\alpha = \angle\beta$ Закон преломления: $\frac{\upsilon_1}{\upsilon_2} = \frac{\sin\alpha}{\sin\gamma}$ $\frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin\alpha}{\sin\gamma}$ Абсолютный показатель преломления $n = \frac{c}{\upsilon}$	Оптическая сила линзы: $D = \frac{1}{F}$ Оптическая сила системы линз: $D = D_1 + D_2 + ... + D_n$ Формула тонкой линзы: $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$ Линейное увеличение: $\Gamma = \frac{H}{h}$; $\Gamma = \frac{f}{d}$

Законы геометрической оптики:

- **Закон прямолинейного распространения света:** В однородной прозрачной среде свет распространяется прямолинейно.
- **Закон отражения:** Луч падающий, луч отраженный и перпендикуляр, восстановленный в точку падения луча, лежат в одной плоскости. Угол падения луча равен углу отражения $\alpha = \beta$.
- **Закон преломления:** Отношение синуса угла падения к синусу угла преломления является величиной постоянной для двух сред. Луч падающий, луч преломленный и перпендикуляр, восстановленный в точку падения луча, лежат в одной плоскости.

Глоссарий

Абсолютный показатель преломления – величина, которая показывает, во сколько раз уменьшается скорость света при прохождении из вакуума в прозрачную среду.

Геометрическая оптика – это раздел оптики, в котором изучают законы распространения энергии света в прозрачных средах на основе представлений о световом луче.

Луч – это линия, вдоль которой распространяется свет.

Оптическая сила линзы – это физическая величина, характеризующая преломляющую способность линзы.

Предельный угол полного отражения – это угол падения, при котором угол преломления равен 90°.

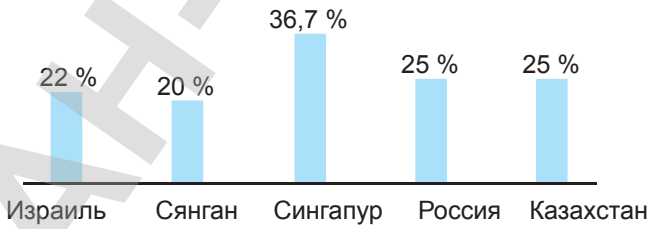
Угол отражения – это угол между перпендикуляром к границе раздела двух сред, восстановленным в точке падения луча и отраженным лучом.

Угол падения – это угол между перпендикуляром к границе раздела двух сред, восстановленным в точке падения луча и лучом падения.

АРХИВ базасы

Глаз – природная оптическая система.

С помощью зрения человек получает примерно 80–90 % информации об окружающем мире. По данным статистики, каждый третий житель Земли сегодня имеет проблемы со зрением. В Казахстане миопией страдает каждый 10-й ребенок и каждый 5-й подросток. По данным активных медицинских осмотров, распространенность миопии в 3,5 раза больше официально зарегистрированного количества детей с близорукостью. На диаграмме изображена статистика заболеваемости миопией среди детей. Причины миопии: чрезмерная нагрузка на глаза, перенапряжение глаз, многочасовое сидение за компьютером и телевизором, недостаточное освещение и неправильная посадка во время чтения и письма.



Задание 1. Сформулируйте основные рекомендации по сохранению хорошего зрения, составьте памятку.

Задание 2. Ответьте на вопрос: Почему в развитых странах проблемы со зрением испытывают большее количество людей?

АРМАН-ПВ баспасы

Звездный свет.

Шолпан живет в большом городе, по вечерам она любит смотреть на звезды, но некоторые из них рассмотреть не может. Каждую неделю Шолпан посещает астрономическую обсерваторию, где наблюдает неяркие звезды исследуемых созвездий с помощью телескопа. В сельской местности Шолпан удалось рассмотреть как яркие, так и неяркие звезды созвездия.

Вопрос 1. Почему в сельской местности можно увидеть больше звезд, чем в больших городах?

A) Луна в городах ярче, и она закрывает свет многих звезд.
B) В сельской местности, по сравнению с городской, воздух содержит больше частичек пыли, которые отражают свет.
C) Многие звезды трудно увидеть из-за ярких городских огней.
D) Воздух в городах теплее за счет выделения тепла от транспорта и домов.

Вопрос 2. Почему использование телескопа с большими линзами позволяет наблюдать за неяркими звездами?

A) Чем больше линзы, тем больше света они собирают.
B) Чем больше линзы, тем сильнее они увеличивают.
C) Большие линзы позволяют видеть больше небесного пространства.
D) Большие линзы позволяют обнаружить темные цвета в звездах.

АРМАН-ПВ баспасы

Контрольный тест

Вариант 1

1. **Скорость распространения света в вакууме.**
   A) $3 \cdot 10^5$ м/с.
   B) $3 \cdot 10^6$ м/с.
   C) $3 \cdot 10^7$ м/с.
   D) $3 \cdot 10^8$ м/с.
2. **Угол между перпендикуляром, восстановленным в точке падения луча и отраженным лучом.**
   A) Угол отражения.
   B) Угол падения.
   C) Угол преломления.
   D) Предельный угол отражения.
3. **Величина, которая показывает: во сколько раз уменьшается скорость света при прохождении из вакуума в прозрачную среду.**
   A) Абсолютный показатель преломления.
   B) Относительный показатель преломления.
   C) Прозрачность среды.
   D) Оптическая плотность среды.
4. **На основании закона отражения угол падения равен ...**
   A) Углу преломления.
   B) Двойному значению угла отражения.
   C) Углу отражения.
   D) Углу между отраженным лучом и плоскостью поверхности.
5. **Физическая величина, характеризующая преломляющую способность линзы.**
   A) Увеличение линзы.
   B) Фокус линзы.
   C) Оптическая сила линзы.
   D) Абсолютный показатель преломления.
6. **Человек идет к зеркалу со скоростью 1 м/с. Определите скорость, с которой он приближается к своему изображению.**
   A) 0,5 м/с.
   B) 1 м/с.
   C) 1,5 м/с.
   D) 2 м/с.
7. **Изображение предмета, полученное с помощью сферического вогнутого зеркала, действительное, увеличенное, перевернутое. Укажите, где находится предмет.**
   A) Между вершиной и фокусом.
   B) В фокусе зеркала.

АРМАН-ПВ баспасы

C) Между фокусом и центром сферической поверхности.
D) В центре сферической поверхности.

8. Определите оптическую силу линзы, фокус которой равен 20 см.
A) 2 дптр.
B) 3 дптр.
C) 4 дптр.
D) 5 дптр.

9. Свойство глаза изменять кривизну хрусталика.
A) Аккомодация.
B) Модификация.
C) Оптимизация.
D) Фокусировка.

Вариант 2

1. Линия, вдоль которой распространяется свет.
A) Луч.
B) Траектория.
C) Перемещение.
D) Прямая.

2. Угол между перпендикуляром, восстановленным в точку падения луча и падающим лучом.
A) Угол падения.
B) Угол отражения.
C) Угол преломления.
D) Предельный угол отражения.

3. Угол падения, при котором угол преломления равен 90°.
A) Предельный угол полного преломления.
B) Предельный угол полного отражения.
C) Максимальный угол падения.
D) Минимальный угол падения.

4. Единица измерения оптической силы линзы.
A) Метр.
B) Диоптрия.
C) Ампер.
D) Ньютон.

5. Укажите оптический прибор, который дает мнимое, прямое, равное по размеру с предметом изображение.
A) Вогнутое зеркало.
B) Выпуклое зеркало.
C) Вогнутая линза.
D) Плоское зеркало.

АРМАНПВ баспасы

6. **Радиус кривизны сферической поверхности зеркала 20 см. Определите фокусное расстояние зеркала.**
   A) 40 см.
   B) 20 см.
   C) 10 см.
   D) 5 см.
7. **Изображение, которое мы видим в зеркале мнимое, прямое, уменьшенное. Укажите, какое зеркало дает такое изображение.**
   A) Плоское.
   B) Выпуклое.
   C) Вогнутое.
   D) Ни одно зеркало не дает такое изображение.
8. **Оптическая сила линзы равна –2 дптр. Определите фокусное расстояние линзы, укажите вид линзы.**
   A) 50 см, собирающая.
   B) –50 см, рассеивающая.
   C) 20 см, собирающая.
   D) –20 см, рассеивающая.
9. **Изображение предмета получено за сетчаткой глаза. Укажите тип оптической системы глаза и вид линзы, способной устранить этот недостаток.**
   A) Дальнозоркость, собирающая.
   B) Дальнозоркость, рассеивающая.
   C) Близорукость, собирающая.
   D) Близорукость, рассеивающая.

АРМАН-ПВ баспасы

Приложения

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ И ТАБЛИЦЫ

- В лабораторных работах указаны цели их проведения, необходимое оборудование, приведено описание хода работы с рисунками, таблицами и расчетными формулами.

АРМАН-ПВ спасибы

Приложение 1. Лабораторные работы

Лабораторная работа № 1. Сравнение количества теплоты при смешивании воды разной температуры

Цель работы: сравнить количество теплоты, отданное горячей водой, с количеством теплоты, полученным холодной водой при теплопередачи. Убедиться в том, что сравниваемые величины близки по значению. Выявить факторы, повлиявшие на результаты проведенного эксперимента.

Оборудование: калориметр, мензурка из термостойкого стекла, термометр, сосуд для горячей воды, чайник с горячей водой (один на класс), сосуд с холодной водой.

Указание к работе:

1. Определите температуру холодной воды в сосуде t_1, занесите результат в таблицу:

Начальная температура холодной воды t_1, °C	Начальная температура горячей воды t_2, °C	Температура смеси t, °C	Масса горячей воды m_2, кг	Масса холодной воды m_1, кг	Количество теплоты, полученное холодной водой Q_1, Дж	Количество теплоты, отданное горячей водой Q_2, Дж

2. Налейте в калориметр горячую воду объемом 100 см^3.
3. Определите температуру горячей воды t_2 *(рис. 1)*.
4. Влейте в калориметр 100 см^3 холодной воды, осторожно помешайте термометром полученную смесь и измерьте ее температуру t.
5. Рассчитайте массу холодной и горячей воды, приняв ее плотность равной $1\frac{г}{см^3}$, полученное значение переведите в кг и внесите в таблицу.
6. Рассчитайте количество теплоты, полученное холодной водой, по формуле:

$$Q_1 = cm_1(t - t_1).$$

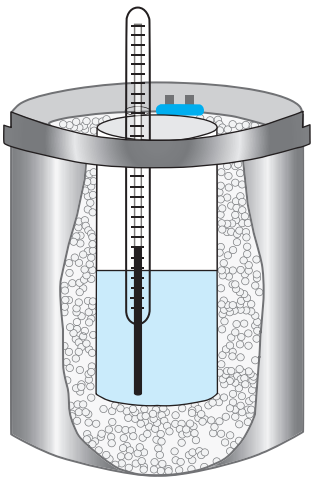


Рис. 1. *Калориметр*

АРМАН-ПВ басасы

7. Рассчитайте количество теплоты, отданное горячей водой по формуле:
$$Q_2 = cm_2(t_2 - t).$$
8. Сравните полученные значения Q_1 и Q_2. Объясните, почему количество теплоты, отданное горячей водой, больше, чем количество теплоты, полученное холодной водой.
9. Запишите вывод по результатам проведенного эксперимента.

Контрольный вопрос: При каком условии количество теплоты, отданное горячей водой, будет равным количеству теплоты, принятому холодной водой?

Лабораторная работа № 2.
Определение удельной теплоты плавления льда

Цель работы: используя уравнения теплового баланса, определить удельную теплоту плавления льда.

Оборудование: калориметр, мензурка, термометр, весы, термос со смесью кусочков льда и воды, сосуд с водой.

Краткая теория. При теплообмене тел замкнутой системы количество теплоты, отданное более нагретыми телами, равно количеству теплоты, принятому холодными телами.

В данной работе замкнутой системой являются внутренний стакан калориметра, вода и кусок льда. Стакан и вода охлаждаются, лед, получая энергию, тает и нагревается.

Стакан калориметра, охлаждаясь, отдает количество теплоты, равное:
$$Q_1 = c_1 m_1 (t_1 - t),$$
где c_1 – удельная теплоемкость, m_1 – масса внутреннего стакана калориметра, t_1 – температура воздуха окружающей среды до начала опыта, t – температура системы после теплопередача.

Охлаждаясь, вода отдает количество теплоты, равное:
$$Q_2 = c_2 m_2 (t_2 - t),$$
где c_2 – удельная теплоемкость воды, m_2 – масса воды, t_2 – температура воды до теплопередачи, t – температура тел после теплопередачи.

Лед тает и нагревается в виде воды до температуры t:
$$Q_3 = \lambda m_3 + c_2 m_2 (t - t_3),$$
где λ – удельная теплота плавления льда, m_3 – масса льда, $t_3 = 0$ °C – начальная температура льда.

На основании уравнения теплового баланса:
$$Q_1 + Q_2 = Q_3$$
или
$$c_1 m_1 (t_1 - t) + c_2 m_2 (t_2 - t) = \lambda m_3 + c_2 m_3 (t - t_3).$$

АРМАН-ПВ баспасы

Из полученного равенства выразим неизвестную величину:

$$\lambda = \frac{c_1 m_1 (t_1 - t) + c_2 m_2 (t_2 - t) - c_2 m_3 (t - t_3)}{m_3} \quad (1).$$

Указание к работе:

1. Определите температуру окружающей среды t_1 и температуру воды t_2. Результаты занесите в таблицу:

Начальная температура калориметра, t_1, °C	Температура воды t_2, °C	Температура смеси t, °C	Масса стакана калориметра m_1, кг	Масса воды m_2, кг	Масса льда m_3, кг

2. Определите на весах массу внутреннего стакана калориметра m_1.
3. Налейте в калориметр воды объемом $V_1 = 100$ см^3. Опустите в воду кусок льда, определите температуру смеси t в момент, когда весь лед превратится в воду.
4. Массу воды, налитой в калориметр, рассчитайте по значению объема и ее плотности, результат занесите в таблицу.
5. Слейте смесь воды с растаявшим льдом из калориметра в мензурку, определите изменение объема воды:
$$\Delta V = V_2 - V_1,$$
где V_2 – объем воды вместе со льдом, V_1 – объем воды, налитой в мензурку.
6. Определите массу льда по полученному значению изменения объема, используя формулу:
$$m = \rho \cdot \Delta V.$$
7. Рассчитайте удельную теплоту плавления по расчетной формуле (1), удельные теплоемкости веществ c_1 и c_2 определите по таблице.
8. Сравните полученное значение удельной теплоты плавления льда с табличным значением.
9. Сделайте вывод из проведенного эксперимента. Определите абсолютную погрешность измерений, сравнив полученное значение удельной теплоты плавления льда с табличным значением:
$$\Delta\lambda = \left| \lambda_{\text{таб}} - \lambda \right|.$$
Укажите факторы, повлиявшие на результат.

АРМАН-ПВ басасы

Лабораторная работа № 3.
Сборка электрической цепи.
Измерение силы тока и напряжения на различных ее участках

Цель работы: убедиться в том, что сила тока в различных участках цепи, состоящей из последовательно соединенных приборов, одинакова. Научиться измерять напряжение на различных участках цепи.

Оборудование: источник тока, лампа, проволочный резистор, ключ, соединительные провода, амперметр, вольтметр.

Задание 1. *Измерение силы тока.*

Указания к работе

1. Определите цену деления амперметра, полученный результат занесите в таблицу:

Цена деления амперметра	Показания амперметра		
	I_1, A	I_2, A	I_3, A

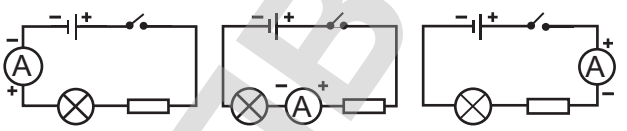


Рис. 2. *Схемы подключения амперметров в цепь*

2. Соберите цепь по первой схеме, изображенной на *рисунке 2*. Замкните ключ. Снимите показания амперметра I_1, результат занесите в таблицу.
3. Изменяя положение амперметра в цепи в соответствии со второй и третьей схемой *рисунка 2*, снимите его показание для каждого случая I_2, I_3.
4. Сравните полученные результаты, запишите вывод.

Задание 2. *Измерение напряжения.*

Указания к работе

1. Определите цену деления вольтметра, результат занесите в таблицу:

Цена деления вольтметра	Показания вольтметра			
	U_1, B	U_2, B	U_3, B	U, B

АРМАН-ПВ баспасы

2. Соберите первую цепь, схема которой изображена на *рисунке 3*.
3. Замкните цепь, определите показание вольтметра U_1, результат запишите в таблицу.
4. Изменяя положение вольтметра в цепи, согласно схемам, изображенным на *рисунке 3*, снимите показания U_2, U_3.
5. Снимите показание вольтметра U, подключив его к участку цепи, состоящей из лампы и резистора *(рис. 4)*.

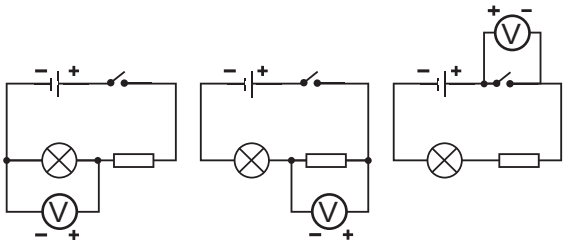


Рис. 3. *Схемы подключения вольтметра*

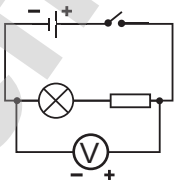


Рис. 4. *Подключение вольтметра к участку цепи, состоящей из двух приборов*

6. Сравните показание вольтметра U с суммой напряжений $U_1 + U_2$.
7. Сравните значение напряжений на участках цепи: U_1 и U_2; U_1 и U_3; какое предположение вы можете сделать по поводу разных значений напряжений?
8. Сделайте выводы, ответив на вопросы: на каком участке цепи напряжение наибольшее, на каком участке цепи напряжение имеет ничтожно малое значение, можно ли утверждать, что напряжение на двух участках цепи равно сумме напряжений на каждом из них?

Лабораторная работа № 4.
Исследование зависимости силы тока от напряжения на участке цепи

Цель: убедиться на опыте в прямой зависимости силы тока от напряжения на металлическом проводнике. Анализировать экспериментально полученные данные и записывать их с учетом погрешностей.

Оборудование: источник тока, ключ, соединительные провода, делитель напряжения, резистор, амперметр, вольтметр.

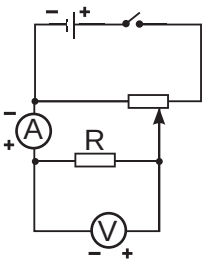


Рис. 5. *Подключение в цепь делителя напряжения*

Указания к работе

1. Соберите электрическую цепь по схеме на *рисунке 5*, замкните ее.

АРХИВ-ПРОБАСЛАВЫ

2. Изменяя положение подвижного контакта на делителе напряжения, снимите показания вольтметра и соответствующие им показания амперметра, занесите их в таблицу.
3. Определите цену деления амперметра и вольтметра, результат занесите в таблицу.
4. Запишите в таблицу значения напряжения и силы тока с учетом погрешности измерений. Примите погрешность отсчета равной половине цены деления прибора.

№ опыта	Погрешность измерения вольтметром ΔU, В	Напряжение U, В	Напряжение с учетом погрешности $U \pm \Delta U$, В	Погрешность измерения амперметром ΔI, А	Сила тока I, А	Сила тока с учетом погрешности $I \pm \Delta I$, А
1						
2						
3						
4						
5						

5. По полученным значениям напряжения и силы постройте график зависимости $I(U)$.
6. Направьте ось напряжений на сетке для построения графика зависимости силы тока от напряжения по оси абсцисс, силу тока – по оси ординат.

   Нанесите точки, соответствующие значениям, внесенным в таблицу. Вокруг точки постройте прямоугольник, стороны которого соответствуют удвоенному значению погрешности каждой величины *(рис. 6)*.
7. Проведите график таким образом, чтобы линия прошла через область значений измеренных величин или коснулась ее.
8. Ответьте на вопросы:
   1) График какой зависимости вами получен?
   2) Подтверждает ли результат эксперимента закон Ома?
9. Сделайте вывод.

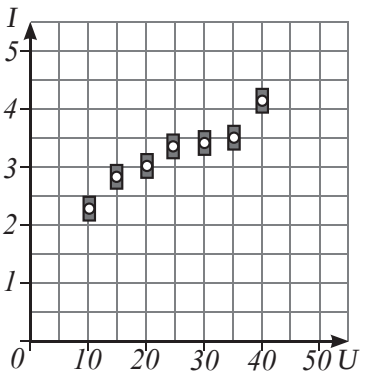


Рис. 6. *Пример нанесения точек графика с учетом погрешности*

АРМАНТВ бастасы

Лабораторная работа № 5.
Изучение последовательного соединения проводников

Цель работы: убедиться в выполнении законов последовательного соединения:

$$I = I_1 = I_2\ ;\ U = U_1 + U_2;\ \ R = R_1 + R_2;\ \ \frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}.$$

Оборудование: источник тока, ключ, соединительные провода, два амперметра, три вольтметра.

Указания к работе

1. Соберите цепь, схема которой изображена на *рисунке 7*. Замкните цепь, снимите показания амперметров I_1, I_2 и вольтметров U, U_1 и U_2. Результаты запишите в таблицу.
2. Убедитесь в выполнении законов последовательного соединения проводников $I = I_1 = I_2$; $U = U_1 + U_2$.
3. На основании закона Ома рассчитайте сопротивление резисторов R_1 и R_2 и их общее сопротивление R:

$$R_1 = \frac{U}{I_1};\ \ R_2 = \frac{U}{I_2};\ \ R = \frac{U}{I}.$$

Результаты расчетов внесите в таблицу.

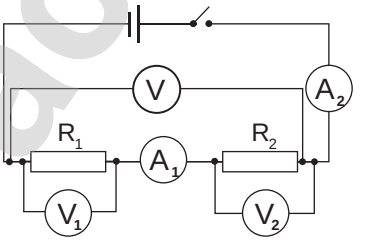


Рис. 7. *Схема подключения вольтметров и амперметров в цепь*

Измерено					Вычислено		
U_1, В	U_2, В	U, В	I_1, А	I_2, А	R_1, Ом	R_2, Ом	R, Ом

4. Сравните полученное значение R с суммой сопротивлений $R_1 + R_2$.
5. Проверьте выполнение соотношения напряжений и сопротивлений:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}.$$

6. Сделайте выводы по результатам выполненных расчетов.

Лабораторная работа № 6.
Изучение параллельного соединения проводников

Цель работы: убедиться в выполнении законов параллельного соединения:

$$I = I_1 + I_2;\ \ U = U_1 = U_2; \ldots\ldots \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2};\ \ \frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}.$$

АРМАНТЫ басласы

Оборудование: источник тока, ключ, соединительные провода, три амперметра, два вольтметра.

Указание к работе:

1. Соберите цепь, схема которой изображена на *рисунке 8*. Замкните цепь, снимите показания вольтметров: U_1 и U_2. Результат запишите в таблицу.
2. Соберите цепь по схеме, изображенной на *рисунке 9*, снимите показания амперметров.
3. Проверьте выполнение соотношения $I = I_1 + I_2$.

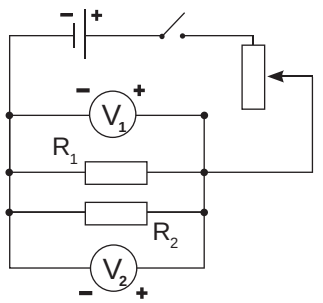


Рис. 8. *Подключение вольтметров к участкам цепи*

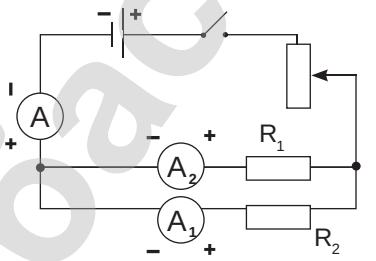


Рис. 9. *Подключение амперметров в цепь*

4. Вычислите сопротивление резисторов и их общее сопротивление, используя закон Ома:

$$R_1 = \frac{U}{I_1};\ R_2 = \frac{U}{I_2};\ R = \frac{U}{I}.$$

Результаты расчетов внесите в таблицу.

Измерено					Вычислено		
U_1, В	U_2, В	I, А	I_1, А	I_2, А	R_1, Ом	R_2, Ом	R, Ом

5. Проверьте выполнение соотношений:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2};\ \frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1},$$

подставив расчетные значения сопротивлений.

6. Сделайте выводы по результатам измерений и расчетов.

АРМАН-ПВ баспасы

Лабораторная работа № 7.
Измерение работы и мощности электрического тока

Цель работы: определить мощность лампы с использованием амперметра и вольтметра. Рассчитать работу тока в лампе, определить стоимость затраченной электрической энергии по действующему тарифу.

Оборудование: источник тока, ключ, соединительные провода, лампа на подставке, амперметр, вольтметр.

Задание 1. *Определение мощности лампы.*

Указания к работе

1. Соберите электрическую цепь, схема которой изображена на *рисунке 10*.
2. Замкните ключ, снимите показания амперметра и вольтметра. Занесите результаты в таблицу:

Результаты эксперимента			Номинальные значения		
U, В	I, А	P, Вт	$U_н$, В	$I_н$, А	$P_н$, Вт

3. Запишите в таблицу номинальные значения силы тока и напряжения, указанные на цоколе лампы.
4. Рассчитайте значение мощности по результатам опыта и по номинальным значениям силы тока и напряжения:
$$P = UI;\ P_н = U_н I_н.$$
5. Сделайте вывод.

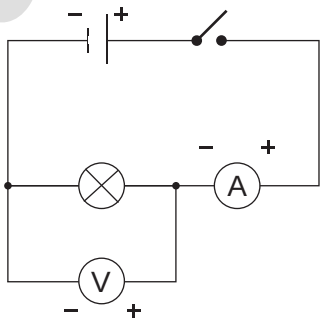


Рис. 10. *Схема подключения амперметра и вольтметра*

Задание 2. *Определение работы электрического тока, стоимости затраченной энергии.*

Указания к работе

1. Рассчитайте работу электрического тока в единицах СИ за 1 час, 1 сутки и 1 месяц, используя формулу расчета работы тока: $A = Pt$. Результаты внесите в таблицу.
2. Выразите полученный результат в кВт·ч

Время	Работа		Тариф Т, тенге	Стоимость Ст., тенге
	А, Дж	А, кВт ч		
1 час				

АРМАН-ПВ баспасы

Время	Работа		Тариф Т, тенге	Стоимость Ст., тенге
	А, Дж	А, кВт ч		
1 сутки				
1 месяц				

3. По действующему тарифу рассчитайте стоимость электроэнергии:
$$Cm = A \cdot T .$$
4. Определите стоимость электроэнергии, потраченную на бесперебойную работу гирлянды из 40 ламп в течение месяца.
5. Проанализируйте расчеты, сделайте вывод.

Лабораторная работа № 8. Изучение свойств постоянного магнита, получение изображений магнитных полей

Цель работы: изучить взаимодействие магнитов с различными веществами. На опыте убедиться в существовании полюсов магнита, проверить взаимодействие одноименных и разноименных полюсов.

Изучить магнитные линии магнитных полей, созданных полосовым и подковообразным магнитом, двумя полосовыми магнитами. Графически изобразить магнитное поле посредством силовых линий.

Оборудование: два полосовых магнита, подковообразный магнит, листы белой бумаги, мелкие железные гвозди, скрепки, магнитная стрелка на стойке, коробка-сито с железными опилками, мелкие изделия из различных веществ: пластмассы, стекла, дерева и т.д.

Задание 1. *Изучение свойств постоянного магнита.*

Указания к работе

1. Рассыпьте мелкие изделия из различных веществ, включая металлические, на лист белой бумаги.
2. Поднесите магнит к изделиям. В отчете о проведенном эксперименте укажите, какие вещества притягиваются магнитом, какие – не притягиваются.
3. Насыпьте железные опилки на бумагу. Поднесите к ним магнит, определите расположение полюсов полосового, а затем подковообразного магнита.
4. Убедитесь в том, что одноименные полюса магнитов отталкиваются, разноименные притягиваются. Поднесите магнит к северному полюсу магнитной стрелки, затем, не меняя полюса магнита, к южному полюсу магнитной стрелки.
5. Подвесьте к магниту «цепочку» из мелких гвоздей. Взявшись за верхний гвоздик, удалите магнит. Почему, «цепочка» гвоздей не рассыпается сразу же после удаления магнита?

АРМАН-ПВ Спасы

6. Из проведенных опытов сделайте выводы о действии постоянных магнитов на окружающие их тела. Чем отличается намагниченное тело от не намагниченного тела? Что нужно сделать, чтобы намагнитить железо?

Задание 2. *Получение изображений магнитных полей.*

Указания к работе

1. Положите полосовой магнит на стол, накройте листом бумаги. Из коробки-сита насыпьте на бумагу тонким слоем железные опилки. Картину получившихся магнитных линий нарисуйте в тетради.
2. С помощью железных опилок изучите магнитные линии полей, созданных между разноименными и одноименными полюсами двух полосовых магнитов *(рис. 11)*. На рисунке изобразите силовые линии.

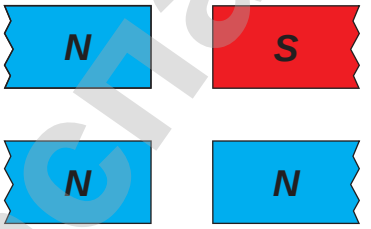


Рис. 11. *Расположение полосовых магнитов*

3. Рассмотрите магнитные линии поля, созданного подковообразным магнитом, изобразите на рисунке.
4. Сделайте вывод по проведенным опытам. Какими свойствами обладают магнитные линии магнитного поля?
5. Проведите взаимооценку выполненной работы одноклассниками по дескрипторам:

Критерии оценивания	Дескрипторы
Техника проведения эксперимента и соблюдение техники безопасности	Учащиеся 1. Выполняют эксперимент, соблюдая последовательность действий. 2. Соблюдают технику безопасности при работе с железными опилками
Анализ экспериментально полученных данных	3. Указывают по 2–3 вещества, которые притягиваются и не притягиваются к магниту. 4. Определяют полюса магнита и знают характер их взаимодействия. 5. Указывают способы намагничивания железных тел
Графическое изображение силовых линий магнитного поля, анализ результатов	6. На рисунке указывают начало и конец силовых линий магнитного поля, созданного между одноименными и разноименными полюсами магнитов. 7. Верно изображают силовые линии магнитного поля между полюсами магнита. 8. Называют свойства магнитного поля по анализу полученных изображений
Определение факторов, влияющих на проведение эксперимента	9. Указывают факторы, которые помешали получить результат, согласующийся с теорией

АРМАНТВ бағдасы

Лабораторная работа № 9.
Сборка электромагнита и проверка его действия

Цель работы: проверить на опыте зависимость действия электромагнита от силы тока в обмотке электромагнита и наличия сердечника. Сравнить магнитные поля, созданные полосовым магнитом и током в соленоиде.

Оборудование: источник тока, ключ, катушка с сердечником, соединительные провода, реостат, магнитные стрелки, железные опилки, лист бумаги.

Задание 1. *Изучение зависимости магнитных свойств катушки с током от сердечника.*

Указания к работе

1. Соберите последовательную цепь из источника тока, ключа, катушки и реостата. Замкните ключ.
2. Определите полюса катушки с помощью магнитной стрелки.
3. Удалите магнитную стрелку вдоль оси катушки на такое расстояние, на котором стрелка начинает ориентироваться вдоль магнитных линий Земли. Действие магнитного поля катушки на стрелку ничтожно мало.
4. Вставьте в катушку сердечник. Последите за действием катушки с сердечником на магнитную стрелку. Сделайте вывод.

Задание 2. *Изучение зависимости действия электромагнита от силы тока в катушке.*

Указания к работе

1. Насыпьте на лист бумаги железные опилки.
2. Поднесите электромагнит одним из полюсов к опилкам.
3. С помощью реостата измените значение силы тока в катушке.
4. Проследите за действием электромагнита на опилки при уменьшении силы тока до нулевого значения.
5. Ответьте на вопросы: почему при отсутствии тока в цепи часть опилок продолжает удерживаться сердечником?
6. Предложите не менее трех способов удаления опилок с сердечника. Проверьте эффективность предложенных способов на опыте.
7. Сделайте выводы.

Задание 3. *Сравнение силовых линий магнитного поля катушки с полем полосового магнита.*

1. Разместите вокруг катушки с сердечником магнитные стрелки.

АРМАН-ПВ баспағы

2. Изобразите силовые линии магнитного поля катушки. Сравните магнитные поля полосового магнита и катушки с сердечником.
3. Сделайте выводы.

Лабораторная работа № 10. Определение показателя преломления стекла

Цель работы: определить показатель преломления стекла. Сравнить полученное значение показателя преломления с табличным значением и оценить достоверность полученного результата.

Оборудование: стеклянная плоскопараллельная пластина, английские булавки – 4 шт., линейка измерительная, бумага белая, транспортир.

Указания к работе

1. Положите на лист бумаги плоскопараллельную пластину, обведите её.
2. Воткните в бумагу две булавки 1 и 2, одну из них (2) вплотную к пластине, другую произвольно *(рис. 12)*.
3. Воспользовавшись свойством прямолинейного распространения света, определите прямую, вдоль которой пойдет луч после двойного преломления в пластине. Для этого воткните булавки 3 и 4 за пластиной таким образом, чтобы каждая из них закрывалась булавкой, находящейся ближе к глазу наблюдателя.

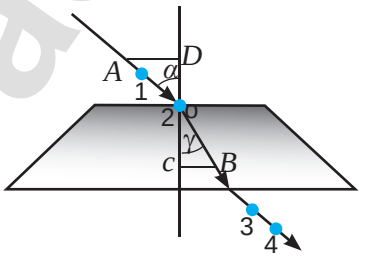


Рис. 12. *Преломление светового луча на границе воздух – стекло.*

4. Уберите с листа булавки и пластину. Через точки 1 и 2 проведите луч, падающий на пластину. Через точки 3 и 4 проведите луч, вышедший из пластины. Соедините точку падения с точкой выхода луча из пластины. Полученная линия – это луч, преломленный в стекле.
5. Измерьте транспортиром угол падения α и угол преломления γ.
6. Определите показатель преломления стекла по формуле:

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \gamma}.$$

7. Сравните результаты с табличными данными. Сделайте выводы.
8. Рассмотрите на рисунке треугольники Δ ADO и Δ OBC. Докажите, что показатель преломления можно определить по формуле:

$$n = \frac{AD}{CB},$$

при условии, если AO = OB.

АРМАНТЕР баспасы

Лабораторная работа № 11.
Определение фокусного расстояния тонкой линзы

Цель работы: определить фокусное расстояние и оптическую силу линзы.

Оборудование: собирающая линза, экран, измерительная лента, источник тока, лампа на подставке.

Задание 1. *Определение фокусного расстояния линзы с помощью параллельных оптической оси лучей.*

Кабинет освещается через окно солнечными лучами, которые можно считать параллельными, т.к. размеры окна в сравнении с расстоянием от Земли до Солнца ничтожно малы. Параллельные лучи, падающие на линзу, пересекаются в фокусе. Следовательно, экран с четким изображением окна расположится от линзы на фокусном расстоянии *F*.

Указания к работе

1. Изменяя расстояние между линзой и экраном, получите изображение окна на экране *(рис. 13)*.

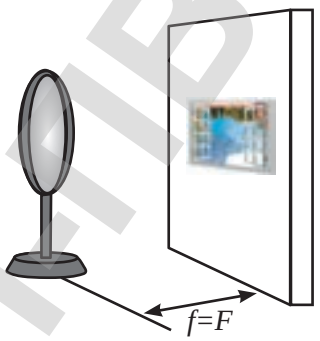


Рис. 13. *Изображение окна на экране, расположенном в фокусе собирающей линзы*

2. Измерьте фокусное расстояние *F*, выразите полученное значение в метрах.
3. Рассчитайте оптическую силу линзы по формуле:

$$D = \frac{1}{F}.$$

Задание 2. *Определение фокусного расстояния линзы с использованием формулы тонкой линзы.*

Указания к работе

1. Расположите лампу на таком расстоянии от линзы, чтобы на экране получилось увеличенное перевернутое изображение нити накала лампы. Измерьте

АРМАНТВ запасы

расстояние между лампой и линзой d_1 и между линзой и экраном f_1. Запишите результаты в таблицу.

№ опыта	Расстояние между лампой и линзой *d*, м	Расстояние между линзой и экраном *f*, м	Фокусное расстояние *F*, м	Оптическая сила линзы, *D*, дптр
1				
2				

2. Используя формулу тонкой линзы $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$, рассчитайте фокусное расстояние в метрах. Результат занесите в таблицу.
3. Определите оптическую силу линзы.
4. Повторите опыт, расположив лампу, линзу и экран таким образом, чтобы на экране получилось уменьшенное, перевернутое изображение.
5. Рассчитайте фокусное расстояние и оптическую силу линзы.
6. Сравните результаты двух проведенных измерений и расчетов.

Задание 3. *Определение фокусного расстояния линзы с использованием изображения равного размера.*

Если изображение тела на экране такого же размера, то тело и экран удалены от собирающей линзы на двойное фокусное расстояние.

Указания к работе

1. Расположите лампу, линзу и экран таким образом, чтобы размеры тела и его изображения были одинаковыми, при этом расстояние от лампы до линзы становится равным расстоянию от линзы до экрана.
2. Измерьте расстояние от линзы до экрана *f*, оно будет равно двойному фокусному расстоянию $2F$.
3. Определите фокусное расстояние линзы по формуле:
$$F = \frac{f}{2}.$$
4. Рассчитайте оптическую силу линзы:
$$D = \frac{1}{F}.$$

Сравните три метода определения фокусного расстояния и оптической силы линзы. Какой из них наиболее прост в осуществлении? Какой из них наиболее точный? Почему?

АРМАНТПВ баспасы

Приложение 2. Таблицы

Таблица 1. *Кратные и дольные приставки*

Наименование	Обозначение	Множитель	Наименование	Обозначение	Множитель
деци	д	10^{-1}	экса	Э	10^{18}
санти	с	10^{-2}	пета	П	10^{15}
милли	м	10^{-3}	тера	Т	10^{12}
микро	мк	10^{-6}	гига	Г	10^{9}
нано	н	10^{-9}	мега	М	10^{6}
пико	п	10^{-12}	кило	к	10^{3}
фемто	ф	10^{-15}	гекто	г	10^{2}
атто	а	10^{-18}	дека	да	10^{1}

Таблица 2. *Плотность твердых тел*

Вещество	Плотность $\frac{г}{см^3}$ *или* $10^3 \frac{кг}{м^3}$	Вещество	Плотность $\frac{г}{см^3}$ *или* $10^3 \frac{кг}{м^3}$
Алюминий	2,7	Олово	7,3
Базальт	3,0	Осина*	0,42
Береза*	0,6–0,8	Парафин	0,9
Бетон	2,3	Песок*	1,5
Бронза	8,7–8,9	Пихта*	0,53
Бук*	0,75	Платина	21,6
Гранит	2,6	Пробка	0,24
Графит	2,15	Свинец	11,4
Вольфрам	19,34	Серебро	10,5
Дуб*	0,7–1	Слюда	2,88
Ель*	0,4–0,7	Снег свежевыпавший	0,16
Железо, сталь	7,8	Снег слежавшийся	0,48
Золото	19,3	Сосна*	0,4–0,7
Кирпич	1,8	Стекло	2,5
Корунд	4,0	Титан	4,5
Кокс	1,3	Уголь древесный	1,45
Кремний	2,3	Уран	19,1
Латунь	8,7	Фарфор	2,4
Лед	0,9	Цинк	7,18
Медь	8,9	Чугун	7,7
Мел	2,2	Эбонит	1,2
Мрамор	2,7	Янтарь	1,1
Никель	8,9	*– находится в сухом состоянии	

АРМАНТ-ПБ баспасы

Таблица 3. *Плотность жидкостей*

Вещество	**Плотность** $\frac{г}{см^3}$ *или* $10^3 \frac{кг}{м^3}$	**Вещество**	**Плотность** $\frac{г}{см^3}$ *или* $10^3 \frac{кг}{м^3}$
Ацетон	0,78	Масло подсолнечное	0,9
Бензин	0,71	Молоко	1,03
Вода при 4 °С	1,0	Муравьиная кислота	1,025
Вода морская	1,03	Нефть	0,8
Глицерин	1,26	Ртуть	13,6
Керосин	0,8	Серная кислота	1,8
Масло вазелиновое	0,8	Спирт	0,8
Масло машинное	0,9	Эфир	0,71

Таблица 4. *Плотность газов (при 0 °С)*

Вещество	**Плотность** $\frac{г}{см^3}$ *или* $10^3 \frac{кг}{м^3}$	**Вещество**	**Плотность** $\frac{г}{см^3}$ *или* $10^3 \frac{кг}{м^3}$
Аммиак	0,00077	Неон	0,00090
Воздух	0,00129	Озон	0,0022
Водород	0,00009	Оксид углерода IV	0,00198
Гелий	0,00018	Пропан	0,002

Таблица 5. *Объемы правильных фигур*

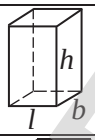
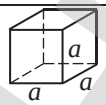
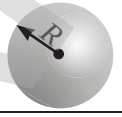
Название фигуры	**Вид фигуры**	**Объем фигуры**	**Площадь поверхности**
Параллелепипед		$V = l \cdot b \cdot h$	$S = 2(lb + lh + bh)$
Куб		$V = a \cdot a \cdot a = a^3$	$S = 6a^2$
Цилиндр		$V = \frac{\pi D^2}{4} h$	$S = \frac{\pi D^2}{2} + \pi Dh$
Шар		$V = \frac{4}{3}\pi R^3$	$S = 4\pi R^2$

Таблица 6. *Удельная теплоемкость вещества*

Вещество	$c, \frac{Дж}{кг \cdot ^\circ C}$	**Вещество**	$c, \frac{Дж}{кг \cdot ^\circ C}$
Алюминий	920	Песок	880
Вода	4200	Платина	140
Воздух	1000	Ртуть	130
Железо	460	Свинец	140
Керосин	2100	Серебро	250
Кирпич	880	Спирт	2500
Латунь	380	Сталь	500

АРМАТЕР базасы

Вещество	$c, \frac{Дж}{кг \cdot ^\circ C}$	Вещество	$c, \frac{Дж}{кг \cdot ^\circ C}$
Лед	2100	Стекло	840
Медь	380	Цинк	380
Никель	460	Чугун	540
Олово	250	Эфир	3340

Таблица 7. *Удельная теплота сгорания топлива*

Вещество	$q, 10^6 \frac{Дж}{кг}$	Вещество	$q, 10^6 \frac{Дж}{кг}$
Бензин	46	Каменный уголь	30
Бурый уголь	17	Керосин	46
Водород	120	Нефть	44
Дизельное топливо	42,7	Порох	3,8
Дрова* (березовые)	13	Природный газ	44
Дрова* (сосновые)	13	Спирт	27
Древесный уголь	34	Торф	14
* – находится в сухом состоянии			

Таблица 8. *Температура плавления и кристаллизации*

Вещество	$t, ^\circ C$	Вещество	$t, ^\circ C$
Алюминий	658	Серебро	960
Вода	0	Спирт	–114
Вольфрам	3370	Сталь	1400
Железо	1539	Олово	232
Золото	1063	Осмий	3030
Лед	0	Платина	1774
Медь	1083	Ртуть	–39
Нафталин	80	Цинк	420
Свинец	327	Эфир	–123

Таблица 9. *Удельная теплота плавления*

Вещество	$\lambda, 10^4 \frac{Дж}{кг}$	Вещество	$\lambda, 10^4 \frac{Дж}{кг}$
Алюминий	39	Платина	11
Железо	27	Ртуть	1,0
Золото	6,7	Свинец	2,5
Лед	34	Серебро	10
Медь	21	Цинк	12
Нафталин	15	Чугун белый	14
Олово	5,9	Чугун серый	10

Таблица 10. *Температура кипения*

Вещество	$t, ^\circ C$	Вещество	$t, ^\circ C$
Алюминий	2467	Медь	2300
Вода	100	Нафталин	218
Водород*	–253	Олово	2300
Воздух*	–193	Ртуть	357
Гелий*	–269	Свинец	1600
Железо	3200	Спирт	78
Золото	2947	Цинк	906
Кислород*	–183	Эфир	35
* – вещество находится в жидком состоянии			

АРМАН ПВ базасы

Таблица 11. *Удельная теплота парообразования*

Вещество	$r, 10^6 \frac{Дж}{кг}$	**Вещество**	$r, 10^6 \frac{Дж}{кг}$
Вода	2,3	Спирт	0,9
Ртуть	0,3	Эфир	0,4

Таблица 12. *Диэлектрическая проницаемость вещества*

Вещество	**Диэлектрическая проницаемость**	**Вещество**	**Диэлектрическая проницаемость**
Вода	81	Парафин	2,1
Керосин	2,1	Слюда	6
Масло	2,5	Стекло	7

Таблица 13. *Обозначение электрических приборов в цепи*

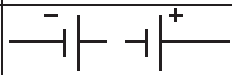
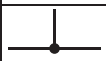
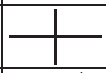
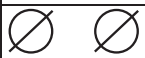
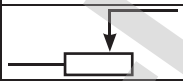
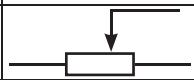
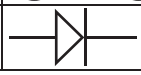
Название электрических приборов	**Условные обозначения в схеме**	**Название электрических приборов**	**Условные обозначения в схеме**
Гальванический элемент или аккумулятор		Батарея элементов или аккумуляторов	
Соединение проводов		Пересечение проводов	
Зажимы для подключения прибора		Ключ	
Электрическая лампа		Электрический звонок	
Резистор		Плавкий предохранитель	
Реостат		Делитель напряжения	
Амперметр		Гальванометр	
Вольтметр		Полупроводниковый диод	

Таблица 14. *Удельное электрическое сопротивление некоторых веществ*

Вещество	$\rho, Ом \cdot м$	**Вещество**	$\rho, Ом \cdot м$
Алюминий	$2{,}7 \cdot 10^{-8}$	Нихром	$1{,}05 \cdot 10^{-6}$
Вольфрам	$5{,}3 \cdot 10^{-8}$	Олово	$1{,}13 \cdot 10^{-7}$
Железо	$9{,}9 \cdot 10^{-8}$	Осмий	$9{,}5 \cdot 10^{-8}$
Золото	$2{,}2 \cdot 10^{-8}$	Платина	$1{,}05 \cdot 10^{-7}$
Константан	$4{,}7 \cdot 10^{-8}$	Ртуть	$9{,}54 \cdot 10^{-7}$
Латунь	$6{,}3 \cdot 10^{-8}$	Свинец	$2{,}07 \cdot 10^{-7}$
Магнанин	$3{,}9 \cdot 10^{-8}$	Серебро	$1{,}58 \cdot 10^{-8}$
Медь	$1{,}68 \cdot 10^{-8}$	Фехраль	$1{,}1 \cdot 10^{-6}$
Никелин	$4{,}2 \cdot 10^{-8}$	Цинк	$5{,}95 \cdot 10^{-8}$
Никель	$7{,}3 \cdot 10^{-8}$	Чугун	$5 \cdot 10^{-7}$

АРМАТ-ЛВ области

Таблица 15. *Температурный коэффициент сопротивления для некоторых металлов*

Вещество	$\alpha,\ K^{-1}$	**Вещество**	$\alpha,\ K^{-1}$
Вольфрам	$5 \cdot 10^{-3}$	Никелин	10^{-4}
Константан	$5 \cdot 10^{-6}$	Нихром	$2 \cdot 10^{-4}$
Магнанин	$8 \cdot 10^{-5}$	Фехраль	$2 \cdot 10^{-4}$

Таблица 16. *Электрохимический эквивалент некоторых веществ*

Вещество	$k, \frac{кг}{Кл}$	**Вещество**	$k, \frac{кг}{Кл}$
Алюминий	$9{,}32 \cdot 10^{-8}$	Натрий	$2{,}38 \cdot 10^{-7}$
Водород	$1{,}04 \cdot 10^{-8}$	Никель (двухвалентный)	$3{,}04 \cdot 10^{-7}$
Золото	$6{,}81 \cdot 10^{-7}$	Никель (трехвалентный)	$2{,}03 \cdot 10^{-7}$
Калий	$4{,}05 \cdot 10^{-7}$	Ртуть	$2{,}07 \cdot 10^{-6}$
Кальций	$2{,}08 \cdot 10^{-7}$	Свинец	$1{,}07 \cdot 10^{-6}$
Кислород	$8{,}29 \cdot 10^{-8}$	Серебро	$1{,}12 \cdot 10^{-8}$
Магний	$1{,}26 \cdot 10^{-7}$	Хлор	$3{,}67 \cdot 10^{-7}$
Медь	$3{,}29 \cdot 10^{-7}$	Цинк	$3{,}39 \cdot 10^{-7}$

Таблица 17. *Показатели преломления некоторых веществ*

Вещество	***n***	**Вещество**	***n***
Азот	1,000298	Алмаз	2,42
Водород	1,000132	Железо	1,63
Водяной пар	1,000255	Золото	0,37
Воздух	1,000292	Каменная соль	1,54
Кислород	1,000271	Лед (от 0 до –4 °С)	1,31
Ацетон	1,36	Медь	2,6
Бензин	1,38–1,41	Натрий	0,005
Вода	1,33	Рубин	1,75
Глицерин	1,47	Сахар	1,56
Молоко	1,35–136	Серебро	0,18
Спирт метиловый	1,33	Стекло	1,5–1,9
Эфир	1,35	Янтарь	1,55

Таблица 18

Греческий алфавит					
Α α	альфа	**Ι ι**	йота	**Ρ ρ**	ро
Β β	бета	**Κ κ**	каппа	**Σ σ**	сигма
Γ γ	гамма	**Λ λ**	лямбда	**Τ τ**	тау
Δ δ	дельта	**Μ μ**	мю	**Υ υ**	ипсилон
Ε ε	эпсилон	**Ν ν**	ню	**Φ φ**	фи
Ζ ζ	дзета	**Ξ ξ**	кси	**Χ χ**	хи
Η η	эта	**Ο ο**	омикрон	**Ψ ψ**	пси
Θ θ	тета	**Π π**	пи	**Ω ω**	омега

Латинский алфавит					
A a	а	**J j**	жи	**S s**	эс
B b	бе	**K k**	ка	**T t**	тэ
C c	це	**L l**	эль	**U u**	у
D d	де	**M m**	эм	**V v**	вэ
E e	э	**N n**	эн	**W w**	дубль-вэ
F f	эф	**O o**	о	**X x**	икс
G g	же	**P p**	пэ	**Y y**	игрек
H h	аш	**Q q**	ку	**Z z**	зет
I i	и	**R r**	эр		

АРМАН-ПР базасы

Ответы к упражнениям ★

Упр. 1. 1. 253 К, 310 К; **2.** 27 °С, –173 °С , 400 °С; **3.** 104 °F. **Упр. 2. 1.** Во втором; **2.** Да, да; **3.** Увеличится на 15 Дж. **Упр. 3. 1.** Конвекция, теплопроводность, излучение; **2.** Да; **3.** Первый. **Упр. 4. 3.** При свободном падении сила Архимеда отсутствует. **Упр. 5. 2.** 2,3кДж; **3.** 380 $\frac{Дж}{кг \cdot °C}$; **4.** ≈ 1,7 М Дж; **5.** 500 $\frac{Дж}{кг \cdot °C}$. **Упр. 6. 1.** 450 МДж; **2.** 163,3 МДж, недостаточно; **3.** 148 МДж. **Упр. 7. 1.** 120 л; **2.** 3 °С; **3.** 7,5 °С. **Упр. 8. 1.** 27 Дж; **2.** 2,33 МДж. **Упр. 9. 1.** Вода испаряясь, будет превращаться в кристаллы льда; **2.** 67,8 кДж; **3.** 0,4 кг; **4.** ≈ 9,13 кг.
Упр. 10. 1. 20 кДж; **2.** 4400 Дж. **Упр. 11. 1.** 29,5%; **2.** 2 кДж, 3 кДж; **3.** 26,46 кВт; **4.** 60%.
Упр. 13. 1. 5 нКл, 5 нКл; **2**. 0,9 Н, уменьшится в 81 раз; **3.** 3,16 мм; **4.** 11,52 кН.
Упр. 14. 1. 0,9 $\frac{Н}{Кл}$, $9 \cdot 10^{-9}$ Н; **2.** 20 нКл. **3.** 0,9 м. **Упр. 15. 1.** 100 кВ; **2.** –90 мкДж; **3.** ≈ 10^{-9} Ф.
Упр. 16. 3. 0,5 А; **4.** 9,6 А; **5.** На первом участке в 6 раз. **Упр. 17. 2.** 18 В; **3.** 12,5 с.
Упр. 18. 1. 112 Ом, 0,0534 кг; **2.** 0,15 В. **Упр. 19. 1.** 5 А, 60 В, 45 В, 15 В; **2.** ≈ 77 Ом; **3.** 5 Ом; **4.** 24 А, 12 А, 8 А, 6 А, 24 В. **Упр. 20. 1.** 2 А; **2.** а) $P_2 = 5P_1$ б) $P_1 = 5P_2$. **Упр. 21. 1.** 180 Дж, в первом в 2 раза больше; **2.** 288 МДж, 25,7 кг; **3.** ≈ 10 А. **Упр. 22. 2**. 5720 Ом. **Упр. 23. 1.** ≈ 12 г; **2.** $0{,}31 \cdot 10^{-6}$ $\frac{кг}{Кл}$. **Упр. 28. 2.** 20 м; **3.** 1,8 м. **Упр. 29. 1.** 30°; **3.** Увеличится на 30°.

Упр. 30. 1. 6 см, в 2 раза, в 2 раза. **Упр. 31. 1.** $1{,}7 \cdot 10^8$ $\frac{м}{с}$; **2.** 48°. **Упр. 32. 1.** ≈ 0,67 м, –0,5 м; **2.** 0,5 м, действительное, увеличенное, перевернутое. **Упр. 33. 1.** –1 дптр. **2.** 50 см.

Ответы к домашним упражнениям

Упр. 1д 1. –223 °С; 0 °С ; 74 °С; **2.** 226 К, 398 К; **3**. 326 К, 216 К; **4.** 30. **Упр. 2д 1.** Да; **2.** Кинетическая энергия возросла, потенциальная не изменилась; **3.** Во втором.
Упр. 3д 1. 36,6 °С; **2.** С суши на море; **3.** Вспаханное поле; **4**. Суховей. **Упр. 5д 1.** 50,4 кДж; **2.** ***210*** кДж; **3.** 4 л; **4.** 736 $\frac{Дж}{°C}$. **Упр. 6д 1.** 500 кг; **2.** ≈ 3,27 кг. **Упр. 7д 1.** $2{,}2\,\frac{кДж}{кг \cdot K}$.; **2.** ***1,73 °С;*** **3.** 55,2 Дж. **Упр. 8д 1.** 38,5 кДж; **2.** 669 кДж. **Упр. 9д 1.** 0,4 $\frac{МДж}{кг}$; **2.** 6,225 МДж; **4.** ≈ 351 кДж. **Упр. 10д 1.** ≈ 1,33 кДж; **2.** –10 Дж. **Упр. 11д 1.** 25%; **2.** ≈ 18,46 кДж; **3.** ≈ 467 К.
Упр. 13д 1. –1 нКл; –0,5 нКл; **2**. 90 мкН, ≈ 43 мкН; **3.** ≈ $1{,}06 \cdot 10^{-5}$ Кл; **4.** В 2 раза.
Упр. 14д 1. $4{,}4 \cdot 10^{-8}$ Кл; **2.** 2 мкКл. **3.** 450 Н/Кл. **Упр. 15д 1.** –6 мкДж; **2.** 220 мкКл.
Упр. 16д 3. $1{,}8 \cdot 10^5$ Кл; **4.** 400 Дж; **5.** 0,2 А.
4. 0,2 А. **Упр. 17д 2.** 0,02 А; **3.** 72 Кл. **Упр. 18д 1.** 0,46 мм; **2.** $6 \cdot 10^{-7}$ Ом·м. **Упр. 19д 1.** 120 В; **2.** 4 А, 2 А, 6 А; **3.** 10 В, 2 А, 1 А, 0,5 А, 6 А. **Упр. 20д 1.** ≈ 127 В; **2.** ≈ 236 Ом.
Упр. 21д 1. 396 кДж. **2.** 6 Ом **3.** ≈ 27,7 м. **Упр. 22.д 1.** 4,86 Ом; **2.** $4{,}57 \cdot 10^{-4}$ $К^{-1}$
Упр. 23д 1. ≈ 10 ч. **2.** 50,4 мг. **Упр. 28д 2.** 30 м. **Упр. 29д 1.** 120°; **2.** 4 м/с; **3.** 65°.
Упр. 30д 1. 10 см. **Упр. 31д 1.** $2{,}25 \cdot 10^8$ м/с; **2.** 30°. **Упр. 32д 1.** 12 дптр; **2.** 0,25 м, действительное, перевернутое, увеличенное. **Упр. 33д 1**. +2,3 дптр; 0,43 м. **2.** 17 см.

АРМАН-ПВ баспасы

Предметно-именной указатель

Амперметр 150
Абсолютный показатель преломления 247
Вольтметр 151
Внутренняя энергия тела 16
Вечный двигатель 87
Генератор индукционного тока 222
Геометрическая оптика 271
Диэлектрики 117
Диэлектрическая проницаемость среды 122
Излучение 24
Испарение 67
Изоляторы 117
Источник тока 144
Калория 48
Количество теплоты 35
Конвекция 23
Кипение 72
Конденсация 68
Коэффициент полезного действия 98
Конденсатор 133
Луч 232
Магнитотвердые ферромагнетики 201
Насыщенный пар 69
Напряженность электрического поля 127
Напряжение участка цепи 150
Отвердевание или кристаллизация 60
Оптическая сила линзы 254
Полная энергия 49
Парообразование 67
Плавление 60
Потенциал электростатического поля 132
Пробный заряд 127
Проводники 117
Предельный угол полного отражения 250
Работа 48
Реостат 161
Силовые линии 128
Сила тока 148
Сила Ампера 215
Силовые линии магнитного поля 206
Температура 11
Тепловое движение 6
Тепловое равновесие 12
Теплоемкость тела 35
Теплоизолированная система тел 47
Теплопередача 19
Теплопроводность 21
Термометр 11
Температура кипения 72
Температура кристаллизации 60
Температура плавления 60
Тепловой двигатель 93
Точечный заряд 120
Удельная теплоемкость вещества 36
Удельная теплота сгорания топлива 41
Удельная теплота парообразования 73
Удельная теплота плавления 61
Удельное сопротивление 160
Угол отражения 236
Угол падения 236
Ферромагнетики 200
Электроемкость конденсатора 133
Электрометр 116
Электроскоп 115
Элементарный электрический заряд 123
Электрический ток 144
Электродвигатель 216
Электромагнит 212
Электромагнитного реле 213
Явление электромагнитной индукции 220

АРМАН-ПРЕСС

Список использованной литературы

1. Байсеитова С.Ш. «Применение критериального оценивания на уроках физики». Научный журнал «Обучение и воспитание: методики и практика». Изд. ООО «Центр развития научного сотрудничества», 2015. С. 14–18.
2. Балашов М.М. Физика. Пробный учебник для 9 класса средней школы. – М.: Просвещение, 1993.
3. Даниэльян Я.В. Современные концепции школьного учебника. Научный журнал «Известия РГПУ им. А.И. Герцена». Изд. Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена». – СПб. 2007.
4. Демидова М.Ю., Коровин В.А. Методический справочник учителя физики. – М.: Мнемозина, 2003.
5. Закирова Н.А., Гаврилова Е.П. Сборник тестовых заданий по физике. – Кокшетау: Келешек – 2030, 2008.
6. Интегрированная модель критериального оценивания (ИМКО) в Назарбаев Интеллектуальных школах.
7. Кабардин О.Ф., Кабардина С.И., Орлов В.А. Контрольные и проверочные работы по физике. – М.: Дрофа, 2000.
8. Коростылева Л.А., Советова О.С. Психологические барьеры и готовность к нововведениям. – СПб, 1996.
9. Методика преподавания физики в 6–7 классах средней школы. Под ред. В.П. Орехова и А.В. Усовой. Изд. 3-е, перераб. – М.: Просвещение, 1976.
10. Мухамеджанова С.Т., Есназарова У.А., Жумагалиева С.Ж. Система организации научно-методической работы в школе. – ИПК г. Алматы, 2002.
11. Научно-практический журнал «Школьные технологии», 1999, № 3.
12. Научно-практический журнал «Школьные технологии», 2000, № 3.
13. Национальный план действий на 2012–2016 годы по развитию функциональной грамотности школьников.
14. Оценивание для обучения и оценивание обучения. Руководство для учителя. Первый (продвинутый) уровень. АОО «Назарбаев Интеллектуальные школы», 2012.
15. Педагогический журнал «Учитель», www.ychitel.com.
16. Перышкин А.В., Родина Н.А., Рошовская Х.Д., Гладышева Н.К., Кириллова И.Г. Преподавание физики в 6–7 классах средней школы. – М.: Просвещение, 1978.
17 Политика оценивания учебных достижений учащихся «Назарбаев Интеллектуальные школы» в 2014–2015 учебном году.
18 Правила критериального оценивания учебных достижений учащихся автономной организации образования «Назарбаев Интеллектуальные школы», Утверждены решением Правления АОО «Назарбаев Интеллектуальные школы» от 27 августа 2015 года.
19. Рымкевич А.П., Рымкевич П.А. Сборник задач по физике. – М.: Просвещение, 1984.
20. Селевко Г.К. Современные образовательные технологии. – М.: Народное образование, 1998.
21. Физика. Перевод с английского А.С. Ахматова и др. – М.: Наука, 1965.
22. Ханнанова Т.А. Психодидактические основы влияния цифровых технологий на развитие познавательных способностей обучающихся. Коллективная монография. Глава: «Формирование функциональной математической грамотности учащихся на содержании курса физики для основной школы». – М., 2011. – 4 п. л.

АРМАН-ПВ басасы

Электронные ресурсы

1. Bilimland.kz VideoLike.
2. http://festival.1september.ru
3. http://www.fizika.com
4. http://fiz.1september.ru/
5. http://testnews.kz/kz/fizika/
6. http://www.kaznu.kz/
7. http://surak.szh.kz/
8. http://ustazdar-alemi.kz/

Ссылки на иллюстрационные материалы

1. https://chippfest.blogspot.com
2. https://liter.kz
3. http://kbienergy.kz
4. https://primeminister.kz
5. https://www.3bscientific.com
6. http://v-nayke.ru
7. https://yvision.kz
8. http://prokazan.ru
9. https://ru.wikipedia.org
10. http://vipwash.ru
11. https://www.designboom.com
12. https://habr.com
13. http://asenergi.com
14. https://ru.zipy.co.il
15. http://www.penoplast-city.ru
16. http://www.1storiginal.com
17. http://etoday.kz
18. http://100esim.el.kz
19. https://www.amazon.com
20. http://zoogalaktika.ru
21. https://ru.aliexpress.com
22. https://www.banggood.com
23. https://too-korporatsiya-sajman.satu.kz
24. http://электроприбор.москва
25. http://www.inmesolgenerator.ru/blog
26. https://www.livejournal.com
27. https://globalcleaning.ru
28. http://electricalschool.info
29. https://www.joom.com
30. http://www.o-vannoy.ru
31. https://www.vimos.ru
32. https://gid-tv.ru
33. http://www.adoba.su
34. http://galov.com
35. http://strannik.biz
36. https://progress.online
37. http://www.s-line.ru

АРМАН-ПВ.6класы

Содержание

Предисловие ... 4
ГЛАВА I. Тепловые явления ... 5
§ 1. Тепловое движение, броуновское движение, диффузия ... 6
§ 2. Температура, способы ее измерения, температурные шкалы ... 11
§ 3. Внутренняя энергия. Способы изменения внутренней энергии ... 16
§ 4. Теплопроводность, конвекция, излучение ... 21
§ 5. Теплопередача в природе и технике ... 27
§ 6. Роль тепловых явлений в жизни живых организмов ... 31
§ 7. Количество теплоты, удельная теплоемкость вещества ... 35
§ 8. Энергия топлива, удельная теплота сгорания топлива ... 41
§ 9. Закон сохранения и превращения энергии в тепловых процессах ... 47
Итоги главы I ... 52
Контрольный тест ... 56
ГЛАВА II. Агрегатные состояния вещества ... 59
§ 10. Плавление и кристаллизация твердых тел, температура плавления, удельная теплота плавления ... 60
§ 11. Парообразование и конденсация ... 67
§ 12. Кипение, удельная теплота парообразования. Зависимость температуры кипения от внешнего давления ... 72
Итоги главы II ... 80
Контрольный тест ... 83
ГЛАВА III. Основы термодинамики ... 85
§ 13. Первый закон термодинамики, работа газа и пара ... 86
§ 14. Необратимость тепловых процессов, второй закон термодинамики ... 89
§ 15. Тепловые двигатели ... 93
§ 16. Коэффициент полезного действия теплового двигателя ... 98
§ 17. Экологические проблемы использования тепловых машин ... 103
Итоги главы III ... 107
ГЛАВА IV. Основы электростатики ... 113
§ 18. Электрический заряд, электризация тел, проводники и диэлектрики ... 114
§ 19. Закон сохранения электрического заряда, взаимодействие неподвижных зарядов, закон Кулона, элементарный электрический заряд ... 120
§ 20. Электрическое поле, напряженность электрического поля ... 127
§ 21. Потенциал и разность потенциалов электрического поля, конденсатор ... 132
Итоги главы IV ... 136
Контрольный тест ... 140
ГЛАВА V. Постоянный электрический ток ... 143
§ 22. Электрический ток, источники электрического тока ... 144
§ 23. Электрическая цепь и ее составные части, сила тока, напряжение ... 148
§ 24. Закон Ома для участка цепи ... 154
§ 25. Электрическое сопротивление проводника, удельное сопротивление проводника, реостат ... 159
§ 26. Последовательное и параллельное соединение проводников ... 164
§ 27. Работа и мощность электрического тока ... 170
§ 28. Тепловое действие электрического тока, закон Джоуля – Ленца ... 175
§ 29. Зависимость электрического сопротивления металлов от температуры, сверхпроводимость ... 179

АРМАН-ПВ баспасы

§ 30. Электронагревательные приборы, лампа накаливания, короткое замыкание, плавкие предохранители ... 183
§ 31. Химическое действие электрического тока, закон Фарадея ... 187
Итоги V главы ... 192
Контрольный тест ... 196
ГЛАВА VI. Электромагнитные явления ... 199
§ 32. Постоянные магниты, магнитное поле ... 200
§ 33. Магнитное поле прямого тока. Магнитное поле катушки с током ... 205
§ 34. Электромагниты и их применение ... 211
§ 35. Действие магнитного поля на проводник с током, электродвигатель, электроизмерительные приборы ... 215
§ 36. Электромагнитная индукция, генератор ... 220
Итоги главы VI ... 226
Контрольный тест ... 229
ГЛАВА VII. Световые явления ... 231
§ 37. Закон прямолинейного распространения света ... 232
§ 38. Отражение света, законы отражения, плоские зеркала ... 236
§ 39. Сферические зеркала, построение изображения в сферическом зеркале ... 242
§ 40. Преломление света, закон преломления света, полное внутреннее отражение ... 247
§ 41. Линзы, оптическая сила линзы, формула тонкой линзы. Построение изображений в линзах ... 253
§ 42. Глаз как оптическая система, дефекты зрения и способы их исправления ... 261
§ 43. Оптические приборы ... 266
Итоги VII главы ... 271
Контрольный тест ... 274
Приложения. Лабораторные работы и таблицы ... 277
Приложение 1. Лабораторные работы ... 278
Лабораторная работа № 1. Сравнение количества теплоты при смешивании воды разной температуры ... 278
Лабораторная работа № 2. Определение удельной теплоты плавления льда ... 279
Лабораторная работа № 3. Сборка электрической цепи. Измерение силы тока и напряжения на различных ее участках ... 281
Лабораторная работа № 4. Исследование зависимости силы тока от напряжения на участке цепи ... 282
Лабораторная работа № 5. Изучение последовательного соединения проводников ... 284
Лабораторная работа № 6. Изучение параллельного соединения проводников ... 284
Лабораторная работа № 7. Измерение работы и мощности электрического тока ... 286
Лабораторная работа № 8. Изучение свойств постоянного магнита, получение изображений магнитных полей ... 287
Лабораторная работа № 9. Сборка электромагнита и проверка его действия ... 289
Лабораторная работа № 10. Определение показателя преломления стекла ... 290
Лабораторная работа № 11. Определение фокусного расстояния тонкой линзы ... 291
Приложение 2. Таблицы ... 293
Ответы к упражнениям ... 298
Ответы к домашним упражнениям ... 298
Предметно-именной указатель ... 299
Список использованной литературы ... 300
Электронные ресурсы ... 301
Ссылки на иллюстрационные материалы ... 301

АРХИВ НТБ баспасы

Учебное издание

Назифа Анваровна Закирова
Руслан Рауфович Аширов

ФИЗИКА

Учебник для 8 класса общеобразовательной школы

Художники	Е. Ермилова, А. Айтжанов
Главный редактор	К. Караева
Методист-редактор	Б. Бекетауов
Редактор	Б. Масакбаева
Корректор	Г. Маликова
Технический редактор	В. Бондарев
Художественный редактор	Е. Мельникова
Художник-оформитель	О. Подопригора
Дизайн обложки	В. Бондарев
Верстка	Л. Костина

По вопросам приобретения обращайтесь по следующим адресам:
г. Астана, м-н 4, д. 2, кв. 55.
Тел.: 8 (7172) 92-50-50, 92-50-54. E-mail: astana@arman-pv.kz
г. Алматы, м-н Аксай 1А, д. 28Б.
Тел./факс: 8 (727) 316-06-30, 316-06-31. E-mail: info@arman-pv.kz

Книжный магазин «Арман-ПВ»
г. Алматы, ул. Алтынсарина, д. 87. Тел.: 8 (727) 303-94-43.

Сдано в набор 10.07.17. Подписано в печать 19.06.18. Формат 70x100 $^{1}/_{16}$. Бумага офсетная.
Гарнитура «Times New Roman». Печать офсетная. Объем 24,51 усл. печ. л. Тираж 30 000 экз.

Артикул 808-009-001р-18

АРМАН-ПВ баспасы