

Физика 7

Учебник для 7 класса школ общего среднего образования

Рекомендован к изданию Министерством народного образования Республики Узбекистан

**Новое
издание**



Ташкент
2022

УДК 53(075.3)
ББК 22.3уа72
F 58

Составители:

К. Суяров, Ж. Усаров, З. Сангилова, Й. Равшанов, Н. Буранова

РЕЦЕНЗЕНТЫ

- Н. Саидханов** – учёный секретарь Физико-технического института Академии наук РУз, д.ф.-м.н;
- И. Турсунов** – профессор кафедры физики Чирчикского государственного педагогического университета, д.ф.-м.н;
- Б. Нуриллаев** – доцент кафедры методики преподавания физики и астрономии в ТГПУ им. Низами, к.п.н;
- А. Худойбердиев** – методист отдела «Стандарт и оценка» РЦО;
- М. Саидарипова** – учитель физики высшей категории школы № 63 Юнусабадского района г. Ташкента, отличник народного образования;
- В. Саидхожаева** – учитель физики высшей категории школы № 5 Пскентского района Ташкентской области, заслуженный работник народного образования Республики Узбекистан;
- К. Расулов** – учитель физики высшей категории ОСГОШИ №1 г. Ферганы, Ферганской области;
- Т. Холикбердиев** – учитель физики высшей категории школы № 24 Баяутского района Сырдарьинской области, отличник народного образования.

Условные обозначения:

-  – ключевые слова
-  – обобщающие вопросы
-  – важные выводы
-  – практические задания
-  – упражнения

F 58 Физика 7 [текст] : учебник для 7 класса/ К.Т. Суяров [и другие] . – Ташкент: Республиканский центр образования, 2022. – 192 стр.
ISBN 978-9943-8354-4-3

УДК 53(075.3)
ББК 22.3уа72

Издано за счёт средств Республиканского целевого книжного фонда.
Оригинальный макет и концепция дизайна разработаны Республиканским центром образования.

ISBN: 978-9943-8354-4-3

© Республиканский центр образования, 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	5
----------------	---

ГЛАВА I. СВЕДЕНИЯ О МЕХАНИЧЕСКОМ ДВИЖЕНИИ

Тема 1. Роль среднеазиатских учёных в истории развития физики.....	7
Тема 2. Учёные-физики – создатели научной школы физики в Узбекистане	10
Тема 3. Физические величины. Международная система единиц (СИ)	13
Тема 4. Методы исследования в физике.....	17
Тема 5. Скалярные и векторные величины.....	20
Тема 6. Решение задач	22
Тема 7. Механическое движение.....	24
Тема 8. Основные понятия кинематики	28
Тема 9. Скорость и путь прямолинейного равномерного движения	31
Тема 10. Решение задач	36
Тема 11. Неравномерное движение	39
Тема 12. Лабораторная работа. <i>Определение средней скорости при неравномерном движении</i>	42
Тема 13. Решение задач.....	43
Тема 14. Движение по окружности.....	45
Тема 15. Решение задач	48
Задания по главе на логическое мышление	49

ГЛАВА II. СИЛЫ В ПРИРОДЕ. ЭНЕРГИЯ

Тема 16. Масса. Единицы массы	53
Тема 17. Плотность. Единицы плотности.....	55
Тема 18. Лабораторная работа. <i>Определение плотности тел различной формы</i>	59
Тема 19. Взаимодействие тел. Сила	62
Тема 20. Давление. Единицы давления	66
Тема 21. Решение задач.....	69
Тема 22. Передача давления жидкостями и газами.....	71
Тема 23. Давление жидкости	74
Тема 24. Решение задач.....	76
Тема 25. Атмосферное давление.....	78
Проектная работа. <i>Практическая демонстрация атмосферного давления</i>	82
Тема 26. Механическая работа.....	83
Тема 27. Виды механической энергии.....	85
Тема 28. Решение задач.....	88
Тема 29. Механическая мощность. Единицы мощности	90
Тема 30. Решение задач.....	93
Задания по главе на логическое мышление.....	94

ГЛАВА III. ТЕПЛОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ

Тема 31. Внутренняя энергия.....	97
Тема 32. Количество теплоты.....	100

Проектная работа. <i>Изучение теплопроводности</i>	103
Тема 33. Решение задач.....	104
Тема 34. Практическая работа. <i>Наблюдение теплообмена при смешивании воды разной температуры</i>	106
Тема 35. Удельная теплота сгорания топлива	107
Тема 36. Парообразование и конденсация. Кипение	110
Тема 37. Плавление и отвердевание твёрдых тел	115
Тема 38. Решение задач.....	118
Задания по главе на логическое мышление	120

ГЛАВА IV. ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

Тема 39. Электризация тел	123
Тема 40. Электрический заряд	126
Тема 41. Электроскоп и электрометр	130
Тема 42. Электрические проводники и диэлектрики.....	132
Тема 43. Взаимодействие заряженных тел.....	134
Тема 44. Распределение электрических зарядов	137
Тема 45. Электрические явления в природе	139
Тема 46. Электрический ток.....	142
Тема 47. Источники тока	145
Тема 48. Электрическое напряжение и его измерение.....	149
Тема 49. Сила тока.....	153
Тема 50. Решение задач.....	156
Тема 51. Лабораторная работа. <i>Измерение силы тока и напряжения</i>	158
Тема 52. Электрическое сопротивление	159
Тема 53. Резисторы. Реостаты	163
Тема 54. Закон Ома для участка цепи	166
Тема 55. Решение задач.....	169
Тема 56. Практическое занятие. <i>Регулирование силы тока при помощи реостата</i>	171
Тема 57. Лабораторная работа. <i>Изучение закона Ома</i>	172
Задания по главе на логическое мышление	173

Глава V. Оптика

Тема 58. Прямолинейное распространение света	176
Тема 59. Солнечное и лунное затмения.....	178
Тема 60. Отражение и преломление света	181
Тема 61. Линзы.....	184
Тема 62. Практическое занятие. <i>Изучение отражения света</i>	186
Задания по главе на логическое мышление	187

Ответы к упражнениям	189
-----------------------------------	-----

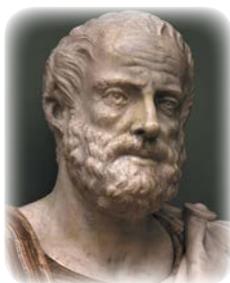
Литература	190
-------------------------	-----

Введение

Светская наука и знания необходимы, чтобы выжить в мире. Нация, лишённая современных знаний и науки, будет растоптана другими.

Махмудхужа Бехбудий

Физика, природа, научные достижения



Аристотель
(384-322 до н.э.)

Почему мы изучаем физику?

Слово «физика» происходит от греческого слова Φύσις – physis, что означает «природа». Физика – наука о природе. Это слово в науку ввёл греческий мыслитель – Аристотель.

Земля, космос, вода, воздух, горы и растительный мир - всё это понимается под термином «природа».

Явления и процессы, происходящие в природе, изучаются такими науками, как физика, биология, география, химия, астрономия и другие.

Физика – это наука, изучающая и объясняющая процессы и явления, происходящие вокруг нас. Например, такие как испарение воды, таяние льда, выпадение осадков, удар молнии, горение лампы и т.д.

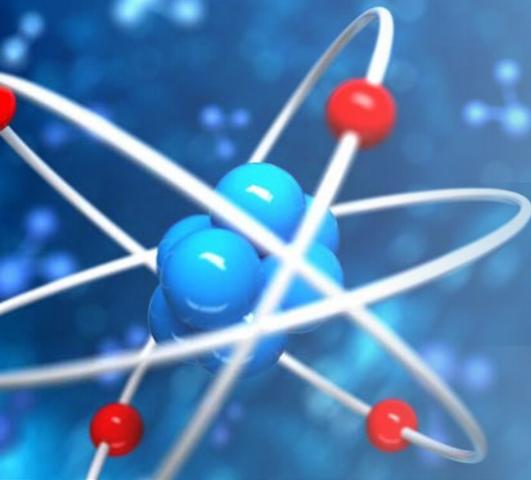
Физика – это наука, имеющая серьёзное значение в развитии таких отраслей как электроника, робототехника, возобновляемые источники энергии, производство новых видов материалов, создание медицинского оборудования.

Достижения физической науки находят широкое применение и в других областях. Например, микроскоп показывает элементы в увеличенном виде при изучении внутреннего строения листа на уроках биологии, а рентгеновский аппарат исследует лёгкие и обнаруживает травмы костей. Увеличение микроскопа и применение рентгеновского излучения основано на законах физики.



Важные выводы

1. Физика изучает природные явления.
2. Достижения физики имеют большое значение в различных видах транспорта (автомобили, поезда, самолёты, космические корабли), электроники (радио, телевизоры, компьютеры, телефоны), выработке электрической энергии.



Глава I

СВЕДЕНИЯ О МЕХАНИЧЕСКОМ ДВИЖЕНИИ

Дорогие ученики! В этой главе вы получите сведения о среднеазиатских учёных, внёсших вклад в развитие физики, таких как Абу Абдуллох Мухаммад ибн Муса аль-Хорезми, Абу Наср Фараби, Абу Райхан ибн Ахмад Беруни, Ахмад аль-Фергани, Мирзо Мухаммад ибн Шохрух ибн Темур Улугбек Курагани, а также о создателях научной школы Узбекистана, таких как Содик Азимов, Убай Орифов, Мухтор Саидов, Акбар Отаходжаев, Пулат Хабибуллаев. В этой главе вы также познакомитесь с физическими величинами и их обозначениями, единицами измерения, измерительными приборами, методами научных исследований, скалярными и векторными величинами и действиями над ними, механическим движением, пространством и временем, телом отсчёта и системой отсчёта, изменением величин, материальной точкой, поступательным движением, траекторией, путём, перемещением, временем движения, графиками скорости и пути, пройденным путём при равномерном прямолинейном движении, неравномерным движением, средней скоростью при неравномерном движении, мгновенной скоростью, с движением по окружности, периодом и частотой при вращательном движении.



РОЛЬ СРЕДНЕАЗИАТСКИХ УЧЁНЫХ В ИСТОРИИ РАЗВИТИЯ ФИЗИКИ

1

Тема

Кого вы знаете из учёных Средней Азии? Какой вклад они внесли в развитие науки?

Мыслители Средней Азии оставили нам богатое научное наследие, проводя исследования в области математики и философии, естественных наук и астрономии. Такие учёные, как Мухаммад аль-Хорезми, Ахмад аль-Фергани, Абу Наср Фараби, Абу Али ибн Сино, Абу Райхон Беруни, Умар Хайям, Мирзо Улугбек, Ар Рази, Гиясиддин Коши жили и творили в IX–XVI вв.

Остановимся на некоторых наших великих учёных-энциклопедистах, внёсших достойный вклад в развитие физики.

Абу Абдулла Мухаммад ибн Муса аль-Хорезми

Аль-Хорезми известен в Европе как Хорезми. Он изучал хорезмийскую астрономию и написал знаменитую астрологическую таблицу Зидж. Его таблица «Zij» – первая работа по средневековой астрономии, состоящая из 37 глав и 116 таблиц. Она содержит информацию о различных календарях, хронологию (учение о последовательности событий), движения Солнца, Луны, планет, созвездий и т.д.

Абу Наср Фараби

Фараби родился в древнем городе Отрар (Фороб) на реке Сырдарья. Фараби – учёный-энциклопедист, оставивший неизгладимый след в науке.

Научные интересы Фараби включали в себя физику, химию, медицину и биологию.

Учёный объяснил естественную связь между небесными телами и земными событиями, образование облаков и дождя, а также лунное затмение. Он написал книгу по физике «Книга о методах физики».

Абу Али ибн Сино

Абу Али ибн Сино проводил исследования во многих областях, таких как астрономия, математика, философия, физика, химия, медицина и музыка. Интересуясь механикой, он объяснил принцип инерции за 700 лет до Ньютона. Ввёл понятие «Каср и майл» (подготовка к движению). Ибн Сино объяснил, что тело может двигаться непрерывно, если нет каких-либо препятствий.



**Абу Абдулла Мухаммад
ибн Муса аль-Хорезми
(780–850)**



**Абу Наср Фараби
(873–950)**



**Абу Али ибн Сино
(980–1037)**



**Абу Райхан ибн Ахмад
Беруни
(973–1048)**

Абу Райхан ибн Ахмад Беруни

Среди восточных учёных средневековья научное наследие Абу Райхана Беруни занимает особое место. Беруни родился в 973 году в древней столице Хорезма Киёте (ныне Республика Каракалпакстан, город Беруни). С детства он проявлял большой интерес к науке.

Во времена Беруни широкое развитие получили экспериментальные науки (на основе опытов). Исследования Беруни и изыскания в области физики посвящены механике, минералогии, теплоте, свету, электричеству, магнетизму и акустике.

Абу Райхан Беруни дал понятия:

- единицам измерения;
- скорости, линейной и угловой скорости;
- изучал строение и свойства веществ;
- проводил опыты по определению плотности веществ;
- изучал принципы работы сообщающихся сосудов, фонтанов, колодцев и простых механизмов;
- высказал своё мнение о вакууме, атмосферном давлении, конвекции и о силе притяжения между частицами.

Беруни называл световой луч «пучком материальных частиц». Объяснил явления отражения и преломления света.

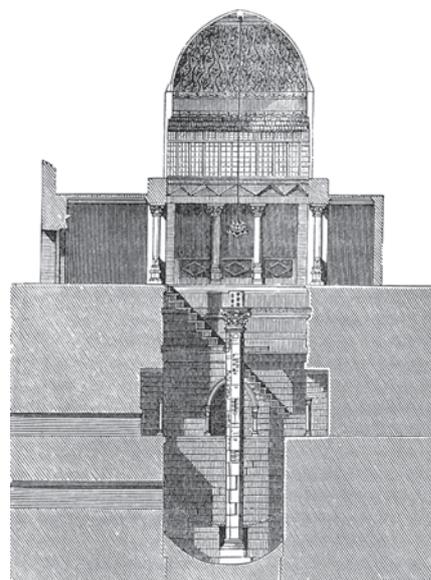


**Ахмад аль-Фергани
(798–865)**

Ахмад аль-Фергани

Аль-Фергани внёс достойный вклад в развитие астрономии, математики и географии. Будучи родом из Ферганы, аль-Фергани трудился в Багдаде. Он разработал прибор для измерения уровня воды (нилометр) и установил его на острове Равзо близ Каира, а именно на реке Нил. Созданный им нилометр не потерял своего значения и по сей день. Труды Фергани ещё при жизни были высоко оценены восточными учёными.

В XVI веке союз астрономов Западной Европы в честь аль-Фергани назвал один из кратеров на Луне «Альфраганусом».





Мирзо Мухаммад ибн Шохрух ибн Темур Улугбек Курагани

Великий астроном и математик, известный мыслитель своего времени.

Для изучения небесных тел Мирзо Улугбек построил обсерваторию на холме Кухак в Самарканде. Под его руководством была создана таблица звёзд Курагоний – «Зиджи Курагоний». В этой книге указаны точные координаты 1018 звёзд.

Дорогие ученики! Вы кратко ознакомились с жизнью и творчеством наших великих предков. Надеемся, что и вы в будущем будете способствовать развитию науки, а также внесёте свой вклад в развитие нашей страны!



Мирзо Мухаммад ибн Шохрух ибн Темур Улугбек Курагани (1394–1449)



1. Каких ещё среднеазиатских учёных, внёсших вклад в развитие физики, вы знаете? Расскажите о них своим друзьям.
2. Какие работы в целях изучения научного наследия великих предков проводятся в нашей стране?
3. Соберите данные о местах, названных в честь наших великих предков.
4. В каких отраслях используются сегодня научные достижения наших великих предков?
5. Какие измерительные приборы использовал Мирзо Улугбек при изучении небесных тел?
6. Какие исследования проводятся в обсерватории?
7. Кого из мировых учёных, внёсших вклад в развитие физики, вы знаете?

2 Тема

УЧЁНЫЕ-ФИЗИКИ – СОЗДАТЕЛИ НАУЧНОЙ ШКОЛЫ ФИЗИКИ В УЗБЕКИСТАНЕ

*Кого из известных физиков вы знаете?
А из узбекских учёных?*

Огромное научное наследие, созданное нашими предками, внесло весомый вклад в развитие мировой науки, и их преемники – учёные нашей страны – также создали научные школы. Познакомимся с некоторыми из них.

Содик Азимов

Содик Азимов – учёный-физик, академик АН РУз, заслуженный деятель науки РУз, лауреат Государственной премии РУз.

С. Азимов является одним из учёных, разработавших направления ядерной физики, физики высоких энергий.

Помимо разработки экологически чистых источников энергии, учёный выступил с инициативой создания Большой Солнечной печи. В 1988 году под руководством С. Азимова на инновационной строительной площадке в Ташкентской области (Паркентский район) была запущена Большая Солнечная печь.



Содик Азимов
(1914–1988)



Акбар Отаходжаев
(1926–1994)



Акбар Отаходжаев

Акбар Отаходжаев – учёный-физик, академик АН РУз, заслуженный деятель науки РУз, лауреат Государственной премии РУз имени Беруни. Учёный изучал физические свойства жидкостей оптическими методами.

Убай Орифов

Убай Орифов – учёный-физик, государственный и общественный деятель, академик АН РУз, заслуженный деятель науки и техники РУз, лауреат Государственной премии РУз имени Беруни.

Основные работы учёного посвящены физической электронике, ядерной и радиационной физике, гелиотехнике.

Мухтор Саидов

Мухтор Саидов – учёный-физик, академик АН РУз и Академии технологических наук Российской Федерации, заслуженный деятель науки РУз, лауреат Государственной премии РУз имени Беруни и Государственной премии РУз.

Его научная деятельность посвящена проблемам полупроводникового материаловедения и электроники твёрдых тел, физике и технологии полупроводниковых приборов, преобразующих световую энергию в электрическую.

Пулат Хабибуллаев

Пулат Хабибуллаев – учёный-физик и общественный деятель, академик АН РУз, заслуженный деятель науки РУз, лауреат Государственной премии РУз имени Беруни. Свои научные исследования он проводил в сфере акустики, ядерной физики, оптики, лазерной физики.

Бекзод Юлдашев

Бекзод Юлдашев – учёный-физик, государственный и общественный деятель, академик АН РУз, заслуженный деятель науки РУз и Республики Каракалпакстан, лауреат Государственной премии РУз имени Беруни. Он является почётным доктором Университета Вашингтона (США) и Кембриджского Университета (Великобритания), академиком Академии наук стран исламского мира (ИАМ), почётным доктором Объединённого института ядерных исследований (г.Дубна, Россия), академиком Международной ассоциации академий наук (МААН).

Его научно-организационная деятельность связана с вопросами физики элементарных частиц, ядерной физики, применением ядерных технологий в промышленности, сельском хозяйстве и медицине.



Убай Орифов
(1909–1976)



Мухтор Саидов
(1930–2020)



Пулат Хабибуллаев
(1936–2010)



Бекзод Юлдашев
(1945)



Кадыр Гулямов
(1945)



Бобомурат Ахмедов
(1963)



Облокул Кувандиков
(1939)

Кадыр Гулямов

Кадыр Гулямов – учёный-физик и общественный деятель. Он является действительным членом АН РУз и АН стран исламского мира (ИАМ). Профессор Лундского Университета в Швеции, лауреат Государственной премии РУз имени Беруни.

Гулямов Кадыр Гафурович – ведущий специалист в области ускорительных энергий ядерной физики. Учёный предложил провести эксперимент по ускорению частиц высоких энергий, в котором приняли участие учёные крупнейших университетов и исследовательских центров мира.

Бобомурат Ахмедов

Бобомурат Ахмедов – учёный-физик, заслуженный деятель науки РУз. Научные достижения учёного были признаны во всём мире, он был избран членом Всемирной академии наук (ТWAS) в 2018 году и АН стран исламского мира (ИАМ) в 2020 году. Ахмедов Бобомурат Жураевич – ведущий специалист в области гравитации, общей теории относительности, ядерной и релятивистской астрофизики.

Облокул Кувандиков

Облокул Кувандиков – учёный-физик, доктор физико-математических наук, профессор, член-корреспондент Международной академии педагогических наук.

Научно-исследовательская работа учёного посвящена проблемам физики электрических и магнитных явлений. Учёный изучал влияние неметаллических атомов на электрическое поле кристаллической решётки металлов.



1. Каково предназначение Большой Солнечной печи?

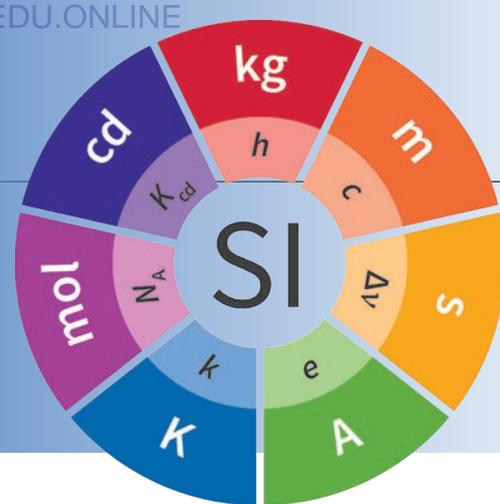
2. На сайте АН РУз academy.uz представлена информация о научной деятельности учёных, проводящих свои исследования в области физики в нашей стране. Ознакомьтесь с ней. Научная работа какого учёного заинтересовала вас больше всего?

3. Соберите информацию из Интернета и энциклопедии о научно-исследовательской работе академика Умарова Гияса по использованию солнечной энергии. Обсудите полученную информацию с друзьями.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ. МЕЖДУНАРОДНАЯ СИСТЕМА ЕДИНИЦ (СИ)

Какие единицы измерения вы применяете в повседневной жизни?

3 Тема



Величины, количественно характеризующие физические свойства объектов и явлений, взаимодействия и движения, называются физическими величинами.

Измерения физических величин делятся на прямые и косвенные.

Прямое измерение – это непосредственное измерение физических величин (например, длины, времени, массы, силы, давления, температуры) с помощью измерительных приборов (измерительной ленты, секундомера, динамометра и др.).

Косвенное измерение – это измерение, при котором можно определить значение величины, на основании формул (энергия, работа, мощность и др.).

Для каждой физической величины приняты свои единицы измерения. Так, например, измерить длину стола – значит сравнить её с другой длиной, принятой за единицу длины, с метром.

Вот уже на протяжении двух столетий для удобства все страны мира стремятся пользоваться одинаковыми единицами физических величин, так как их различие доставляло неудобство.

Международная система единиц (СИ) – система интернациональная) была принята в 1960 году.

Единицы физических величин делятся на основные, вспомогательные и производные. Международная система единиц (СИ) определяет семь основных и две вспомогательные единицы физических величин. Основные величины: длина, масса, время, количество вещества, температура, сила тока, сила света. Вспомогательные величины: плоский угол и телесный угол.

А пока мы познакомим вас с некоторыми единицами, входящими в Международную систему единиц (СИ): длина, масса и время.

В соответствии с международным соглашением, для каждой основной единицы принят свой эталон (образец). Например, в Международной системе единиц (СИ) основной единицей длины является метр (1m). В соответствии с международным соглашением, он представляет из себя платиноиридиевый стержень (рис. 1.1).

Согласно международному соглашению, в Международной системе единиц (СИ) основной единицей массы

Физические величины, обозначение величин, единицы измерения, измерительные приборы.



Измерить величину – это значит сравнить её с однородной величиной, принятой за эталон.

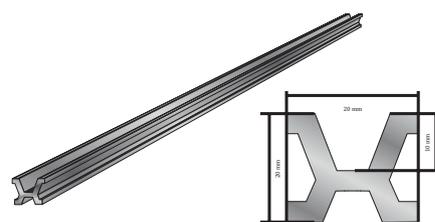


Рис. 1.1



Рис.1.2

является один килограмм (1kg). Килограмм – масса платиноидридиевого цилиндра (эталоны). Международный эталон массы хранится во Франции в городе Севре. Точнейшие копии эталона массы имеются и в других странах, в том числе и у нас (рис. 1.2).

В Международной системе единиц (СИ) за основную единицу времени принята одна секунда (1s). Нельзя изготовить эталон времени, как это было с эталонами массы и длины. Однако в качестве эталона времени принята 1/86400 часть времени вращения Земли вокруг своей оси – 1s.

С эталоном единицы времени, принятым международным соглашением, вы познакомитесь в старших классах.

Название, обозначение основных физических величин, входящих в Международную систему единиц (СИ), наименование единицы и измерительные приборы приведены в таблице ниже.

Основные единицы Международной системы единиц (СИ)

№	Физическая величина	Обозначение	Единица измерения	Измерительный прибор	Название измерительного прибора
1	Длина	<i>l, s</i>	m (метр)		измерительная лента
2	Масса	<i>m</i>	kg (килограмм)		весы
3	Время	<i>t</i>	s (секунда)		секундомер
4	Количество вещества	<i>v</i>	моль		измеряется косвенно
5	Абсолютная температура	<i>T</i>	К (кельвин)		термометр
6	Сила тока	<i>I</i>	A (ампер)		амперметр
7	Сила света	<i>I</i>	kd (кандела)		люксметр

С помощью измерительных приборов можно измерить температуру тела, рост, вес, частоту сердечных сокращений.

Помимо основных единиц измерения, существуют и производные единицы. Они образуются путём выполнения математических операций над основными единицами. Например, единица плотности равна отношению единиц массы и объёма.

Как определяется объём тела?

Рассмотрим два способа измерения объёма тела.

1. Определение объёма твёрдого тела в форме прямоугольного параллелепипеда. С помощью линейки измеряется длина a , ширина b и высота c параллелепипеда (рис. 1.3). По формуле $V = a \cdot b \cdot c$ вычисляется объём тела.

2. Определение объёма тела неправильной формы. Объём тела неправильной формы можно найти с помощью мензурки и воды. Сначала в мензурку заливается чистая вода (рис. 1.4-а). Определяется объём воды в мензурке: $V_1 = 200$ ml или $V_1 = 200$ cm³. Затем в мензурку опускается тело неправильной формы, объём которого надо измерить, и удерживается за нить. После полного погружения тела в воду (рис. 1.4-б) измеряется одновременно объём жидкости и тела: $V_2 = 340$ ml или $V_2 = 340$ cm³. Разница объёмов равна объёму тела: $V_2 - V_1 = 340$ ml - 200 ml = 140 ml или $V_{\text{тела}} = 140$ cm³.

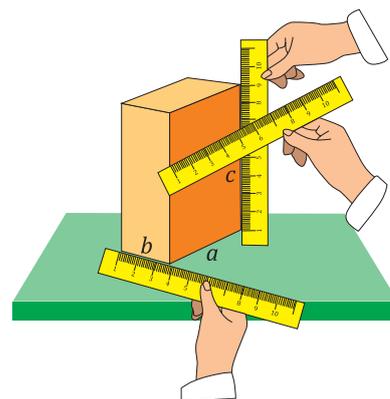


Рис.1.3

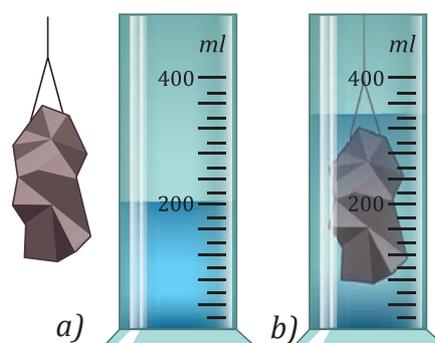


Рис.1.4



1. Физические величины характеризуются названием, обозначением, числовым значением и единицей измерения.
2. Измерить величину – значит сравнить её с однородной величиной, принятой за эталон.
3. Физическая величина – количественная характеристика физических явлений и объектов.



1. С какой целью была создана Международная система единиц (СИ)?
2. Что такое эталон? Каково его предназначение?
3. Можно ли сложить физические величины? А умножать или делить? Обоснуйте ответы.
4. Перечислите основные единицы физических величин.
5. Какими методами и единицами измерения пользовались люди до введения Международной системы единиц (СИ)?



Практическое задание

1 Определите толщину листа учебника при помощи линейки.

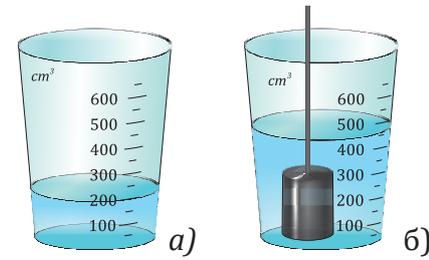


Рис.1.5

2 Выполните задание, основываясь на рис. 1.5
 Максимальная вместимость стакана на рис. 1.5-а _____,
 цена деления _____
 Объем воды на рис. 1.5-а равен _____
 В мензурку поместили тело (рис. 1.5-б). Общий объем
 тела и жидкости равен _____.
 Определите объем тела.

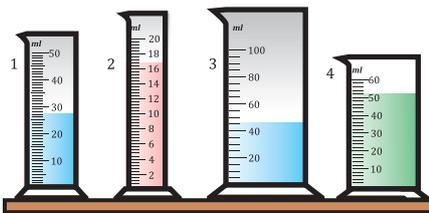


Рис.1.6

3 На основании рисунка 1.6 заполните таблицу
 1. Чему равна цена деления?
 2. Чему равен объем воды в мензурке?
 3. Чему равна максимальная вместимость мензурки?

Мензурка	Цена деления мензурки	Максимальная вместимость мензурки, ml	Объем жидкости
1	1	50	27
2			
3			
4			

4 Заполните таблицу, переводя единицы измерения в указанные:

1	15 cm	0,15 m
2	2,5 km	..... m
3	0,3 cm ²	..... m ²
4	4,5 cm ²	..... mm ²
5	8 cm ³	..... m ³
6	18 m ³	..... cm ³
7	4,5 l	..... cm ³

8	0,04 m ³	40 l
9	0,6 kg	..... g
10	250 g	..... kg
11	30 min	..... h
12	2 h	..... s
13	1 сутки	..... h
14	500 m	..... km

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ В ФИЗИКЕ

Как мы изучаем природные явления?

4 Тема



Наблюдение, опыт, гипотеза, теория

Человечество всегда было неравнодушным к природным явлениям. Изучая их, люди смогли получить важные научные знания об окружающей среде. Например, о том, что один полный оборот вокруг своей оси Земля совершает за сутки, а вокруг Солнца – за год, о планетах и движении Луны, о прямолинейном распространении света и образовании тени.

Изучение природных явлений и процессов без всякого воздействия на них называют наблюдением.

Все мы наблюдали радугу после дождя или при освещении фонтана солнцем. Важные знания люди получают из наблюдений. На рис. 1.7 показана радуга, образовавшаяся вокруг фонтана.



Рис.1.7

При наблюдении за событиями и процессами выдвигаются научные предположения о существовании определённых закономерностей. Эти научные догадки называются гипотезой.

Чтобы проверить научные предположения, проводятся опыты. Например, вода при нормальных условиях закипает при 100°C . Однако на опытах можно увидеть, что температура кипения воды различна на разных высотах поверхности Земли (рис. 1.8). Благодаря опытам мы приобретаем новые знания.

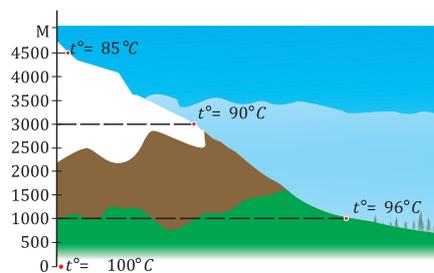


Рис.1.8

Научные эксперименты всегда целенаправленны. Например, итальянский учёный Галилео Галилей, чтобы изучить падение тел, ронял шары различной массы с наклонной башни в г. Пизе. В результате этих опытов он открыл закон падения тел (рис. 1.9).

Физический закон – это описание соотношений между явлениями, проявляющихся при определённых условиях в эксперименте.

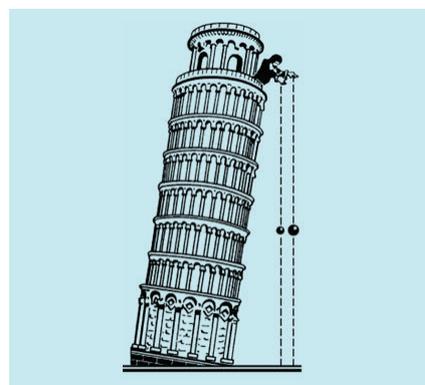
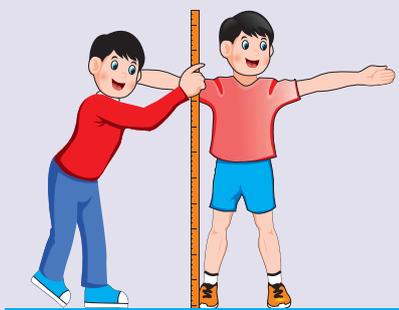
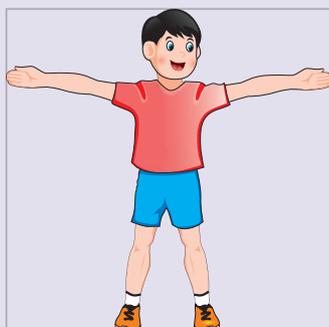


Рис.1.9

Методы научных исследований



а)



б)

Рис.1.10

Опыт – важнейший метод исследования. Наблюдения и опыты помогают нам в приобретении новых знаний.

Многие природные явления протекают независимо от нас, например, солнечное и лунное затмения, ветер, морские волны и многое другое.

Специалисты различных сфер изучают природные явления с помощью измерительных приборов, делая предварительные догадки. Например, мы можем узнать о погодных изменениях за несколько дней благодаря информации, предоставленной сотрудниками гидрометцентра или СМИ.



1. Существуют следующие методы научного познания: наблюдение, опыт, гипотеза, теория.
2. Гипотеза – это научное предположение.
3. Для проверки научного предположения проводятся опыты.
4. Теоретические знания проверяются на опытах.



1. Каким образом человек получает знания о своём существовании?
2. Приведите примеры природных явлений.
3. Какие физические явления вы наблюдали?
4. Какие измерения вы можете провести самостоятельно?



Практическое задание

1 Разделите на две группы все имеющиеся у вас дома измерительные приборы:

- а) цифровые: _____
- б) шкаловые: _____

2 Великий итальянский художник Леонардо да Винчи говорил, что рост человека равен длине рук. Проверьте правильность этого высказывания:

- 1) измерьте свой рост с помощью угольника или метра (рис. 1.10-а);
- 2) разведите обе руки горизонтально и измерьте расстояние между кончиками пальцев (рис. 1.10-б);
- 3) сравните оба измерения и запишите выводы.

3 Понаблюдайте вместе с другом за изменением длины вашей тени в разное время солнечного дня и результаты внесите в таблицу.

Время	Рост	Длина тени	Изменение тени (удлинение или укорачивание)
9:00			
12:00			
15:00			
18:00			

Опираясь на ваши наблюдения, выдвинете свою гипотезу.

4 Распределите слова, указанные ниже, в соответствующие столбцы: физическое тело, вещество, физическое явление.

Земля, вода, течение воды, Луна, ветер, падение фруктов с дерева, растительное масло, стол, ручка, железо, кипение воды, замерзание воды, машина, ртуть, птица, молния, испарение, таяние льда, книга, дерево, золото, раскат грома.



Леонардо да Винчи
(1452–1519)

Физическое тело	Вещество	Физическое явление
Машина	Золото	Замерзание льда

5 Какие природные явления показаны на рисунках?



1



2



3

5

Тема

СКАЛЯРНЫЕ И ВЕКТОРНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ



Скалярные и векторные величины, действия над ними

Различают два вида физических величин: скалярные и векторные.

Скалярные величины – это величины, определяемые только числовым значением.

К скалярным величинам относятся такие величины как длина, площадь, объём, время, температура, плотность, энергия.

К примеру, температура человека измеряется термометром. Числовое значение, показываемое термометром, является скалярной величиной.

Над скалярными величинами выполняются такие же математические действия, как и над числами. Например: в одном мешке $m_1 = 50$ kg муки, в другом $m_2 = 15$ kg. Их общая масса равна:

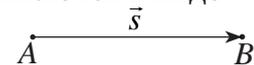
$$m_1 + m_2 = 50 \text{ kg} + 15 \text{ kg} = 65 \text{ kg}$$

Разница между массами муки в этих двух мешках равна:

$$m_1 - m_2 = 50 \text{ kg} - 15 \text{ kg} = 35 \text{ kg}$$

Векторные величины – это величины, определяемые числовым значением и направлением.

Векторные величины записываются в виде \overline{AB} или \vec{s} , а на чертеже выглядят так:



Точка A является началом вектора, точка B – это конец вектора, и при прочтении вектора начинаем с начальной буквы, т.е. вектор \overline{AB} . Длина вектора – это расстояние между началом и концом вектора. Изображается вектор в виде отрезка со стрелкой на конце, указывая направление.

Векторные физические величины обозначаются следующим образом: сила – \vec{F} , скорость – \vec{v} , перемещение – \vec{s} .

Например: путешественники, перемещаясь на автобусе по маршруту Ташкент–Самарканд со скоростью 75km/h, доезжают за 4 часа. Здесь направление движения автобуса и его скорость являются векторными величинами, а время движения и пройденный путь – скаляры.

Необходимость выполнения математических действий над векторами (сложение, вычитание) вытекает из процесса решения жизненно важных задач. Поэтому нам необходимо уметь выполнять математические операции над векторами. Ознакомимся со способами сложения векторных величин.

Сложение параллельных векторов осуществляется следующим образом:

- совместить конец первого вектора с началом второго;
- соединить начало первого вектора с концом второго – это и будет суммарный вектор (рис. 1.11).

При сложении одинаково направленных векторов

- векторное выражение выглядит так: $\vec{c} = \vec{a} + \vec{b}$;
- числовое значение (модуль) вектора суммы имеет вид: $c = a + b$.

При сложении противоположно направленных векторов (рис. 1.12-а):

- векторное выражение выглядит так: $\vec{c} = \vec{a} + (-\vec{b}) = \vec{a} - \vec{b}$;
- числовое значение (модуль) вектора суммы имеет вид: $c = a - b$ (рис.1.12-б).

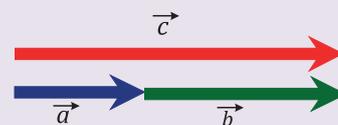
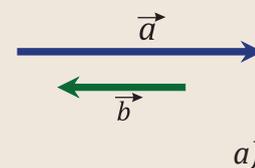
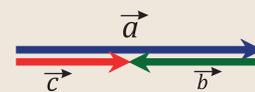


Рис.1.11



а)



б)

Рис.1.12



1. Существуют два вида физических величин: скалярные и векторные.
2. Скалярные величины – это величины, определяемые числовым значением.
3. Векторные величины – это величины, определяемые числовым значением и направлением.



1. Чем отличаются скалярные величины от векторных?
2. Приведите на примерах действия над скалярными и векторными величинами.
3. К каким величинам можно отнести дорожные знаки: прямо, влево, вправо?



6 Тема

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

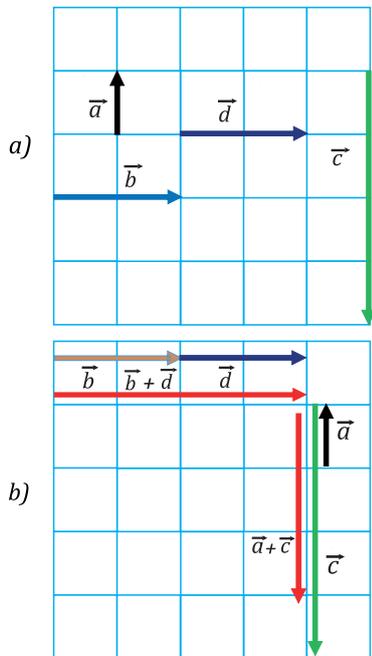


Рис. 1.13

1 На рис. 1.13-а приведены векторы \vec{a} , \vec{b} , \vec{c} , \vec{d} . Сложите векторы \vec{a} и \vec{c} , \vec{b} и \vec{d} .

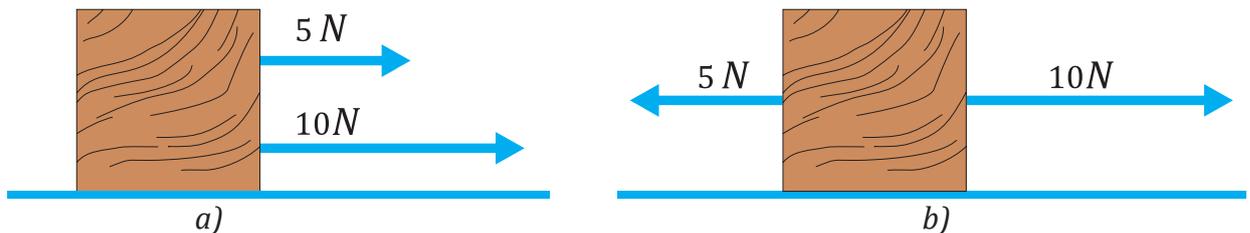
Решение: на рис. 1.13-б показано сложение вектора \vec{a} с вектором \vec{c} и вектора \vec{b} с вектором \vec{d} . Как видно из рис. 1.13-а, модуль вектора \vec{c} равен 4 единицам, а модуль вектора \vec{a} равен 1 единице. Они имеют разное направление, поэтому модули векторов при сложении векторов \vec{a} и \vec{c} вычитаются, т.е.:

$$4 - 1 = 3 \text{ единицы} \quad (\text{рис.1.13-б}).$$

Так как векторы \vec{b} и \vec{d} имеют одно направление, то модули векторов при сложении складываются, т.е.:

$$2 + 2 = 4 \text{ единицы} \quad (\text{рис. 1.13-б}).$$

2 На брусок, находящийся на столе, действуют силы 5 N и 10 N. Определите результирующую силу, действующую на брусок. Поскольку сила является векторной величиной, важно не только её числовое значение, но и её направление. Рассмотрим два случая воздействия сил.



В первом случае (а) силы действуют в одном направлении, поэтому результирующая сила будет равна сумме этих сил, т.е. 15 N.

Во втором же случае (б) силы действуют в противоположных направлениях, поэтому результирующая сила будет равна разности этих сил, т.е. 5 N. Результирующая сила имеет не только числовое значение, она ещё зависит и от направления.

3 Автомобиль проехал на север 80 km, затем свернул на юг и проехал ещё 20 km.

a) определите пройденный путь автомобиля;

b) на сколько переместился автомобиль относительно начального положения?

Дано:	Формула:	Решение:
$s_1 = 80 \text{ km}$ $s_2 = 20 \text{ km}$	$s = s_1 + s_2$	$s = (80 + 20) \text{ km} = 100 \text{ km}$ $|\vec{s}| = (80 - 20) \text{ km} = 60 \text{ km}$
Найти: $s = ?$ $|\vec{s}| = ?$	$|\vec{s}| = s_1 - s_2$	Ответ: $s = 100 \text{ km}$ $|\vec{s}| = 60 \text{ km}.$



Упражнение 1

1 Выполните в тетрадях действия над векторами, показанными на рис. 1.14. Начертите и вычислите результат.

a) $\vec{a} + \vec{k} + \vec{d} = ?$

c) $\vec{m} + \vec{c} = ?$

b) $\vec{f} + \vec{k} + \vec{n} + \vec{a} = ?$

d) $\vec{m} + \vec{b} + \vec{c} = ?$

2 На шкале линейки последовательно расположили одинаковые копейки. Определите толщину одной копейки.

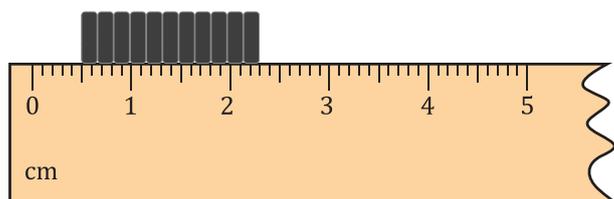


Рис.1.15

3 На рис. 1.16 дана карта. Рассчитайте расстояние между городами А и В при помощи линейки. Масштаб примите как 1 cm равный 30 km. Измерьте также расстояния между другими городами, показанными на рисунке (А и С, С и D, А и D).

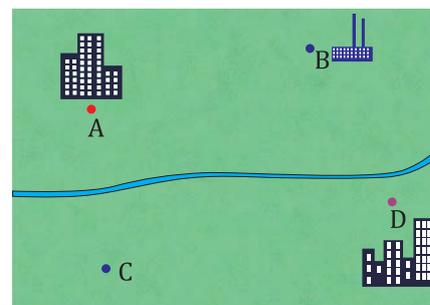


Рис. 1.16

4 Две машины, стоящие на перекрёстке, проехали в одном направлении: первая машина – 500 m, вторая – 600 m. Каково расстояние между ними? А если бы машины ехали в противоположном направлении?

5 Выполните следующие действия, принимая каждую клетку за единичный отрезок (рис. 1.17).

5.1. a) $a+b$; b) $h+s$; c) $a+s+h$; d) $b+s+h$; e) $a+b+h$; f) $a+b+s$;

5.2. a) $m+n$; b) $m+d$; c) $m+n+d$; d) $m+f$; e) $m+k$; f) $m+f+k$.

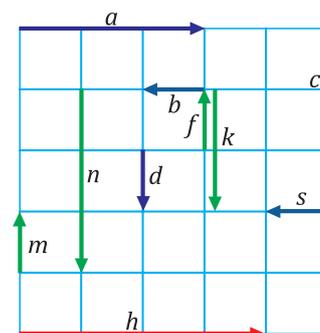


Рис. 1.17

7

Тема

МЕХАНИЧЕСКОЕ ДВИЖЕНИЕ



Механическое движение, кинематика, пространство и время, тело отсчёта, система отсчёта, изменение параметров

Какие виды движения вам известны?



Поступательное движение



Вращательное + поступательное движение



Колебательное движение



Поступательное + вращательное движение

Кинематика

Основной задачей кинематики является определение положения движущегося тела в любой момент времени. Раздел механики, изучающий связь между величинами, описывающими движение тела, называется **кинематикой**. Кинематика изучает движение тел с течением времени, но не рассматривает причины, вызывающие это движение.



Пространство и время

В природе все тела находятся в движении. Любое событие происходит в пространстве и времени. Тело с течением времени занимает определённое положение в пространстве относительно других тел. Если тело с течением времени не меняет своего положения, то оно покоится. Если же оно со временем изменило своё положение, то это говорит о том, что тело находится в движении.

Изменение положения тела в пространстве относительно других тел с течением времени называется механическим движением.





Тело отсчёта

Любое движение изучается относительно тел, находящихся в состоянии покоя. На самом деле в окружающем нас мире нет неподвижных тел. Нам кажется, что дома, здания, деревья и т.д. неподвижны. Но в то же время они вместе с Землёй непрерывно движутся относительно Солнца. Значит, движения всех тел относительны, как и их неподвижность.

Представьте, что вы наблюдаете за едущими автомобилями. Они находятся в постоянном движении относительно вас и других неподвижных тел. Пассажиры, сидящие в транспорте, неподвижны относительно друг друга, но также находятся в движении относительно других машин. Они через окно могут судить о движении транспорта только по отдаляющимся от них телам на обочине дороги.

Дома, в которых мы проживаем, остановки, деревья и здания можно условно считать неподвижными. Неподвижное тело можно считать за тело отсчёта.

Тело отсчёта, связанная с ним система координат и прибор для измерения времени, называют системой отсчёта.

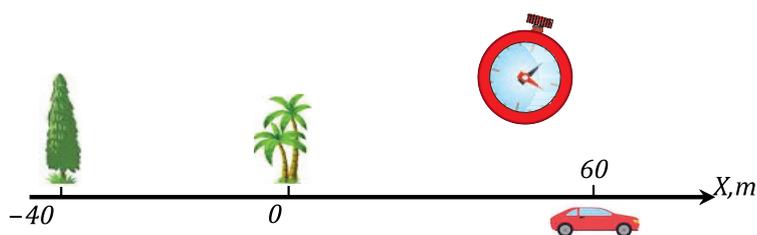


Рис.1.18

Система отсчёта

При изучении движения тела важно определить его положение на прямой (числовой оси), на плоскости и в пространстве. Когда тело движется по прямой, его положение определяется координатами на оси OX (рис. 1.18). При перемещении тела на плоскости его положение определяется двумя координатами $(x;y)$ на плоскости XOY (рис. 1.19). Если же тело движется в пространстве, то его положение в пространстве определяется тремя $(x;y;z)$ координатами (рис. 1.20)

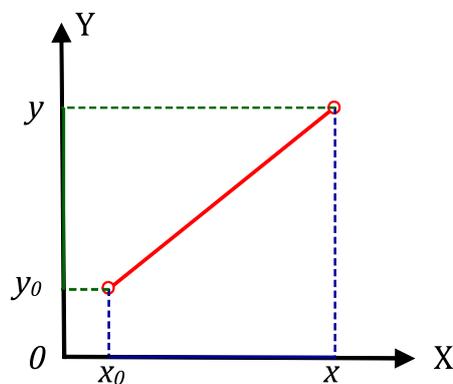


Рис.1.19

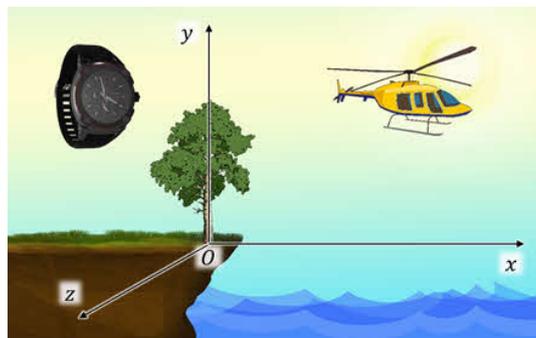


Рис.1.20



Относительно чего будет двигаться лодка, если наблюдать за её движением по реке с берега?

Что мы понимаем под изменением величин?

Под изменением величин подразумевают разницу между начальным её значением и последующим.

Измененная физическая величина тоже является величиной физической. Рассмотрим изменение физической величины на примере изменения координаты тела. Пусть координаты тела на начало наблюдения ($t = 0$) соответствуют $(x_0; y_0)$. С течением времени t меняется положение тела, и теперь координаты тела соответствуют $(x; y)$. То есть, за время движения t координата тела по оси X изменилась на величину $x - x_0$, а координата тела по оси Y изменилась на величину $y - y_0$. Изменение координат тела равно разности начального и конечного значений. Это правило изменения координат справедливо для всех физических величин. Изменение величины принято обозначать символом Δ (греческая буква «дельта»).

Например: $x - x_0 = \Delta x$; $y - y_0 = \Delta y$.



1. Существуют такие виды движения, как поступательное, вращательное, колебательное.
2. При механическом движении меняется положение тела относительно других тел с течением времени.
3. В качестве тела отсчёта можно принять любое неподвижное тело.
4. Систему отсчёта составляют: тело отсчёта, связанная с ним система координат и прибор для измерения времени.



1. В движущемся вагоне пассажирского поезда на столе лежит книга. Подвижна или нет эта книга относительно:
 - а) стола; б) рельсов; в) пола вагона?
2. Дайте понятие механическому движению и приведите примеры.
3. Какие примеры изменения параметров можно привести из вашей повседневной жизни?
4. Как можно объяснить своё местоположение (координаты) другому человеку?
5. Вы находитесь на улице. Что можно принять за тело отсчёта из окружающих вас объектов?



Упражнение 2

1 Определите конечные координаты детей, если из положения с координатой $x_0=5$ первый мальчик перемещается на 8 единиц вправо, а второй на 7 единиц влево.

2 Мальчик прошёл 50 м на восток и, пробежав ещё 100 м в том же направлении, добрался до финиша (рис. 1.21). Какое расстояние он преодолел?



Рис.1.21

3 По рис. 1.18 определите координаты ели и пальмы, принимая за тело отсчёта неподвижный автомобиль.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ



Геолокация

Геолокация – это метод определения местоположения (координаты) электронного устройства в любой точке земной поверхности с помощью технологии GPS или посредством Интернета. Слово «гео» в переводе с греческого означает «земля», а «локация» в переводе с английского – «место». После успешного определения координаты на основе программы распознавания данных можно сделать фотографию местоположения. Также можно определить реальное географическое местоположение электронного устройства. Например, радиопередатчика, мобильного телефона или компьютера, подключенного к Интернету.

8 Тема

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ КИНЕМАТИКИ



Материальная точка, поступательное движение, траектория, путь, перемещение

Тело, не меняющее свою форму и размеры при описании движения, называют абсолютно твёрдым телом.



Тело, формой и размерами которого в наблюдаемых условиях можно пренебречь, называют материальной точкой.

Линия, которую описывает при своём движении в пространстве материальная точка, называется траекторией.



Длина траектории, пройденной телом за определенный промежуток времени, называется путём.

При изучении механического движения тела применяются такие термины, как абсолютно твёрдое тело, материальная точка, поступательное движение, траектория, путь, перемещение.

Материальная точка

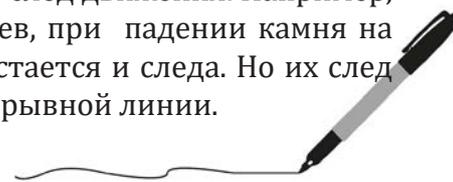
Все тела имеют определённую форму и размер. В большинстве случаев при рассмотрении движения размерами тела пренебрегают. Например, размеры движущегося поезда Ташкент – Самарканд во много раз меньше расстояния, которое он проходит.



Траектория

Когда вы проводите ручкой по бумаге, мелом на доске, двигаетесь по заснеженной дороге, остаётся след. След, оставленный этими телами, является траекторией их движения.

Но не всегда можно увидеть след движения. Например, при падении фруктов с деревьев, при падении камня на землю, при полёте птиц не остаётся и следа. Но их след можно вообразить в виде непрерывной линии.



По форме траекторию можно разделить на два вида: прямолинейную и криволинейную.



Путь

Путь – скалярная величина. В Международной системе единиц (СИ) основной единицей длины является метр (1 m).

Расстояние принято обозначать буквой s (от английского слова «space»), а длину буквой l – (от английского слова «length»).

Перемещение

Допустим, что тело, двигаясь на координатной плоскости по кривой (рис.1.22), попадает из точки $A(x_1; y_1)$ в точку $B(x_2; y_2)$. Кривая АВ является траекторией движения материальной точки. Прямая АВ, соединяющая точки А и В, и направленная к точке В, является перемещением материальной точки. Перемещение – векторная величина, его обозначают буквой \vec{s}_n . Длина отрезка АВ на рис.1.22 равна длине вектора перемещения \vec{s}_n .

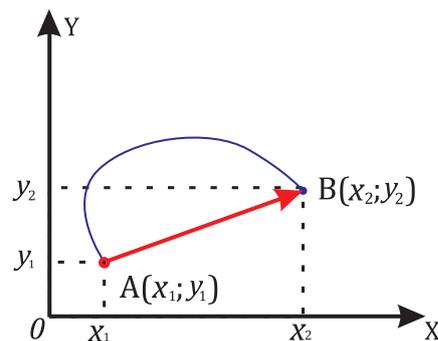


Рис.1.22

Перемещение – направленный отрезок прямой (вектор), соединяющий начальное положение материальной точки с её конечным положением.

При прямолинейном движении в одном направлении перемещение равно пройденному пути: $|\vec{s}_n| = s$. Однако, при криволинейном движении модуль перемещения, всегда меньше пути, т.е. $|\vec{s}_n| < s$. Даже при перемещении, равном нулю, длина пути может быть очень большой (рис. 1.23).



Рис.1.23

Поступательное движение

Движение, при котором все точки тела перемещаются одинаково, называется **поступательным движением**. При поступательном движении прямая, проведённая в теле, остаётся параллельной самой себе (рис. 1.24).

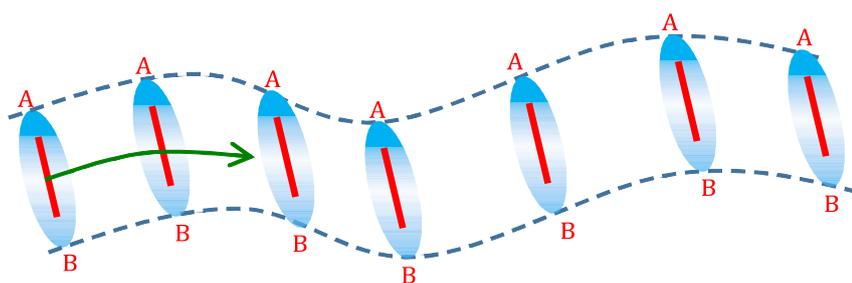


Рисунок 1.24



1. Траектория – след, оставленный движущимся телом.
2. Если траектория движения – прямая линия, то движение прямолинейное; если же траектория движения – кривая линия, то движение криволинейное.
3. Путь – это расстояние, пройденное телом вдоль траектории за данный промежуток времени.
4. Перемещение – вектор, соединяющий начальное и конечное положение материальной точки.
5. Поступательное движение – это движение, при котором все точки тела перемещаются одинаково.



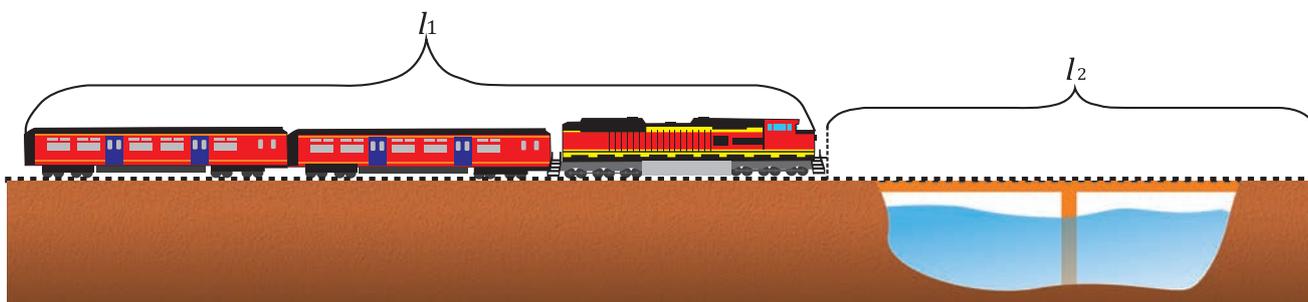
1. Можно ли заранее знать траекторию движения тела?
2. Зависит ли перемещение от вида траектории?
3. Дежурный автопредприятия, принимая машину у отработавшего водителя, зафиксировал увеличение показаний счётчика автомобиля на 150 км. Что это значит?

Пример решения задачи

Пассажирский поезд длиной 100 м проезжает мост длиной 80 м. Какое расстояние проехал поезд?

Дано:	Формула:	Решение:
$l_1 = 100 \text{ m}$ $l_2 = 80 \text{ m}$	$s = l_1 + l_2$	$s = 100 \text{ m} + 80 \text{ m} = 180 \text{ m}$
Найти: $s = ?$		Ответ: $s = 180 \text{ m}$.

Значит, при полном прохождении моста пройденный путь поезда равен 180 м.



Упражнение 3

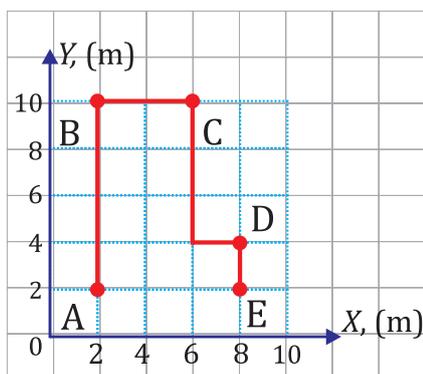


Рис.1.25

- 1 Пловец дважды проплыл вдоль бассейна длиной 25 м (туда – обратно). Чему равен путь и модуль перемещения пловца?
- 2 На рис. 1.25 показана траектория движения материальной точки ABCDE из точки A в точку E. Чему равны путь и перемещение материальной точки?
- 3 Теннисный мяч, упав с высоты 2,5 м, отскочил от поверхности земли на 65 см вверх. Определите путь и перемещение мяча.
- 4 Спортсмен сначала пробежал на восток 40 м, а затем на запад 30 м. В какой из строчек таблицы правильно указаны значения пути и перемещения?

Пройденный путь	Перемещение
10 м	на восток 10 м
10 м	на запад 10 м
10 м	на восток 90 м
70 м	на восток 10 м
90 м	на восток 10 м

СКОРОСТЬ И ПУТЬ ПРЯМОЛИНЕЙНОГО РАВНОМЕРНОГО ДВИЖЕНИЯ

9 Тема



Прямолинейное равномерное движение, скорость, путь, графики скорости и пути

Спортсмен пробежал из точки А в точку В. Какой будет траектория движения спортсмена?

Движение, траектория которого представляет собой прямую линию, называется прямолинейным движением. При прямолинейном движении, указанном выше, перемещение равно пройденному пути, т.е. $AB = |\vec{s}_{\text{п}}| = s$.

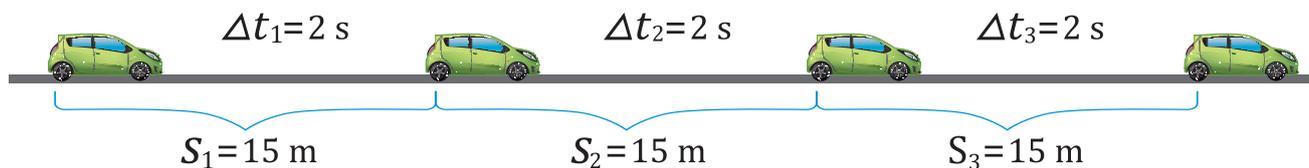
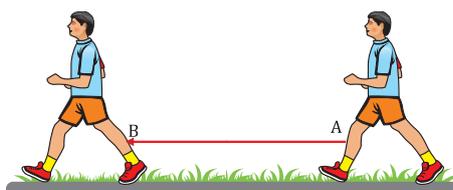


Рис.1.26

На рис.1.26 показано равномерное движение автомобиля. Здесь автомобиль за каждые две секунды перемещается на одинаковые расстояния.

При прямолинейном равномерном движении пройденный путь прямо пропорционален времени.

Если тело проходит путь s за время t , то его скорость определяется по следующей формуле:

$$\text{скорость} = \frac{\text{путь}}{\text{время}} \quad v = \frac{s}{t} \quad (1)$$

или можно записать в виде векторного выражения: $\vec{v} = \frac{\vec{s}}{t}$

Скорость обозначают буквой v от англ. слова «*velocity*».

Скорость – векторная величина. При прямолинейном движении со временем может измениться модуль скорости движущегося тела, но направление её не меняется.

Если тело, двигаясь по прямой, за равные промежутки времени проходит одинаковые расстояния, то такое движение называется прямолинейным равномерным.

Скорость движения – это величина, равная пути, пройденному в единицу времени.



Рис. 1.27

В Международной системе единиц (СИ) за единицу скорости принят $1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. $1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ – это скорость, при которой движущееся тело за время 1 с перемещается на 1 м.

На практике очень часто единицу скорости выражают в $\frac{\text{km}}{\text{h}}$. Например, скорость скоростного поезда Ташкент–Самарканд равна $180 \frac{\text{km}}{\text{h}}$. Это значит, что поезд за 1 час проходит примерно путь, равный 180 км.

Между этими единицами скорости существует следующее соотношение:

$$1 \frac{\text{km}}{\text{h}} = \frac{1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = \frac{10 \text{ m}}{36 \text{ s}}$$

Если скорость тела задана в $\frac{\text{km}}{\text{h}}$, то чтобы её выразить в $\frac{\text{m}}{\text{s}}$, необходимо значение скорости выраженное в $\frac{\text{km}}{\text{h}}$, разделить на 3,6. Выразим скорость поезда в $\frac{\text{m}}{\text{s}}$:

$$180 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 180 \cdot \frac{1}{3,6} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}} = 50 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Значит, поезд, движущийся со скоростью $180 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ за 1 с, перемещается на 50 м.

Водитель следит за скоростью машины, глядя на показания спидометра (рис. 1.27).

На сегодняшний день существуют шкаловые и стрелочные виды спидометров.

Линия, представляющая зависимость скорости от времени, называется графиком скорости.

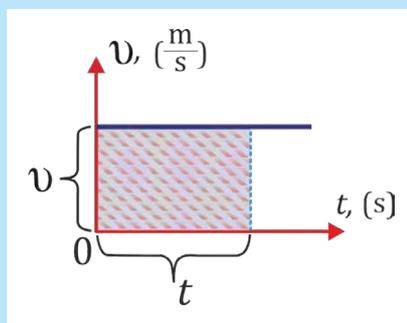


Рис. 1.28

Для построения графика скорости на оси абсцисс (OX) откладываем значение времени в выбранном масштабе, а на оси ординат (OY) – значения скорости, соответствующие каждому значению времени и, соединяя полученные точки, получаем график скорости. На рис. 1.28 приведён график скорости равномерного движения. Графиком скорости равномерного движения является прямая линия, параллельная оси времени t.

По графику скорости прямолинейного равномерного движения можно определить пройденный путь, который представляет собой прямоугольник, ограниченный осью времени и скорости (рис.1.28). Из курса математики известно, что площадь прямоугольника равна произведению длины на ширину, т.е.

$$S_{\text{площадь}} = v \cdot t \quad (2)$$

Если известна скорость тела, то путь, пройденный за время t , выражают формулой (1):

$$s_{\text{путь}} = v \cdot t \quad (3)$$

Из формулы (2) и (3) получаем следующее:

$$S_{\text{площадь}} = s_{\text{путь}} \quad (4)$$

Графиком зависимости пути от времени при прямолинейном равномерном движении является прямая линия, изображённая на рис. 1.29.

Пусть тело равномерно движется со скоростью v вдоль оси X из точки, расположенной на расстоянии x_0 от начала координат (рис. 1.30). В таком случае координата тела через время t определяется по формуле:

$$x = x_0 + s = x_0 + vt \quad (5)$$

Выражение (5) называют уравнением прямолинейного равномерного движения тела, выражающим зависимость координаты тела от времени движения.

Графиком зависимости координаты от времени при прямолинейном равномерном движении является прямая линия, изображённая на рис. 1.31. Согласно формуле (5), путь, пройденный телом за время t , равен:

$$s = x - x_0 \quad (6)$$

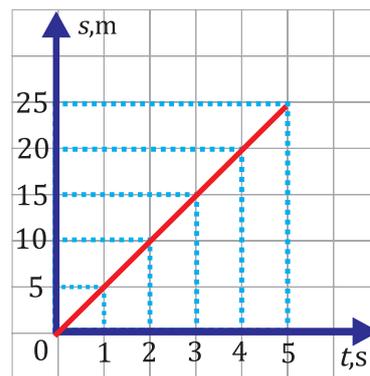


Рис. 1.29

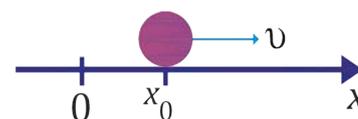


Рис. 1.30

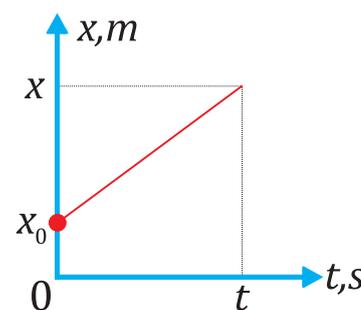


Рис. 1.31



1. Скорость движения – это величина, равная пути, пройденному за единицу времени.
2. При равномерном движении скорость тела остаётся постоянной.
3. За единицу скорости принят 1 м/с.
4. График скорости – зависимость скорости от времени движения.

Пример решения задач

1 Мальчик, перемещаясь равномерно, прошёл 480 м за 4 минуты. Определите скорость мальчика.

Дано:	Формула:	Решение:
$s = 480 \text{ m}$ $t = 4 \text{ min} = 240 \text{ s}$	$v = \frac{s}{t}$	$v = \frac{s}{t} = \frac{480 \text{ m}}{240 \text{ s}} = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
Найти: $v = ?$	$[v] = \frac{\text{m}}{\text{s}}$	Ответ: $v = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

2 На рис. 1.29 приведён график зависимости пути от времени. Определите по этому графику скорость движения тела.

Решение: По графику движения тела видим, что тело за равные промежутки времени проходит равные расстояния: за 1 s – 5 м, за 2 s – 10 м, за 3 s – 15 м, за 4 s – 20 м, за 5 s – 25 м. Рассчитаем скорость тела в любой точке, допустим, при $t = 4 \text{ s}$.

$$v = \frac{s}{t} = \frac{20 \text{ m}}{4 \text{ s}} = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Ответ: $v = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

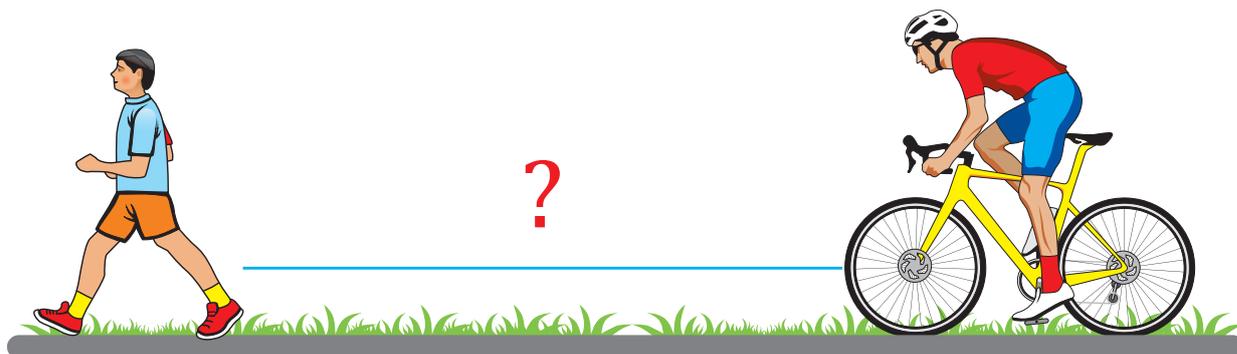


1. В чём отличие пути от перемещения?
2. Что оплачивает пассажир такси – путь или перемещение?
3. Что можно понять о движении, глядя на график скорости тела?
4. Какую скорость измеряют фоторадары, установленные на дорогах?
5. Каковы последствия превышения скорости?

Упражнение 4

1 Спортсмен, перемещаясь равномерно, пробежал 2,7 км за 15 минут. Определите его скорость.

2 Скорость пешехода 1 м/с. Скорость велосипедиста 5 м/с. Велосипедист обогнал пешехода за 20 секунд. Определите начальное расстояние между ними.



3 Самолёт пролетел над городом за 1 минуту. Определите протяжённость города, если скорость самолёта 900 km/h.



4 Рустам едет на велосипеде с постоянной скоростью 15 km/h. Постройте график зависимости пути от времени. Составьте таблицу значений моментов времени и соответствующих им значений пути.

Время (h)	1/5	1/4	1/3	1/2
Расстояние (km)	3	...	...	...

5 В таблице приведены значения времени с интервалом 4 с и пройденного пути прямолинейного равномерного движения велосипедиста.

t, s	0	4	8	12	16	20
s, m	0	20	40	60	80	100

a) по этим данным определите скорость велосипедиста;
b) постройте график зависимости пути от времени движения велосипедиста.



6 Определите расстояния, преодолеваемые животными за 2 минуты. Заполните таблицу.

№	Название животного	Скорость, $\frac{km}{h}$	Скорость, $\frac{m}{s}$	Расстояние, km	Расстояние, m
1	Гепард	108	30	3,6	3600
2	Тигр	...	18	...	...
3	Лев	...	22	...	...





10 Тема

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

1 Поезд длиной 120 м входит в туннель длиной 90 м со скоростью 54 км/ч. Через сколько времени поезд выйдет из туннеля?

Дано:	Формула:	Решение:
$l_1 = 120 \text{ m}$ $l_2 = 90 \text{ m}$ $v = 54 \text{ km/h} = 15 \text{ m/s}$	$l = l_1 + l_2$ $t = \frac{l}{v}$ $[t] = \frac{\text{m}}{\frac{\text{m}}{\text{s}}} = \text{s}$	$l = 120 \text{ m} + 90 \text{ m} = 210 \text{ m}$ $t = \frac{210}{15} \text{ s} = 14 \text{ s}$ Ответ: $t = 14 \text{ s}$.
Найти: $t = ?$		

2 В начальный момент наблюдения движения тело находилось в точке с координатой (-6 м). Определите координату этого тела через 4 с, если оно движется равномерно со скоростью 4 м/с.

Дано:	Формула:	Решение:
$x_0 = -6 \text{ m}$ $t = 4 \text{ s}$ $v = 4 \text{ m/s}$	$x = x_0 + v \cdot t$ $[x] = \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \text{s} = \text{m}$	$x = -6 \text{ m} + 4 \cdot 4 \text{ m} = 10 \text{ m}$ Ответ: $x = 10 \text{ m}$, т.е. на расстоянии 10 м от начала координат.
Найти: $x = ?$		

3 На рис. 1.32 показан график скорости движения автомобиля. Пользуясь графиком, ответьте на следующие вопросы:

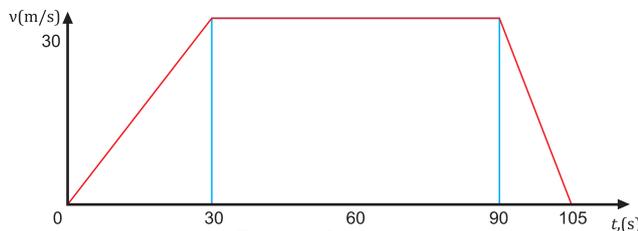


Рис. 1.32

- какой промежуток времени автомобиль двигался с постоянной скоростью?
- чему равен тормозной путь автомобиля?
- какое расстояние (общий путь) проехал автомобиль?

Дано:	Формула:	Решение:
$v = 30 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ $v_0 = 0$ $t_1 = 30 \text{ s}$ $t_2 = 60 \text{ s}$ $t_3 = 15 \text{ s}$	$s_1 = \frac{v t_1}{2}$ Путь равномерного движения: $s_2 = v t_2$ Тормозной путь: $s_3 = \frac{v t_3}{2}$ Общий путь: $s_{\text{общ}} = s_1 + s_2 + s_3$ $[s] = \frac{\text{m}}{\text{s}} \text{ s} = \text{m}$	$s_1 = \frac{30 \cdot 30}{2} = 450 \text{ m}$ $s_2 = 30 \cdot 60 = 1800 \text{ m}$ $s_3 = \frac{30 \cdot 15}{2} = 225 \text{ m}$ $s_{\text{общ}} = 450 \text{ m} + 1800 \text{ m} + 225 \text{ m} = 2475 \text{ m}$ Ответ: а) автомобиль двигался с постоянной скоростью в промежутке времени от 30 s до 90 s; б) тормозной путь автомобиля равен 225 m; в) общий путь автомобиля 2475 m.
Найти: $s_1 = ? s_2 = ?$ $s_3 = ? s_{\text{общ}} = ?$		

4 Определите время и место встречи двух автомобилей (рис. 1.33), если уравнения их движения имеют вид $x_1 = 30 + 20 t$ (m) и $x_2 = 90 - 10 t$ (m).

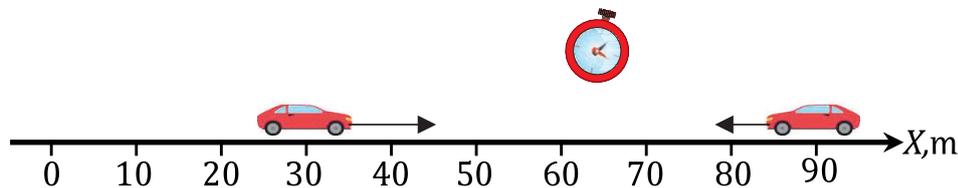


Рис. 1.33

Дано: $x_1 = 30 + 20t$, $x_2 = 90 - 10t$. **Найти:** $x = ?$, $t = ?$

Решение: согласно уравнению движения первого автомобиля, он удаляется от выбранного им тела отсчёта, а второй автомобиль приближается к нему. Чтобы эти автомобили встретились, их координаты должны совпадать, т. е.

$$x_1 = x_2 \Rightarrow 30 + 20t = 90 - 10t \Rightarrow 30t = 60 \Rightarrow t = 2 \text{ s.}$$

Значит, автомобили встретятся через $t = 2$ s.

Для определения места встречи автомобилей достаточно подставить в одно из уравнений значение времени $x_1 = 30 + 20t = 30 \text{ m} + 40 \text{ m} = 70 \text{ m}$.

Ответ: автомобили встретятся через 2 s на расстоянии 70 m от начала координат.



Упражнение 5



- 1 Какое расстояние преодолит спортсмен за 20 минут при скорости движения $3 \frac{m}{s}$?
- 2 Чему равен путь автобуса, движущегося со средней скоростью 15 m/s, за 60 секунд?
- 3 Ученик за 10 минут прошёл 600 метров. Найдите скорость ученика на этом участке.
- 4 Поезд длиной 800 m проходит мост длиной 160 m за 1 минуту. Определите скорость поезда.
- 5 При достижении пункта назначения автомобиля, перемещающегося со скоростью 85 km/h в течение 2 часов, его счётчик показал 16420 km. Какими были первоначальные показания счётчика?
- 6 Поезд длиной 300 m входит в туннель длиной 250 m со скоростью 10 m/s . За какое время поезд полностью выйдет из туннеля?
- 7 Товарный поезд длиной 400 m и скоростью 54 km/h и пассажирский поезд длиной 140 m и скоростью 90 km/h движутся по двум параллельным железным дорогам в одном направлении. За какое время первый поезд обгонит второй?
- 8 Скорость тела 60 km/h. Заполните таблицу, применяя формулу скорости.

Время, h	2/3	1,4		3,5		7,2
Путь, km	40		180		372	

- 9 Зная формулу скорости, заполните таблицу.

Скорость, km/h	5	8	10		12	15
Путь, km	15		20	50		75
Время, h	3	4		2,5	1,5	



НЕРАВНОМЕРНОЕ ДВИЖЕНИЕ

Что вы понимаете под неравномерным движением?

11

Тема



Неравномерное движение, средняя скорость неравномерного движения, мгновенная скорость

Часто окружающие нас тела движутся неравномерно. Например, за счёт светофоров и тротуаров машины движутся с разной скоростью. Во многих случаях скорость движения тела на разных участках траектории различна. Движение в таких случаях считается неравномерным.

Если скорость тела при движении меняет своё численное значение, то это движение называется неравномерным.

При описании неравномерного движения вводится понятие средней скорости.

Величина, равная отношению всего пути, пройденного телом, к полному затраченному времени, называется средней скоростью неравномерного движения.

Средняя скорость – скалярная величина. Пусть тело за время t_1 проходит путь s_1 , за время t_2 путь s_2 , за время t_3 путь s_3 и т.д., за время t_n путь s_n . В этом случае средняя скорость неравномерного движения находится по формуле:

$$v_{\text{ср}} = \frac{s_1 + s_2 + s_3 + \dots + s_n}{t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_n} = \frac{s_{\text{общ}}}{t_{\text{общ}}} \quad (1)$$

Здесь $s_{\text{общ}}$ – это общий пройденный путь, $t_{\text{общ}}$ – полное затраченное время движения.

$$\text{Общий пройденный путь: } s_{\text{общ}} = v_{\text{ср}} \cdot t_{\text{общ}} \quad (2)$$

Средняя скорость неравномерного движения не может описать движение тела во всех точках траектории. Потому что средняя скорость тела не всегда равна скоростям на



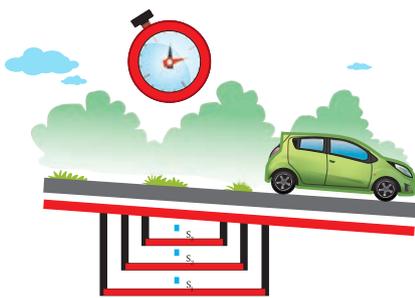


Рис. 1.34

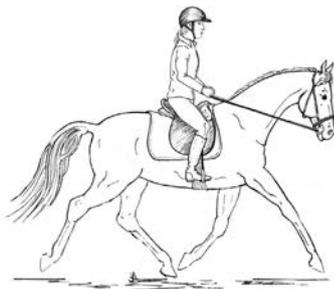
некоторых участках движения (рис. 1.34). Поэтому среднюю скорость при неравномерном движении за очень малый промежуток времени называют «мгновенной скоростью».

Скорость тела в данный промежуток времени или в данной точке траектории, называется мгновенной скоростью.

Мгновенная скорость показывает, насколько быстро движется тело в данной точке своей траектории. Например, спидометры автомобилей показывают модуль мгновенной скорости. Мгновенная скорость – это векторная величина. При прямолинейном движении направление мгновенной скорости совпадает с направлением движения тела.



1. Средняя скорость – величина, характеризующая неравномерное движение.
2. Средняя скорость – скалярная величина.
3. Мгновенная скорость – это скорость в момент наблюдения.



Пример решения задачи

Всадник проехал 5 km за 40 минут. В течение следующего часа пути он ехал со скоростью 10 km/h. Определите среднюю скорость за всё время движения.

Дано:	Формула:	Решение:
$t_1 = 40 \text{ min} = 2400 \text{ s}$ $s_1 = 5 \text{ km} = 5000 \text{ m}$ $t_2 = 1 \text{ h}$ $v_2 = 10 \frac{\text{km}}{\text{h}}$	$s_2 = v_2 \cdot t_2$ $s_{\text{общ}} = s_1 + s_2$ $t_{\text{общ}} = t_1 + t_2$ $v_{\text{cp}} = s_{\text{общ}} / t_{\text{общ}} = \frac{s_1 + s_2}{t_1 + t_2}$ $[v_{\text{cp}}] = \frac{\text{m}}{\text{s}} = \frac{\text{m}}{\text{s}}$	$s_2 = 10 \cdot 1 \text{ km} = 10000 \text{ m}$ $s_{\text{общ}} = 5000 \text{ m} + 10000 \text{ m} = 15000 \text{ m}$ $t_{\text{общ}} = 2400 \text{ s} + 3600 \text{ s} = 6000 \text{ s}$ $v_{\text{cp}} = \frac{15000 \text{ m}}{6000 \text{ s}} = 2,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ <p style="text-align: center;">Ответ: $v_{\text{cp}} = 2,5 \text{ m/s}$.</p>
<p style="color: red; font-weight: bold;">Найти:</p> $v_{\text{cp}} = ?$		



1. Приведите примеры неравномерного движения.
2. В чем разница между средней и мгновенной скоростями?
3. Что означают дорожные знаки, установленные на обочине **50**, **60**?
4. Какая именно скорость подразумевается под скоростью автомобиля или скоростью поезда?



Практическое задание

Сотрудник ГАИ остановил машину, мчащуюся с высокой скоростью, несмотря на предупреждающий знак, и потребовал документы водителя. В этом населённом пункте установлен предупреждающий знак об ограничении максимальной скорости до 50 km/h (рис. 1.35).

Опираясь на рис. 1.35, ответьте на следующие вопросы.

1. Почему сотрудник ГАИ остановил машину? С какой скоростью двигалась машина?
2. С помощью какого прибора сотрудник ГАИ зафиксировал скорость?
3. К чему может привести превышение скорости водителем?
4. Правомерны ли действия сотрудника ГАИ?



Рис. 1.35



Упражнение 6

1 Мальчик 5 раз объехал игровую горку длиной 30 м на маленьком скоростном поезде, одновременно фиксируя время прохождения каждого круга: 2,64 с; 2,86 с; 3,02 с; 2,98 с и 2,5 с. Рассчитайте:

- a) общий путь поезда;
- b) общее время движения поезда;
- c) среднюю скорость поезда.

2 Вали пробежал на стадионе 2 круга и принял исходную позицию. Найдите путь и перемещение Вали, если длина беговой дорожки стадиона равна 300 м.

3 Машина проехала 5 h со скоростью 90 km/h. Сколько времени понадобится ей на преодоление этого же пути со скоростью 100 km/h?

4 Автомобиль за первые 10 с проехал 200 м, за следующие 20 с – 550 м и за последние 15 с – 150 м. Определите среднюю скорость автомобиля.

5 Турист прошёл 150 km на восток, затем 115 km на запад. Определите пройденный путь и перемещение туриста.

6 Какое расстояние пролетит самолёт, летящий со скоростью 900 km/h, за 40 минут?



12

Тема

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

Определение средней скорости при неравномерном движении

Цель работы: определение средней скорости неравномерно движущегося тела.

Необходимое оборудование: стол, неподвижный блок, деревянный брусок, набор грузов, измерительная лента (рулетка), секундомер (рис. 1.36).

Ход работы:

1. Установите горизонтально на край стола неподвижный блок.
2. К одному концу верёвки, перекинутой через блок, привяжите деревянный брусок.
3. Расположите брусок на некотором расстоянии от края стола.
4. Измерьте расстояние между бруском и краем стола.
5. К другому концу верёвки подвесьте груз массой m . Выберите такой груз, который приведёт брусок в движение.
6. Приведите брусок в исходное положение и придержите его.
7. Включите секундомер и отпустите брусок.
8. В момент достижения бруском края стола отключите секундомер. Запишите показания секундомера.
9. По формуле $v_{cp} = s/t$ определите среднюю скорость деревянного бруска и запишите в таблицу.
10. Повторите опыт, меняя положение бруска на столе. Запишите выводы в тетрадь.

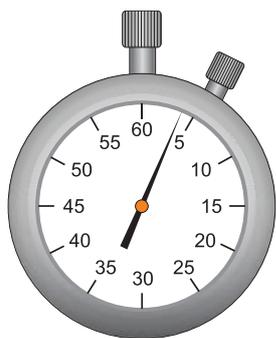
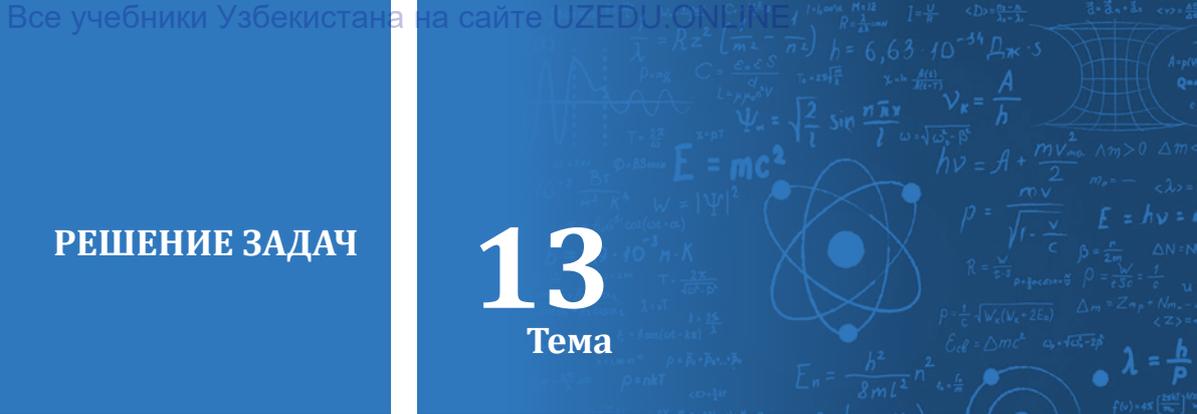


Рис. 1.36

№	расстояние s , m	время t , s	скорость v_{cp} , m/s
1			
2			
3			
4			



1. В какой момент движения мгновенная скорость бруска наибольшая?
2. Почему при перемещении бруска на одинаковые расстояния время движения различно?



РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

13

Тема

1 Автомобиль за первые 4 с проехал 40 м, за следующие 8 с – 110 м и за последние 6 с – 30 м. Определите среднюю скорость автомобиля?

Дано:	Формула:	Решение:
$t_1 = 4 \text{ s}$ $s_1 = 40 \text{ m}$ $t_2 = 8 \text{ s}$ $s_2 = 110 \text{ m}$ $t_3 = 6 \text{ s}$ $s_3 = 30 \text{ m}$	$s = s_1 + s_2 + s_3$ $t = t_1 + t_2 + t_3$ $v_{cp} = \frac{s}{t}$	$s = 40 \text{ m} + 110 \text{ m} + 30 \text{ m} = 180 \text{ m}$ $t = 4 \text{ s} + 8 \text{ s} + 6 \text{ s} = 18 \text{ s}$ $v_{cp} = \frac{180 \text{ m}}{18 \text{ s}} = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
Найти: $v_{cp} = ?$	$[v_{cp}] = \frac{\text{m}}{\text{s}}$	Ответ: $v_{cp} = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

2 Первую половину пути тело перемещалось со скоростью 6 м/с, а вторую половину пути со скоростью, в 2 раза большей. Определите среднюю скорость тела на всём пути.

Дано:	Формула:	Решение:
$v_1 = 6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ $v_2 = 2v_1 = 12 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ $s_1 = s_2 = \frac{s}{2}$	$v_1 = \frac{s_1}{t_1}$ $v_2 = \frac{s_2}{t_2} \quad t_1 = \frac{s_1}{v_1} = \frac{s}{2v_1}$ $t_2 = \frac{s_2}{v_2} = \frac{s}{2v_2}$	$v_{cp} = \frac{2 \cdot 6 \cdot 12}{6 + 12} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}} = 8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
Найти: $v_{cp} = ?$	$v_{cp} = \frac{s_1 + s_2}{t_1 + t_2} = \frac{s}{\frac{s}{2v_1} + \frac{s}{2v_2}} = \frac{2v_1 \cdot v_2}{v_1 + v_2}$ $[v_{cp}] = \frac{\text{m}}{\text{s}}$	Ответ: $v_{cp} = 8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

3 Первую половину времени тело перемещалось со скоростью 15 м/с, а вторую половину времени со скоростью 10 м/с. Определите среднюю скорость тела на всём пути.

Дано:	Формула:	Решение:
$v_1 = 15 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ $v_2 = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ $t_1 = t_2 = \frac{t}{2}$	$s_1 = v_1 \cdot t_1 \quad s_2 = v_2 \cdot t_2$ $v_{cp} = \frac{s_{общ}}{t_{общ}} = \frac{s_1 + s_2}{t_1 + t_2}$ $v_{cp} = \frac{v_1 \cdot t_1 + v_2 \cdot t_2}{t_1 + t_2} = \frac{v_1 \cdot t_1 + v_2 \cdot t_1}{t_1 + t_1} = \frac{v_1 + v_2}{2}$ $[v_{cp}] = \frac{\text{m}}{\text{s}}$	$v_{cp} = \frac{15 + 10}{2} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}} = 12,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ <p>Ответ: $v_{cp} = 12,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.</p>
Найти: $v_{cp} = ?$		



Упражнение 7



1 Автомобиль проехал 4 часа со средней скоростью 50 км/ч. Определите пройденный им путь.

2 Автомобиль первые 15 с ехал со скоростью 5 м/с, следующие 10 с – со скоростью 8 м/с и последние 5 с – со скоростью 20 м/с. Определите среднюю скорость автомобиля.

3 Машина привезла груз со склада. Какой была средняя скорость автомобиля, если туда он ехал со скоростью 90 км/ч, а обратно 60 км/ч?

4 Первую половину пути поезд проехал со скоростью в 8 раз большей, чем вторую половину. Определите скорость на второй половине пути, если средняя скорость на всём участке пути равна 32 км/ч.

5 При подъёме в гору автомобиль движется со скоростью 10 м/с, а спускается со скоростью 20 м/с. Определите среднюю скорость автомобиля на всём участке пути, если спуск в 2 раза длиннее подъёма.



Движение по окружности, период вращения тела при движении по окружности, частота вращения

В природе по сравнению с прямолинейными движениями чаще встречаются вращательные движения. Например, движение Луны вокруг Земли, движение Земли вокруг Солнца, вращение мельницы, вращение колеса автомобиля, вентилятора, движение стрелок часов также являются примерами вращательного движения.

Вращательное движение – это частный случай неравномерного движения.

Движение, траекторией которого является кривая линия, называется криволинейным движением.

При описании движения тела по окружности применяются такие термины, как период и частота вращения.

Время, в течение которого тело совершает один полный оборот, называют периодом вращения.

Период вращения обозначают T . Если тело при движении по окружности за время t совершает N число оборотов, то период вращения равен:

$$T = \frac{t}{N} \quad (1)$$

Число оборотов в единицу времени называют частотой вращения.

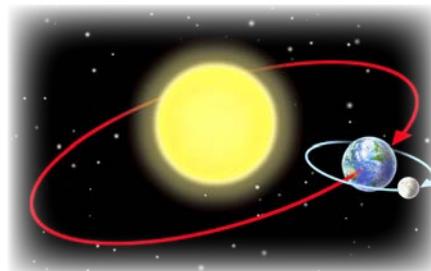
Частота вращения обозначается буквой ν (ню). Если тело за время t совершает N число оборотов, то частота вращения равна:

$$\nu = \frac{N}{t} \quad (2)$$

За единицу измерения частоты в Международной системе единиц (СИ) принят: об/с = 1/с.

$$T = \frac{1}{\nu} \quad (3)$$

Период вращения – величина, обратная частоте вращения.



Примеры решения задач



1 Лопасты вентилятора совершают 120 оборотов в минуту. Определите период вращения.

Дано:	Формула:	Решение:
$t = 1 \text{ мин} = 60 \text{ s}$ $N = 120$	$T = \frac{t}{N}$	$T = \frac{t}{N} = \frac{60 \text{ s}}{120} = 0,5 \text{ s}$
Найти: $T = ?$	$[T] = \frac{\text{с}}{1} = \text{с}$	Ответ: $T = 0,5 \text{ s}$.



2 Колесо за 0,5 минуты совершает 120 вращений. Найдите частоту вращения

Дано:	Формула:	Решение:
$t = 0,5 \text{ мин} = 30 \text{ s}$ $N = 120$	$\nu = \frac{N}{t}$	$\nu = \frac{N}{t} = \frac{120}{30 \text{ s}} = 4 \text{ s}^{-1}$
Найти: $\nu = ?$	$[\nu] = \frac{1}{\text{с}}$	Ответ: $\nu = 4 \text{ s}^{-1}$.



1. Криволинейное движение – это движение, траекторией которого является кривая линия.
2. Период вращения – это время, в течение которого тело совершает один полный оборот.
3. Частота вращения – это число оборотов в единицу времени.



1. Приведите примеры криволинейного движения.
2. Приведите примеры вращательного движения из нашей повседневной жизни.
3. Какая связь между периодом и частотой вращения?
4. За какое время Земля совершает один полный оборот вокруг Солнца?



Упражнение 8

- 1 Колесо велосипеда совершает 120 оборотов в минуту. Определите период и частоту вращения.
- 2 Во сколько раз отличается период вращения минутной стрелки часов от периода вращения секундной стрелки?
- 3 Определите период вращения мельницы, совершающей 20 оборотов за 10 минут.
- 4 Определите частоту вращения вала двигателя, совершающего 1200 оборотов в минуту.
- 5 Период вращения Земли вокруг своей оси равен 24 h. Сколько оборотов она совершит за 144 часа?
- 6 За одно вращение колеса автомобиль проезжает 2 м. Какой путь проедет автомобиль, если за 3 секунды колесо совершает 24 оборота? С какой скоростью движется автомобиль?



ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

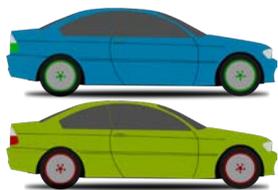
Дорожный знак «Круговое движение» обозначен стрелками, определяющими направление движения по кругу. Движение может осуществляться только против часовой стрелки.





15

Тема



START

За какое время две машины объедут кольцевую дорогу протяжённостью 18 km, если они выезжают одновременно и в одном направлении со скоростями 54 km/h и 90 km/h соответственно?

Дано:

$s = 18 \text{ km} = 18000 \text{ m}$

$v_1 = 54 \text{ km/h} = 15 \text{ m/s}$

$v_2 = 90 \text{ km/h} = 25 \text{ m/s}$

Найти:

$t_1 = ?$

$t_2 = ?$

Формула:

$$v = \frac{s}{t}$$

$$t = \frac{s}{v}$$

$$[t] = \frac{\text{m}}{\frac{\text{m}}{\text{s}}} = \text{s}$$

Решение:

$$t_1 = \frac{18000}{15} \text{ s} = 1200 \text{ s} = 20 \text{ мин}$$

$$t_2 = \frac{18000}{25} \text{ s} = 720 \text{ s} = 12 \text{ мин}$$

Ответ: $t_1 = 20 \text{ мин. } t_2 = 12 \text{ мин.}$

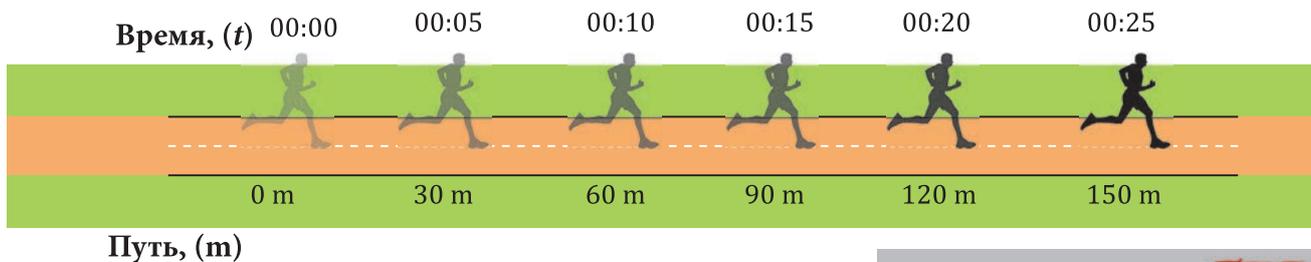


Упражнение 9

- 1 Колесо автомобиля за 2 минуты совершает 2400 оборотов. Определите частоту и период его вращения.
- 2 Период вращения лопасти вертолётa равен 0,2 s. Сколько оборотов совершит лопасть вертолётa за 10 s?
- 3 Каков период вращения винта вертолётa, если за 0,5 минуты он совершает 600 оборотов?
- 4 Два велосипедиста выехали одновременно со скоростями 5 m/s и 3 m/s соответственно. За какое время они объедут кольцевую дорогу протяжённостью 75 m?
- 5 Двум машинам был дан одновременный старт на кольцевой дороге длиной 30 km. Первая машина, двигаясь со скоростью 90 km/h, объехала кольцевую на 10 минут позже, чем вторая. Найдите скорость второго автомобиля.

ЗАДАНИЯ ПО ГЛАВЕ НА ЛОГИЧЕСКОЕ МЫШЛЕНИЕ

1 Охарактеризуйте движение спортсмена



2 За какое время разъедутся два автомобиля (рис. 1.37), движущиеся навстречу друг другу?

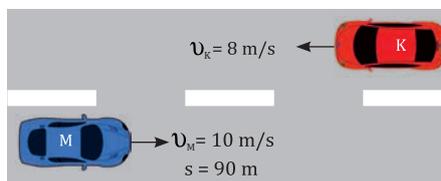


Рис. 1.37

3 За какое время первая машина объедет вторую? (рис. 1.38)

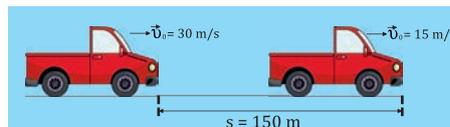


Рис. 1.38

4 Инженеры испытывают плазменную ракету, которая должна добраться до Марса за месяц. Представители компании «Ad Astra Rocket» объявили о завершении первого этапа лабораторных испытаний плазменного ракетного двигателя. Ракета названа «Vasimr VX-200SS».

По словам разработчиков, плазменный ракетный двигатель сможет разогнать космический корабль до скорости 198000 km/h. Это даст возможность оказаться на Марсе в течение 30 дней. Самая быстрая на сегодняшний день ракета преодолела бы это расстояние за 210 дней.

1 вопрос:

Исходя из данных в тексте, определите расстояние между Землёй и Марсом.

Ответ: _____.

2 вопрос:

Чему равна скорость самой быстрой на сегодняшний день ракеты?

Ответ: _____.



ВЕЛОСИПЕДИСТКА ЛОБАР

Недавно Лобар купила себе велосипед. На руль велосипеда установлен спидометр. Спидометр определяет среднюю скорость и пройденный путь Лобар.



1 вопрос:

За первые 10 минут Лобар проехала 4 km, следующие 2 km за 5 минут.

Какие из нижеуказанных утверждений верны?

a) Средняя скорость Лобар за первые 10 минут больше средней скорости за следующие 5 минут.

b) Средняя скорость Лобар за первые 10 минут равна средней скорости за следующие 5 минут.

c) Средняя скорость Лобар за первые 10 минут меньше средней скорости за следующие 5 минут.

d) По приведённым данным невозможно определить среднюю скорость Лобар.

2 вопрос:

Лобар проехала до дома своей тёти 3 км. Спидометр велосипеда показал среднюю скорость всего пути, равную 9 km/h.

Какие из нижеуказанных утверждений верны?

a) Лобар доехала до дома тёти за 20 минут.

b) Лобар доехала до дома тёти за 30 минут.

c) Лобар доехала до дома тёти за 25 минут.

d) Невозможно узнать, за какое время она доехала до тёти.



3 вопрос:

До речки, находящейся от дома на расстоянии 3 km, Лобар поехала на велосипеде. Время движения оказалось равным 9 минут. Возвращаясь, она решила срезать путь и поехала по дороге длиной 2 km. Время преодоления этого пути оказалось равным 6 минут.

Средняя скорость Лобар на пути к речке и обратно

составляет: _____ km/h

Средняя скорость Лобар на обратном пути

составляет: _____ km/h



ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ ПО ГЛАВЕ I

- 1** Поезд, двигаясь со скоростью 72 km/h , проехал прямой участок пути за 30 s . Какова длина этого участка?
 А) 6 km В) 60 m С) 600 m
- 2** Как называется изучение природных явлений и процессов без всякого воздействия на них?
 А) предположением В) опытом
 С) наблюдением
- 3** Что принято в Международной системе единиц (СИ) за единицу длины?
 А) метр В) сантиметр С) километр
- 4** Ученик идёт из дома в школу. В каком из ответов верно указано его движение?
 А) вращательное В) поступательное
 С) колебательное
- 5** Ребёнок доезжает за 4 минуты до спортивного клуба на велосипеде со скоростью 5 m/s . За сколько минут он дойдёт до этого клуба, если будет идти со скоростью 2 m/s ?
 А) 9 В) 8 С) 10
- 6** Уравнение движения материальной точки имеет вид $x(t) = v \cdot t + 4 \text{ (m)}$. Через 4 s движения тело оказалось в точке с координатой $x = 24 \text{ m}$. Определите скорость движения.
 А) 2 m/s В) 5 m/s С) 4 m/s
- 7** На карте указан масштаб $1:2000000$. Определите расстояние между двумя городами, если на карте оно составляет $4,5 \text{ cm}$.
 А) 85 km В) 90 km С) 80 km
- 8** Чему равен период вращения Земли вокруг своей оси?
 А) 30 суток В) 365 суток С) 1 сутки
- 9** Колесо велосипеда за 1 минуту совершает 120 оборотов. Чему равна частота вращения колеса? (s^{-1}).
 А) 2 В) $0,5$ С) 4
- 10** В каком случае тело можно принять за материальную точку?
 А) Шкаф относительно комнаты.
 В) Поезд длиной 100 m , находящийся в туннеле протяжённостью 300 m .
 С) Ученик по дороге в школу, расстояние до которой 700 m .
- 11** Какова глубина моря, если посланный гидролокатором импульс ультразвука вернулся через $0,2 \text{ s}$?
 (скорость ультразвука в морской воде равна 1500 m/s)
 А) 300 m В) 75 m С) 150 m
- 12** Один велосипедист, двигаясь равномерно со скоростью 6 m/s , в течение 3 s проехал такой же путь, который другой велосипедист проезжает за 9 s . Определите скорость второго велосипедиста.
 А) 3 m/s В) 4 m/s С) 2 m/s
- 13** Первую половину пути автомобиль проехал со скоростью 20 m/s , а вторую половину пути со скоростью 30 m/s . Определите среднюю скорость автомобиля на всём пути (m/s).
 А) 25 В) 24 С) 26

Глава II

СИЛЫ В ПРИРОДЕ ЭНЕРГИЯ

В этой главе вы ознакомитесь с такими понятиями как масса тела, плотность вещества, взаимодействие тел, силы в природе (сила тяжести, сила упругости, сила трения), давление, Закон Паскаля, гидравлический пресс, атмосфера и измерение её давления (опыт Торричелли), механическая работа, энергия и виды энергии (кинетическая и потенциальная энергии), механическая мощность, коэффициент полезного действия (КПД) механизмов.



Масса тела, инертность, виды весов

Баскетбольный мяч закинуть в корзину очень легко. Железный мяч такого же размера закинуть или даже сместить с места будет очень сложно.

Чтобы сдвинуть неподвижное тело с места или остановить движущееся тело, необходимо приложить внешнее воздействие. Причина в том, что любое тело стремится сохранить своё состояние покоя или движения.

Способность тела сохранять своё состояние покоя или движения называется инертностью. Инертность для разных тел различна, поэтому для того, чтобы оценить её, вводится такое понятие как масса.

Физическая величина, характеризующая свойство инертности, называется массой тела.

Причина, по которой железный мяч сложнее сместить, чем баскетбольный такого же размера, заключается в том, что железный мяч инертнее баскетбольного.

Масса – это физическая величина. В английском контексте масса записывается как mass.

Массу принято обозначать буквой m . В Международной системе единиц (СИ) единицей массы является килограмм – 1 kg. Масса может выражаться в больших и малых единицах.

Массу тела измеряют с помощью весов. На практике применяют несколько видов весов: рычажные, пружинные, электронные и т.д.

При измерении массы тела на рычажных весах необходимо измеряемое тело положить на левую чашу весов, а гири на правую, пока не будет достигнуто равновесие. Если масса какой-либо книги равна 250 g, то её записывают как $m = 250 \text{ g}$.



1 грамм (g) = 0,001 kg
1 миллиграмм (mg) = 0,000 001 kg
1 центнер = 100 kg
1 тонна (t) = 1000 kg



Рис.2.1

Массы мельчайших частиц или, наоборот, таких огромных тел, как Земля, Солнце, Луна, нельзя измерить на весах. Их находят косвенными путями, на которых мы с вами остановимся в старших классах.

Для измерения массы созданы учебные (рис.2.1) и рычажные весы (рис.2.2) На рис. 2.3 изображены рычажные весы, используемые при измерениях.



Рис.2.2

Для взвешивания используют специальный набор гирь разной массы (рис.2.4). В нём имеется 9 гирь массами 100 г, 50 г, 20 г, 20 г, 10 г, 5 г, 2 г, 2 г и 1 г. При помощи них можно измерить любую массу от 1 г до 210 г. В том числе имеются и разновески, массы которых меньшеграмма. Их изготавливают в виде пластинок из алюминия массой 500 mg, 200 mg, 100 mg, 50 mg, 20 mg и 10 mg.

На сегодняшний день, очень широко применяются на практике электронные весы, обладающие высокой точностью (рис.2.5).



Рис.2.3

! 1. В Международной системе единиц (СИ) единицей массы является килограмм – 1 kg.
2. Массу тела измеряют с помощью весов.
3. Масса тела – физическая величина, характеризующая свойство инертности.



Рис.2.4

? 1. Какие разновидности весов вам известны?
2. Какой величиной является масса: векторной или скалярной?
3. Какая из двух одинаковых машин сдвинется с места первой: с грузом или без? Обоснуйте ответ.

Практическое занятие



Рис.2.5

Изготовьте весы своими руками, применяя такие подручные материалы, как деревянная палочка, нить, пластмассовые крышки от банки (или можно отрезать нижнюю часть от пластиковой бутылки). Для того чтобы видеть равновесие весов, из куска проволоки смастерите металлическую стрелку. В качестве гирь самодельных весов используйте монеты.

ПЛОТНОСТЬ ЕДИНИЦЫ ПЛОТНОСТИ

17

Тема



Положите несколько кубиков сахара в чашку горячего чая. До своего растворения кубики сахара приподнимают уровень жидкости в соответствии со своим объёмом. Если хорошо перемешать, то мы увидим, что объём чая в чашке практически не изменился. Куда же делся сахар?

Наблюдения показали, что частички сахара, проникая в жидкость, расположились между частицами воды. Это означает, что между частицами вещества существуют пустоты. В одних веществах эти расстояния между частицами малы, в других большие. В газах расстояние между частицами очень большое, в жидкостях меньше, а в твёрдых телах частицы расположены очень плотно друг к другу. Тела, изготовленные из разных веществ, при одинаковых объёмах имеют разные массы (рис.2.6).

Например, алюминий объёмом 1 cm^3 имеет массу $2,7 \text{ g}$, железо объёмом 1 cm^3 имеет массу $7,8 \text{ g}$, а масса 1 cm^3 меди равна $8,9 \text{ g}$. Масса меди объёмом 1 cm^3 больше массы алюминия и железа того же объёма. Следовательно, массы частиц и расстояния между частицами, составляющими вещество, разные для различных веществ. Это свойство вещества называется плотностью.

Физическая величина, численно равная массе в единице объёма, называется плотностью.

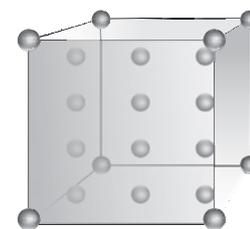
Чтобы определить плотность вещества, надо массу тела разделить на объём:

$$\text{плотность} = \frac{\text{масса}}{\text{объём}}$$

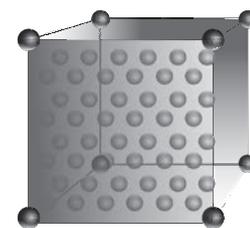
Обозначив величины, входящие в это выражение, буквами: ρ (ро) – плотность вещества, m – масса тела, V – объём тела, мы получим формулу нахождения плотности:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

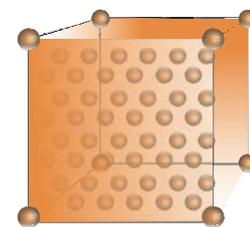
В Международной системе единиц (СИ) за единицу плотности принят $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.



Алюминий

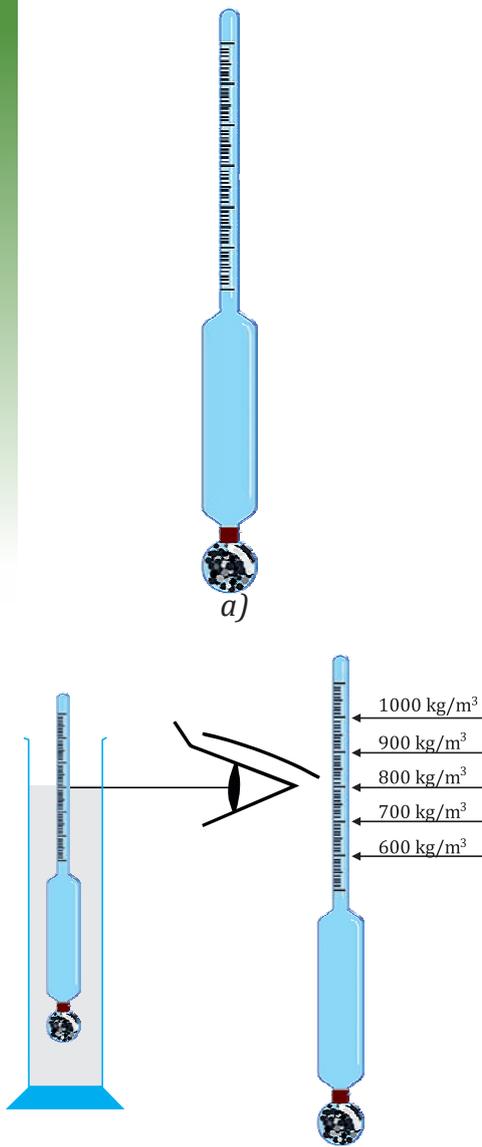


Железо



Медь

Рис. 2.6



а)

Рис. 2.7

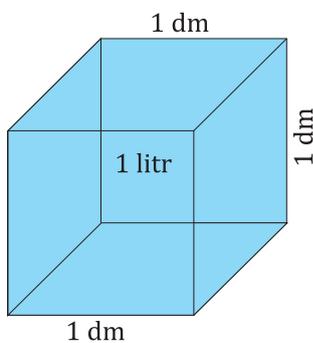


Рис. 2.8

Рассмотрим на примере нахождение плотности. Масса воды объёмом $0,5 \text{ m}^3$ равна 500 kg . На основании данных определим плотность воды:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{500 \text{ kg}}{0,5 \text{ m}^3} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Таким образом, плотность воды равна $\rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$. Физический смысл этого выражения объясняется так: масса воды объёмом 1 m^3 равна 1000 kg .

Если масса тела дана в граммах (g), а объём в кубических сантиметрах (cm^3), то плотность можно будет выразить в $\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$.

Выразим плотность воды в g/cm^3 . Вначале переведём килограммы в граммы, затем кубические метры – в кубические сантиметры:

$$\begin{aligned} 1000 \text{ kg} &= 1000\,000 \text{ g} \\ 1 \text{ m}^3 &= 1000\,000 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\rho = \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ m}^3} = \frac{1000000 \text{ g}}{1000000 \text{ cm}^3} = 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

Плотность воды, выраженная в граммах на кубический сантиметр, равна $\rho = 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$. Значит, масса воды в объёме 1 cm^3 равна 1 g .

Прибор, измеряющий плотность жидкости, называется ареометром. На рис.2.7-а показан ареометр. Значения плотности считывают по шкале ареометра, который помещают в сосуд с жидкостью так, чтобы он свободно плавал в нём (рис. 2.7-б).

В повседневной жизни широко используется единица объёма, называемая литром. Объём куба со стороной 1 dm равен 1 l (рис. 2.8).

$$1 \text{ l} = 1 \text{ dm}^3 = 1000 \text{ cm}^3 = 0,001 \text{ m}^3$$

На практике очень важно знать плотность веществ. Ниже приведены таблицы с наиболее распространёнными в повседневной жизни веществами.

№	Твёрдое тело	Плотность, g/cm ³	Плотность, kg/m ³
1.	Золото	19,3	19300
2.	Свинец	11,3	11300
3.	Серебро	10,5	10500
4.	Медь	8,9	8900
5.	Сталь, железо	7,8	7800
6.	Чугун	7,1	7100
7.	Алюминий	2,7	2700
8.	Мрамор	2,7	2700
9.	Стекло оконное	2,5	2500
10.	Кирпич	1,8	1800
11.	Лёд	0,9	900
12.	Дерево (дуб)	0,7	700
13.	Пробка	0,24	240

№	Жидкость	Плотность, g/cm ³	Плотность, kg/m ³
1.	Ртуть	13,6	13600
2.	Мёд	1,435	1435
3.	Вода	1	1000
4.	Масло подсолнечное	0,93	930
5.	Масло машинное	0,9	900
6.	Керосин	0,8	800
7.	Спирт	0,8	800
8.	Бензин	0,71	710

№	Газ	Плотность, g/cm ³	Плотность, kg/m ³
1.	Кислород	0,00143	1,43
2.	Воздух (0°C)	0,00129	1,29
3.	Азот	0,00125	1,25
4.	Природный газ	0,0008	0,8
5.	Водяной пар (100°C)	0,00059	0,59
6.	Гелий	0,00018	0,18
7.	Водород	0,00009	0,09

Интересная информация

Плотность пробкового дерева очень мала и равна она 120 kg/m³. Из него изготавливают ракетки для настольного тенниса, спасательные пояса.

Одним из деревьев с большой плотностью в мире является саксаул, растущий в Узбекистане. Его плотность составляет 1120 kg/m³.





1. Плотность – величина, численно равная массе в единице объёма.
2. За единицу плотности в Международной системе единиц (СИ) принят kg/m^3 .
3. Ареометр – прибор, измеряющий плотность жидкости.



Пример решения задачи

Масса 2-литровой ёмкости, заполненной мёдом, равна 2,8 кг. Поместится ли 1,5 кг мёда в литровую банку?

Дано:	Формула:	Решение:
$V_1 = 2 \text{ l} = 0,002 \text{ m}^3$ $m_1 = 2,8 \text{ kg}$ $V_2 = 1 \text{ l} = 0,001 \text{ m}^3$ $m_m = 1,5 \text{ kg}$	$\rho = \frac{m_1}{V_1}$ $m = \rho \cdot V$ $[\rho] = \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ $[m] = \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \text{m}^3 = \text{kg}$	$\rho = \frac{2,8 \text{ kg}}{0,002 \text{ m}^3} = 1400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ $m_2 = \rho \cdot V_2 = 1400 \cdot 0,001 \text{ kg} = 1,4 \text{ kg}$ <p>Ответ: $m_2 = 1,4 \text{ kg}$ 1,5 кг мёда не поместится в банку объёмом 1 л.</p>
Найти: $m_2 = ?$		



1. Для чего необходимо знать плотность вещества?
2. Плотность меди $8900 \text{ kg}/\text{m}^3$. Что это означает?
3. Почему в строительстве применяют цемент высокой плотности?

Плотность льда $900 \text{ kg}/\text{m}^3$, плотность воды $1000 \text{ kg}/\text{m}^3$, т.е. плотность льда меньше плотности воды. Поэтому у плавающей льдины над поверхностью воды находится только 10 % льда, остальные 90 % под водой.



Упражнение 10

1. Сколько растительного масла (кг) поместится в 1,5-литровую ёмкость?
2. Определите объём льда массой 1800 г.
3. Школьный кабинет имеет следующие размеры: ширина 8 м, длина 12 м и высота 3 м. Определите массу воздуха в кабинете, если плотность воздуха равна $1,29 \text{ kg}/\text{m}^3$.
4. Ёмкость глубиной 2 м, шириной 1,5 м и длиной 3 м заполнена цементом. Определите массу цемента в ёмкости, если плотность его равна $1,5 \text{ g}/\text{cm}^3$.
5. Объём алюминиевого параллелепипеда равен 48 cm^3 . Чему равна его масса? Плотность алюминия равна $2,7 \text{ g}/\text{cm}^3$.
6. Вычислите объём тела массой 504 г и плотностью $700 \text{ kg}/\text{m}^3$.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

Определение плотности тел различной формы

18

Тема

Цель работы:

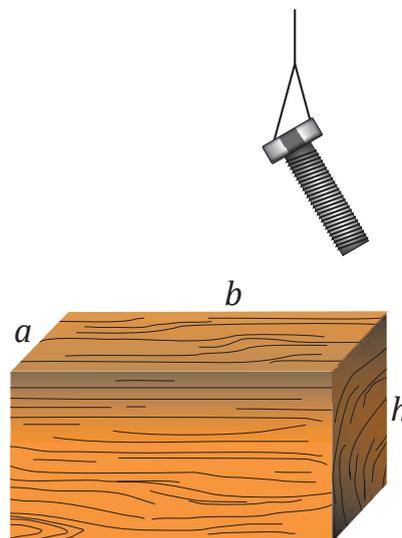
научиться определять плотность тел правильной и неправильной геометрической формы.

Необходимое оборудование:

тела в форме прямоугольного параллелепипеда, изготовленные из пластмассы, дерева и металла; электронные весы, линейка, мензурка, вода, нить, винт.

1 Определение плотности тел правильной геометрической формы.

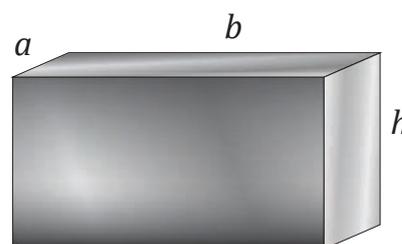
До начала выполнения работы перечертите таблицу в тетрадь.



Тела	m , (g)	Длина a , (cm)	Ширина b , (cm)	Высота h , (cm)	V , (cm ³)	ρ , (g/cm ³)
Пластмассовый брусок						
Деревянный брусок						
Металлический брусок						

Ход работы:

- Измерьте массу тел (m) в форме параллелепипеда.
- С помощью линейки измерьте длину (a), ширину (b) и высоту (h) параллелепипедов.
- Вычислите объём параллелепипедов по формуле:
 $V = a \cdot b \cdot h$.
- По формуле плотности $\rho = m/V$ рассчитайте плотность тел, результаты запишите в таблицу.
- Все результаты измерений и вычислений запишите в таблицу.

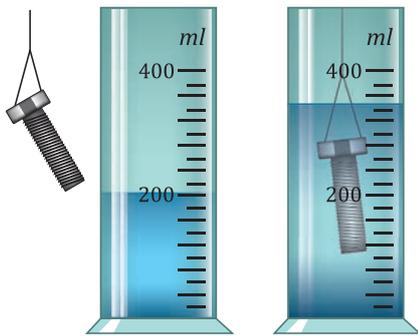


2 Измерение плотности тел неправильной геометрической формы.

До начала выполнения работы перечертите таблицу в тетрадь.

Тело	m , (g)	V_1 , (cm ³)	V_2 , (cm ³)	V , (cm ³)	ρ , (g/cm ³)
Винт					

Ход работы:



1. Залейте в мензурку чистую воду (столько, чтобы тело могло полностью погрузиться в неё).
2. Определите объём воды в мензурке: $V_1 = \dots$ ml.
3. Измерьте массу винта на весах: $m = \dots$ g
4. Опустите винт в воду, удерживая его за нить, и измерьте объём воды в мензурке: $V_2 = \dots$ ml.
5. Определите объём винта по формуле

$$V = V_2 - V_1$$
6. По полученным данным вычислите плотность тела.
7. Запишите результаты в тетрадь.

Ответьте на вопросы

- 1 В чём разница определения плотности тел, имеющих правильную геометрическую форму, и определения плотности тел, имеющих неправильную геометрическую форму?
- 2 Для каких ещё правильных геометрических фигур можно провести этот опыт?
- 3 Почему литр растительного масла легче литра воды?



Практическое задание

- 1 Зная размеры вашей комнаты и пользуясь таблицей плотностей, определите массу воздуха в ней.

2 Заполните три пластиковые бутылки объёмом по 0,5 л рисом, водой и солью соответственно. С помощью весов определите массу каждой. На основании данных определите плотность трёх веществ и сравните их.



рис



вода

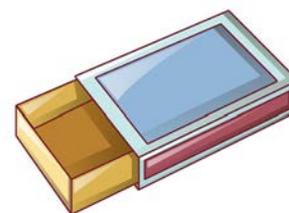


соль

3 Определите плотность глины и пластилина.

Необходимое оборудование: весы, линейка, глина, пластилин, вода и спичечный коробок.

До начала выполнения работы перечертите таблицу в тетрадь.



№	Тело	Объём, см ³	Масса, g	Плотность, g/см ³
1.	Кирпич из глины			
2.	Кирпич из пластилина			

1. Замесите глину. Пользуясь спичечным коробком, слепите из нее кирпич. Положив на ровную поверхность, подсушите его.

2. Пользуясь спичечным коробком, так же слепите из пластилина кирпич.

3. Измерьте на весах массы двух кирпичей.

4. С помощью линейки измерьте длину, ширину и высоту (см) кирпичей.

5. Вычислите объёмы кирпичей.

6. По формуле плотности определите их плотность.

7. Основываясь на результаты опыта, сделайте выводы и запишите их в тетрадь.





19

Тема

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТЕЛ. СИЛА



Динамика, взаимодействие тел, сила, динамометр, сила тяжести, сила упругости, сила трения.



Рис.2.9



Рис.2.10



Рис.2.11



Исаак Ньютон
(1642–1727)

Динамика – раздел механики, изучающий причины движения тела, связывая его с внешним воздействием. Тела в природе не приходят в движение самостоятельно, без внешнего воздействия. Они перемещаются или меняют форму только благодаря внешнему воздействию на них. Например, спортсмен с помощью весла (рис.2.9) приводит в движение покоящуюся лодку. Покупатель, толкая тележку с продуктами в магазине (рис.2.10), приводит её в движение за счёт мышечной силы.

Иногда в результате воздействия может измениться форма тела, но при этом тело будет находиться в состоянии покоя. В итоге тела после прекращения воздействия могут принять первоначальную форму, а некоторые нет. К примеру, воздушный шар, наполненный воздухом, изменит свою форму под внешним воздействием. Если же прекратить действие на него, то он примет исходную форму (рис.2.11). Пекарь выпекает хлебную продукцию, придавая тесту различную форму, как и гончар, обрабатывая глину, изготавливает различные изделия. Под действием силы тела меняют свою форму.

Физическая величина, характеризующая взаимодействие тел, называется силой.

«Force» – в переводе с английского языка означает сила. Именно поэтому сила обозначается заглавной буквой F .

В Международной системе единиц (СИ) за единицу силы принят 1 ньютон, в честь великого английского учёного Исаака Ньютона (сокращённо 1 N, т.е. $[F] = 1N$)

На практике применяют дольные и кратные единицы силы.

0,001 N = 1 mN
1 kN = 10³ N;
1 MN = 10⁶ N.

Силу измеряют динамометром (от греч. «dynamis» – сила, от лат. «metreo» – измеряю). На рисунке 2.12 показан динамометр.

Силы, встречающиеся в природе

Сила тяжести. Подброшенный вверх предмет снова упадёт на землю (рис. 2.13). Причина этого явления – земное притяжение. Земля притягивает к себе все тела: людей, реки, моря, океаны, Луну, искусственные спутники, расположенные на некоторой высоте над Землей и др.

Сила, с которой Земля притягивает к себе тела, называется силой тяжести.

Сила тяжести находится по следующей формуле:

$$F_{тяж} = m \cdot g \tag{1}$$

здесь g – постоянная на Земле величина и равна $g = 9,81 \frac{N}{kg}$

Опыты показывают, что сила тяжести прямо пропорциональна его массе. Поэтому мы о теле большой массы говорим, что оно тяжёлое.

Силу тяжести можно измерить с помощью динамометра. Для этого к крючку динамометра необходимо подвесить груз.

Груз, какой массы даст силу тяжести, равной 1 N?

Выражая массу из формулы (1), получаем следующее:

$$m = \frac{F_{тяж}}{g} \tag{2}$$

$$m = \frac{F_{тяж}}{g} = \frac{1N}{9,81 \frac{N}{kg}} = 0,102kg = 102g$$

Следовательно, груз массой 102 g создаёт на поверхности Земли силу тяжести 1N.

Сила упругости. Подвесим на пружину груз (рис.2.14). Пружина под действием силы тяжести растягивается. При растяжении пружины возникает сила, противодействующая внешней силе. Эта сила называется силой упругости. Она также возникает при сжатии, сгибе и скручивании тела, противодействуя внешней силе (рис.2.15).

Сила трения. Футбольный мяч, катящийся по полю, постепенно замедляет своё движение и, в конце концов, останавливается. Причиной остановки мяча является возникновение силы трения, направленной против движения (рис.2.16).

Сила, возникающая при движении одного тела по поверхности другого и направленная против движения, называется силой трения.



Рис.2.12



Рис.2.13

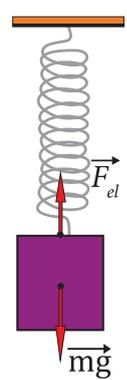


Рис.2.14

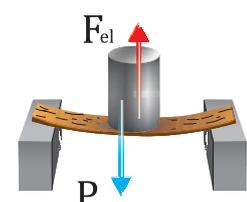


Рис.2.15

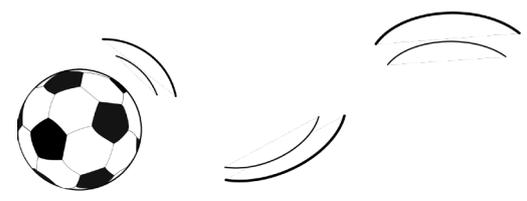


Рис.2.16



рис.2.17

Сила трения играет важную роль в нашей жизни. Без силы трения мы не смогли бы перемещаться. Мы ходим по земле за счёт того, что между шероховатой подошвой нашей обуви и неровной поверхностью земли возникает взаимодействие. Если же наша подошва проскальзывает, особенно зимой, то это затрудняет наше движение – можно подскользнуться и упасть (рис.2.17). Таким образом, наличие силы трения очень важно при движении.



1. В результате взаимодействия тел меняется скорость или форма тела.
2. За единицу силы принят 1 ньютон.
3. Сила – векторная величина.
4. Силу измеряют динамометром.
5. Сила тяжести – сила, с которой Земля притягивает к себе тело.
6. Трение имеет важное значение при движении тел.

Пример решения задач

На столе лежит корзина с фруктами массой 2,5 kg. Определите силу тяжести, действующую на фрукты.

Дано:	Формула:	Решение:
$m = 2,5 \text{ kg}$ $g = 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$	$F_{\text{тяж}} = m \cdot g$ $[F_{\text{тяж}}] = \text{kg} \cdot \frac{\text{N}}{\text{kg}} = \text{N}$	$F_{\text{тяж}} = m \cdot g = 2,5 \cdot 9,81 \text{ N} = 24,52 \text{ N}$ Ответ: $F_{\text{тяж}} = 24,52 \text{ N}.$
Найти: $F_{\text{тяж}} = ?$		



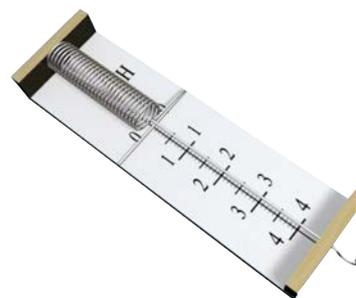
1. Какие силы существуют в природе? Объясните на примерах их значение.
2. Как называется сила сопротивления движению? Приведите примеры.
3. Почему при гололедице дороги и тротуары посыпают песком?
4. Почему удержать в руках живую рыбу очень трудно?
5. Расскажите о пользе и вреде силы трения в быту и технике.



Практическое задание

Определите силу трения тела (имеющего геометрическую форму), равномерно движущегося по столу. В вашем распоряжении имеется динамометр и различные бруски.

№	Тело	F, N
1.	Деревянный брусок	
2.	Металлический брусок	
3.	Резиновый брусок	



Упражнение 11

1 Выразите в ньютонах: 5 kN, 54 kN, 0,04 kN; 0,04 MN; 25 MN; 4 mN; 120 mN.

2 На Луне стоит космонавт и держит в руке динамометр с подвешенным грузом. Показания динамометра равны 1,7 N. Чему равна масса груза, если g на Луне равно

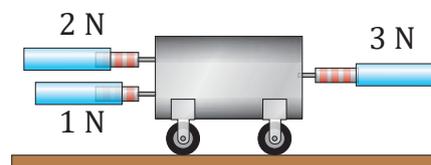
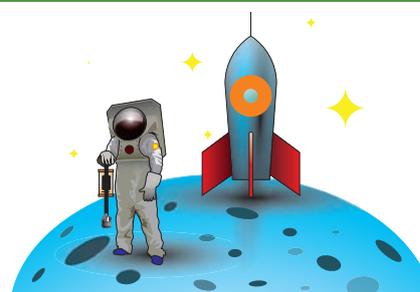
$$g_{\text{лун}} = 1,6 \frac{N}{kg}.$$

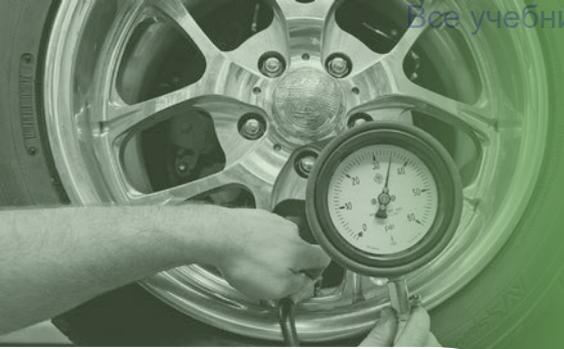
3 В какую сторону движется тележка?

4 Динамометр с грузом показывает показания 5 N. Груз какой массы подвешен к динамометру?

5 Вес мальчика равен 320 N. Чему равна его масса?

6 Вертолёт массой 4 тонны совершает равномерный полёт. Определите силу тяжести, действующую на него.





20

Тема

ДАВЛЕНИЕ. ЕДИНИЦЫ ДАВЛЕНИЯ

Что такое давление?



Давление, сила, действующая на поверхность, единицы давления



Рис. 2.18

По рыхлому снегу очень трудно идти, потому что проваливаешься на каждом шагу. Но, надев лыжи, человек свободно перемещается по снегу, не проваливаясь в него (рис.2.18).

Что является причиной того, что в первом случае человек проваливается в снег, а во втором нет?

На самом деле, будь человек на лыжах или без них, он давит на снег с одинаковой силой, равной его весу. Однако действие этих сил на снег различно. Причина этого в том, что различна площадь поверхности, на которую давит человек. Площадь поверхности лыж больше площади подошвы человека. Результат действия силы зависит не только от значения силы, но и от площади поверхности.

Для того, чтобы количественно охарактеризовать действие силы на поверхность, введено понятие «давление».

Физическая величина, количественно равная силе, действующей перпендикулярно на каждую единицу площади поверхности, называется давлением.



Блез Паскаль
(1623–1662)

$$\text{давление} = \frac{\text{сила}}{\text{площадь}} \text{ или } p = \frac{F}{S} \quad (1)$$

«Pressure» – в переводе с английского языка означает давление. Именно поэтому давление обозначается буквой p .

Из формулы давления выведем её единицу. Единица давления равна отношению единицы силы (1N) к единице площади (1m²), т.е:

$$[p] = \frac{1\text{N}}{1\text{m}^2}$$

В Международной системе единиц (СИ) за единицу давления принят паскаль, в честь французского учёного

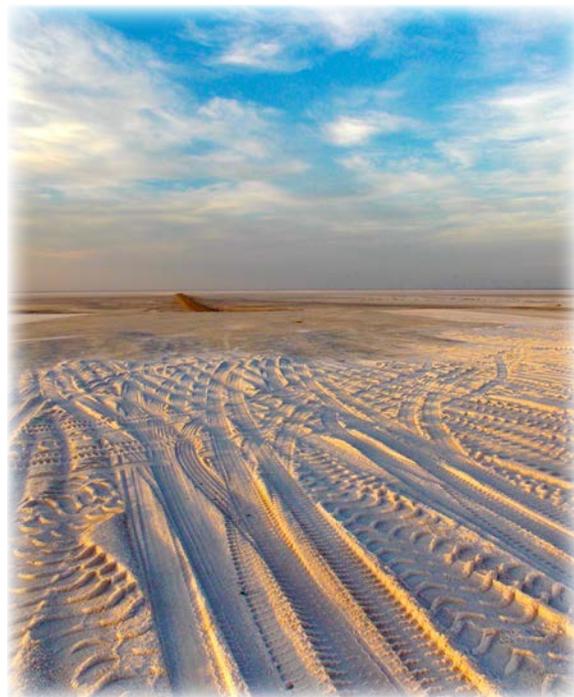
Блеза Паскаля (обозначают Pa) $\frac{1\text{N}}{1\text{m}^2} = 1 \text{ Pa}$

Используются также и другие кратные единицы давления:

$$1 \text{ kilopascal} = 1 \text{ kPa} = 1000 \text{ Pa} = 10^3 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ megapascal} = 1 \text{ MPa} = 1000\,000 \text{ Pa} = 10^6 \text{ Pa}$$

Давление силы, действующей на большую площадь поверхности, будет иметь малое значение. Например, рассматривая след шин, оставленный на песке одинаковыми машинами с различной шириной шин, можно увидеть, что машина с узкими шинами оставит более глубокий след, чем та, у которой шины шире. Поэтому для езды в пустынях по песку на машины устанавливают широкие шины.



1. Давление – физическая величина, количественно равная силе, действующей перпендикулярно на каждую единицу площади поверхности.
2. За единицу давления принят паскаль (1 Па).
3. Численное значение давления зависит от значения силы и площади поверхности.

Пример решения задачи

Какое давление оказывает на землю мальчик массой 64 кг? Площадь подошвы пары обуви примите за 160 см².

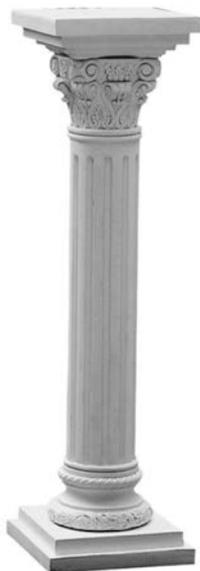
Дано:	Формула:	Решение:
$m = 64 \text{ kg}$ $g = 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$ $S = 160 \text{ cm}^2 = \frac{160}{10000} \text{ m}^2$	$p = \frac{F}{S} = \frac{mg}{S}$ $[p] = \frac{\text{kg} \cdot \frac{\text{N}}{\text{kg}}}{\text{m}^2} = \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = \text{Pa}$	$p = \frac{64 \cdot 9,81}{160} \text{ Pa} = 39240 \text{ Pa} = 39,24 \text{ kPa}$ <p style="text-align: center;">Ответ: $p = 39,24 \text{ kPa}$.</p>
<b style="color: #0070C0;">Найти: $p = ?$		



1. Как нужно изменить площадь, чтобы уменьшить давление?
2. Почему шины грузовых машин изготавливают шире, чем для легковых машин?
3. В каком случае человек оказывает большее давление: при ходьбе или когда он стоит на месте?
4. За счёт чего верблюды свободно перемещаются по пескам пустыни?
5. Какая обувь оказывает большее давление?
6. Почему верхняя часть лопаты, называемая наступом, изогнута?



Упражнение 12



- 1 а) Выразите в паскалях (Pa): 4 кПа; 0,6 кПа; $0,5 \frac{N}{cm^2}$.
 б) Выразите в килопаскалях (кПа): 4800 Pa; 700000 Pa; 65000 Pa.
 в) Выразите в мегапаскалях (МПа): 500000 Pa; 7500000 Pa; 890000 Pa.
- 2 Какое давление оказывает на землю мраморная колонна объёмом $6 m^3$ и площадью основания $1,5 m^2$?
- 3 Какое давление оказывает лыжник массой 76 kg на снег, если длина каждой лыжи 1,9 m, а ширина 10 cm?
- 4 В кастрюлю на столе залили 4,5 l воды. Какое давление оказывает она на стол, если площадь основания кастрюли равна $600 cm^2$?
- 5 Чему равно давление, оказываемое мальчиком массой 48 kg, на землю, если площадь подошвы пары обуви равна $300 cm^2$?
- 6 На земле лежит ящик весом 35 N. Длина основания ящика 0,7 m, ширина основания 0,5 m. Найдите давление ящика, оказываемое на землю.



Практическое задание

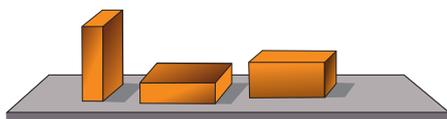


Рис. 2.19

- 1 Оцените давление, оказываемое кирпичом на поверхность. На рис. 2.19 показаны три положения кирпича. Измерьте массу кирпича $m = \dots$ kg. Определите его линейные размеры.

№	Положение	Длина (cm)	Ширина (cm)	Площадь (m^2)	Масса (kg)	Давление, Pa
1	Кирпич лежит ровно					
2	Кирпич лежит на боку					
3	Кирпич стоит вертикально					

- 2 Оцените давление, оказываемое вами на пол. Масса вашего тела $m = \dots$ kg, площадь стопы $S = \dots$ cm^2 .

№	Положение	Масса, kg	Площадь опоры, m^2	Давление, Pa
1	Опора на одну ногу			
2	Опора на обе ноги			

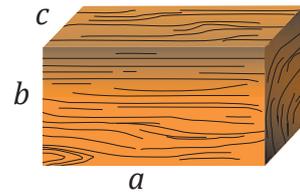
РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

21
Тема

1 Масса восьмиосного локомотива поезда равна 160 тонн. Площадь соприкосновения каждого колеса с рельсами равна 5 см^2 . Каково давление локомотива на рельсы, если на каждой оси по 2 колеса?

Дано:	Формула:	Решение:
$m = 160000 \text{ kg}$ $S = 5 \text{ см}^2 = 0,0005 \text{ м}^2$ $n = 16$ (число колёс) $g = 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$	$p = \frac{F}{nS} = \frac{mg}{nS}$ $[p] = \frac{\text{kg} \cdot \frac{\text{N}}{\text{kg}}}{\text{м}^2} = \frac{\text{N}}{\text{м}^2} = \text{Pa}$	$p = \frac{160000 \cdot 9,81}{16 \cdot 0,0005} \text{ Pa} = 196200000 \text{ Pa}$ <p>Ответ: $p = 196,2 \text{ МПа}$.</p>
Найти: $p = ?$		

2 Масса деревянного бруска длиной 20 см, шириной 15 см и высотой 10 см равна 2,4 кг. Какое давление окажет брусок, находясь в различных положениях?



Дано:	Формула:	Решение:
$m = 2,4 \text{ kg}$ $a = 20 \text{ см} = 0,2 \text{ м}$ $b = 15 \text{ см} = 0,15 \text{ м}$ $c = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$ $g = 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$	$S_1 = b \cdot c$ $S_2 = a \cdot b$ $S_3 = a \cdot c$ $p_1 = \frac{mg}{S_1}$ $p_2 = \frac{mg}{S_2}$ $p_3 = \frac{mg}{S_3}$	$S_1 = 0,15 \cdot 0,1 \text{ м}^2 = 0,015 \text{ м}^2$ $S_2 = 0,2 \cdot 0,15 \text{ м}^2 = 0,03 \text{ м}^2$ $S_3 = 0,2 \cdot 0,1 \text{ м}^2 = 0,02 \text{ м}^2$ $p_1 = \frac{2,4 \cdot 9,81}{0,015} \text{ Pa} = 1569,6 \text{ Pa}$ $p_2 = \frac{2,4 \cdot 9,81}{0,03} \text{ Pa} = 784,8 \text{ Pa}$ $p_3 = \frac{2,4 \cdot 9,81}{0,02} \text{ Pa} = 1177,2 \text{ Pa}$
Найти: $p_1 = ?$ $p_2 = ?$ $p_3 = ?$	$[S] = a \cdot b = \text{м} \cdot \text{м} = \text{м}^2$ $[p] = \frac{\text{kg} \cdot \frac{\text{N}}{\text{kg}}}{\text{м}^2} = \frac{\text{N}}{\text{м}^2} = \text{Pa}$	<p>Ответ:</p> $p_1 = 1569,6 \text{ Pa}$ $p_2 = 784,8 \text{ Pa}$ $p_3 = 1177,2 \text{ Pa}$

3 Крыльцо дома опирается на четыре столба. Площадь основания каждого столба равна 300 cm^2 . Масса кровельного материала крыльца 720 kg . Какое давление на пол оказывает каждый столб?

Дано:	Формула:	Решение:
$S = 300 \text{ cm}^2$ $m = 720 \text{ kg}$ $n = 4$ $g = 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$	$S_{\text{общ}} = n S$ $p_{\text{общ}} = \frac{mg}{S_{\text{общ}}}$ $[S] = n \cdot S = \text{m}^2$ $[p] = \frac{\text{kg} \cdot \frac{\text{N}}{\text{kg}}}{\text{m}^2} = \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = \text{Pa}$	$S_{\text{общ}} = 4 \cdot 0,03 \text{ m}^2 = 0,12 \text{ m}^2$ $p_{\text{общ}} = \frac{720 \cdot 9,81}{0,12} \text{ Pa} = 58860 \text{ Pa}$ давление каждого столба: $p = \frac{p_{\text{общ}}}{4} = 14715 \text{ Pa}$
Найти: $p = ?$		Ответ: $p = 14715 \text{ Pa}$.



Упражнение 13



1 На какой площади поверхности, действуя перпендикулярно направленной силой в 100 N , можно получить давление 20 kPa ?

2 Человек давит на лопату силой 50 N . Какое давление лопата оказывает на почву, если ширина её лезвия 25 cm , а толщина режущего края 1 mm ? Почему лезвие лопаты должно быть острым?

3 Масса шестиосного локомотива поезда равна 120 т . Площадь соприкосновения каждого колеса с рельсами равна 5 cm^2 . Каково давление локомотива на рельсы, если на каждой оси по 2 колеса?

4 Игла швейной машины при шитье платья оказывает давление 50 MPa . Определите силу, с которой игла давит на платье, если площадь конца иглы равна $0,02 \text{ mm}^2$.

5 Масса легкового автомобиля $1,8 \text{ т}$, а общая площадь соприкосновения всех баллонов с землёй равна 600 cm^2 . Масса самолёта 40 т , общая площадь соприкосновения всех баллонов с землёй равна 2 m^2 . Вычислите давление, оказываемое телами на землю, и сравните результаты.

6 Площадь соприкосновения всех колёс автомобиля с землёй равна $0,5 \text{ m}^2$. Определите давление на землю, оказываемое каждым колесом автомобиля, если его масса равна 2 т .

7 Спортсмен массой 48 kg катается на коньках по льду. Какое давление оказывает он на лёд, если длина лезвия конька 30 cm , а ширина 2 mm ?

8 Рабочая поверхность утюга массой $2,5 \text{ kg}$ равна 300 cm^2 . Определите давление утюга на поверхность.



ПЕРЕДАЧА ДАВЛЕНИЯ ЖИДКОСТЯМИ И ГАЗАМИ

22

Тема



Закон Паскаля, сообщающиеся сосуды, гидравлический пресс, манометр.

Ознакомимся с передачей давления в жидкостях и газах. Французский учёный Блез Паскаль экспериментально объяснил передачу давления жидкостями и газами (1653 г.).

Паскаль к полному шару, имеющему в различных местах узкие отверстия, подсоединил трубку, в которую был вставлен поршень. Когда учёный набрал в шар воду и стал вдавливать в трубку поршень, со всех отверстий полилась вода (рис. 2.20-а). Если шар заполнить дымом и вдвинуть поршень в трубку, то можно заметить, что из всех отверстий шара тоже начнут выходить одинаковые струи дыма (рис. 2.20-б).

На основании этих опытов Паскаль пришёл к следующим выводам.

Давление, производимое на жидкость или газ, находящиеся в закрытом сосуде, передаётся в любую точку одинаково.

Этот вывод носит название закона Паскаля.

Внешнее давление, подаваемое жидкостям или газам, передаётся составляющими их частицами. Частицы вследствие своего движения давят на стенки сосуда, образуя при этом внутреннее давление. Закон Паскаля для внутреннего давления гласит:

внутреннее давление, оказываемое частицами жидкости и газа на стенки сосуда, передаётся во все направления одинаково, при отсутствии силы тяжести.

Давление воздуха внутри сосуда измеряют манометром. Общий вид манометра показан на рис.2.21.

Сообщающиеся сосуды. Сосуды любой формы, соединённые между собой у основания, называются сообщающимися сосудами. Жидкость, залитая в одну трубку, будет перетекать во вторую до тех пор, пока поверхности жидкости в обеих трубках не установятся на одном уровне, т.е. $h_1 = h_2$ (рис. 2.22).

Если в трубки сообщающихся сосудов залить несмешивающиеся жидкости различных плотностей ρ_1 и ρ_2 , то

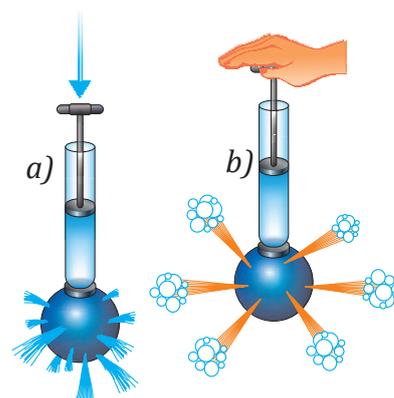


Рис.2.20



Рис.2.21

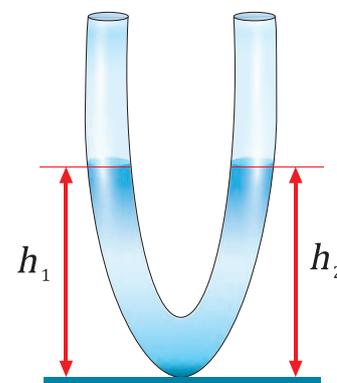


Рис.2.22

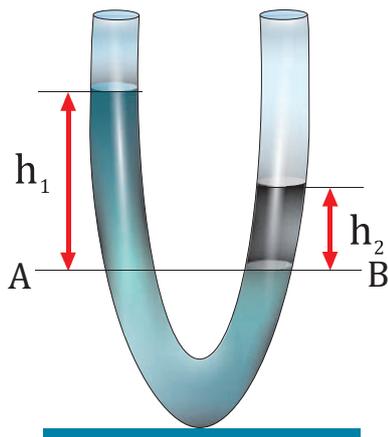


Рис.2.23

при равновесии уровни этих жидкостей не будут одинаковыми. В этом случае уровень жидкости в сосудах измеряется, начиная с поверхности плоскости АВ (рис.2.23). Плоскость АВ называется уровнем раздела двух жидкостей. Жидкость, находящаяся ниже плоскости АВ, является однородной, поэтому на этом уровне гидростатическое давление в обоих сосудах одинаково, т.е:

$$\rho_1 g \cdot h_1 = \rho_2 g \cdot h_2 \quad (1)$$

Из этого выражения получаем следующее:

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1} \quad (2)$$

Следовательно, при равенстве давлений высота столба жидкости с большей плотностью будет меньше высоты столба жидкости с меньшей плотностью.

Гидравлическая машина (гидравлический пресс).

Гидравлическая машина состоит из двух цилиндров разного диаметра, снабжённых поршнями и соединённых трубкой (рис.2.24). Допустим, что S_1 – это площадь малого поршня, а S_2 – площадь большого поршня. При действии на малый поршень перпендикулярно направленной силой F_1 вниз в жидкости появится дополнительное давление $p_1 = F_1/S_1$. Это дополнительное давление, в соответствии с законом Паскаля, непрерывно передаётся второму поршню. В результате под вторым поршнем появляется такое же давление, т.е. $p_2 = F_2/S_2$. По закону Паскаля $p_1 = p_2$, получаем следующее выражение:

$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2} \text{ или } \frac{F_2}{F_1} = \frac{S_2}{S_1} \quad (3)$$

Согласно формуле (3), гидравлическая машина с малой силой трения даёт выигрыш в силе во столько раз, во сколько площадь большого поршня больше площади малого. Значит, действуя малой силой на малый поршень гидравлической машины, можно получить большую силу, действующую на большой поршень.

При движении поршней гидравлического пресса в обе стороны перемещается одинаковое количество жидкости: $V_1 = V_2$ или $S_1 \cdot h_1 = S_2 \cdot h_2$. Под действием силы F_1 малый поршень опускается на расстояние h_1 (рис.2.24), при этом большой поршень поднимается на h_2 . Отношение перемещений поршней равно обратному отношению их площадей:

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{S_2}{S_1} \quad (4)$$

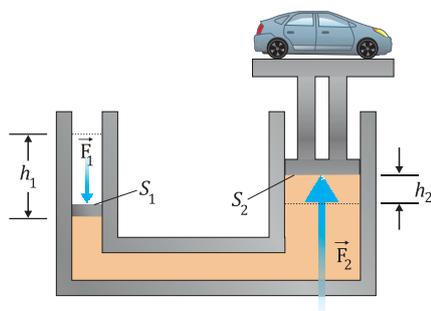


Рис.2.24



1. Внешнее давление, оказываемое на жидкость или газ, передаётся составляющими их частицами.
2. Внутреннее давление, оказываемое частицами жидкости и газа на стенки сосуда, передаётся во все направления одинаково.
3. С помощью гидравлической машины, действуя малой силой на малый поршень, можно получить большую силу, действующую на большой поршень.

Пример решения задачи

Площадь поверхности малого поршня гидравлического пресса равна 4 cm^2 , а площадь большого – 120 cm^2 . Какая сила действует на большой поршень, если к малому поршню приложили силу 15 N ?

Дано:	Формула:	Решение:
$S_1 = 4 \text{ cm}^2 = 0,0004 \text{ m}^2$	$p_1 = p_2$	$F_2 = \frac{15 \cdot 0,012}{0,0004} \text{ N} = 450 \text{ N}$
$S_2 = 120 \text{ cm}^2 = 0,012 \text{ m}^2$	$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$	
$F_1 = 15 \text{ N}$	$F_2 = \frac{F_1 \cdot S_2}{S_1}$	
Найти: $F_2 = ?$	$[F] = \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{m}^2} = \text{N}$	Ответ: $F_2 = 450 \text{ N}$.



1. Почему при накачивании мяча или надувании шара все их части равномерно увеличиваются в размерах?
2. Почему мыльный пузырь принимает форму шара?
3. На каком физическом явлении основано торможение машины?



Упражнение 14

- 1 Площадь большого поршня гидравлического пресса равна 600 cm^2 . Какой должна быть площадь малого поршня, чтобы, подействовав на него силой 160 N , можно было поднять груз весом 12 kN ?
- 2 Малый поршень опустился на $7,5 \text{ cm}$ под действием силы 500 N . Какая подъёмная сила действует на большой поршень, если он поднимается на высоту $1,5 \text{ cm}$?
- 3 Площадь поверхности малого поршня гидравлического пресса равна 5 cm^2 и на него действует сила 60 N . Чему равна площадь большого поршня, если на него действует подъёмная сила равная $2,4 \text{ kN}$?





23

Тема

ДАВЛЕНИЕ ЖИДКОСТИ



Гидростатическое давление, зависимость гидростатического давления от высоты

Жидкость, налитая в сосуд, давит на дно сосуда силой, равной собственному весу.

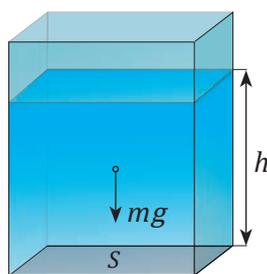


Рис. 2.25

Давление создаваемой весом жидкости на дно сосуда, называется гидростатическим давлением.

Рассмотрим на примере давление жидкости на дно сосуда. В сосуд в форме параллелепипеда площадью основания S налита жидкость плотностью ρ (рис.2.25). Высота столба жидкости равна h , тогда масса жидкости равна:

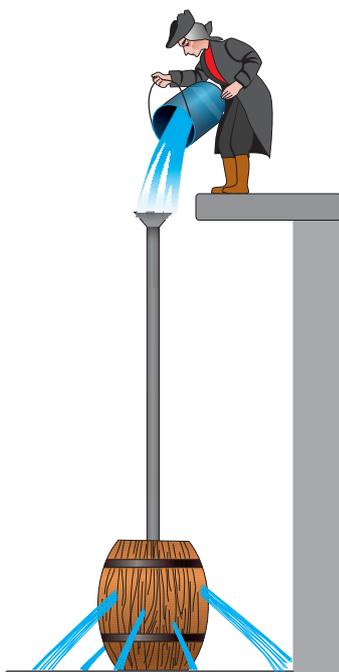
$$m = \rho \cdot V = \rho \cdot S \cdot h \quad (1)$$

Гидростатическое давление, оказываемое весом жидкости на дно сосуда, будет находиться по следующей формуле:

$$p = \frac{F_{\text{тяж}}}{S} = \frac{m \cdot g}{S} = \frac{\rho \cdot V \cdot g}{S} = \frac{\rho \cdot S \cdot h \cdot g}{S} = \rho \cdot g \cdot h \quad (2)$$

Давление жидкости на дно сосуда прямо пропорционально плотности и высоте столба жидкости.

Паскаль в 1648 г. экспериментально показал, что при небольшом количестве воды в сосуде можно создать большое давление. Для этого он наполнил деревянную бочку водой (рис.2.25). К верхней части бочки он прикрепил очень тонкую и длинную трубку, заполнил эту трубку водой. Бочка треснула, и из её стенок стала хлестать вода. Паскаль очень удивил своих современников этим опытом. Данный опыт подтвердил, что гидростатическое давление зависит от высоты уровня жидкости.



1. Гидростатическим давлением – называется давление, создаваемое весом жидкости на дно сосуда.
2. Давление жидкости на дно сосуда зависит от плотности и высоты столба жидкости.

Пример решения задачи

Рассчитайте гидростатическое давление воды на дно бассейна глубиной 8 м.

Дано:	Формула:	Решение:
$h = 8 \text{ м}$ $\rho = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ $g = 9,81 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$	$p = \rho g h$ $[p] = \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot \text{м} = \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} = \text{Па}$	$p = 1000 \cdot 9,81 \cdot 8 \text{ Па} = 78480 \text{ Па}$ Ответ: $p = 78,48 \text{ кПа}$.
Найти: $p = ?$		



1. Каким образом можно увеличить гидростатическое давление жидкости?

2. Почему у разных жидкостей одинаковых масс, помещенных в одинаковые сосуды, уровень жидкости различен?

3. Как уменьшается гидростатическое давление в водохранилищах?

4. Изменится ли давление воды на дно аквариума, наполненного водой, если закинуть в него деревянный брусок?



Упражнение 15

1. Высота воды в стакане 10 см. Какое давление оказывает вода на дно сосуда? Какое давление окажет растительное масло того же уровня?

2. Какое давление окажет керосин на дно сосуда, если уровень его составляет 0,5 м?

3. На какой глубине моря гидростатическое давление воды равно 343350 Па?

4. В сосуд залита неизвестная жидкость высотой 50 см. Определите, что это за жидкость, если она оказывает давление на дно сосуда, равное 4557 Па.



Практическое задание

Проведите опыт Паскаля.

Возьмите одноразовый шприц, воздушный шарик и воду. Проткните иглой шприца ненадутый шарик в нескольких местах. Затем налейте воду в шарик и прикрепите его входное отверстие скотчем к шприцу. Нажимая медленно на поршень шприца, наблюдайте вытекание струёк воды из отверстий в шарике и сделайте выводы.



24

Тема

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

1 На дне сосуда с водой имеется отверстие площадью 20 cm^2 . Определите силу гидростатического давления воды уровнем 2 m на пробку, закрывающую это отверстие. Плотность воды примите равной 1000 kg/m^3 .

Дано:	Формула:	Решение:
$S = 20 \text{ cm}^2 = 0,002 \text{ m}^2$ $h = 2 \text{ m}$ $\rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ $g = 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$	$p = \rho g h$ $[p] = \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot \text{m} = \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = \text{Pa}$ $p = \frac{F}{S} \quad F = p \cdot S$	$p = 1000 \cdot 9,81 \cdot 2 \text{ Pa} = 19620 \text{ Pa}$ $F = 19620 \cdot 0,002 \text{ N} = 39,24 \text{ N}$ Ответ: $F = 39,24 \text{ N}$.
Найти: $F = ?$	$[F] = \text{Pa} \cdot \text{m}^2 = \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot \text{m}^2 = \text{N}$	

2 Какова высота столба керосина, который в сообщающихся сосудах уравнивает столб ртути высотой $2,5 \text{ cm}$? Плотность керосина 800 kg/m^3 , а ртути 13600 kg/m^3 .

Дано:	Формула:	Решение:
$\rho_k = 800 \text{ kg/m}^3$ $\rho_p = 13600 \text{ kg/m}^3$ $g = 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$ $h_p = 2,5 \text{ cm} = 0,025 \text{ m}$	$p_1 = p_2$ $\rho_k g h_k = \rho_p g h_p$ $\frac{h_k}{h_p} = \frac{\rho_p}{\rho_k}$ $h_k = \frac{\rho_p}{\rho_k} \cdot h_p$	$h_k = \frac{13600}{800} \cdot 0,025 \text{ m} = 0,425 \text{ m}$ Ответ: $h_k = 42,5 \text{ cm}$.
Найти: $h_k = ?$	$[h] = \frac{\text{kg}}{\text{kg}} \text{ m} = \text{m}$	

3 На дне сосуда с водой отверстие площадью 24 cm^2 закрыто пробкой. Пробка выбивается под действием силы 12 N . До какой высоты можно влить в сосуд воду, чтобы пробка не вылетела из отверстия?

Дано:	Формула:	Решение:
$F = 12 \text{ N}$ $S = 24 \text{ cm}^2 = 0,0024 \text{ m}^2$ $\rho_g = 1000 \text{ kg/m}^3$ $g = 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$	$p = \frac{F}{S}$ $p = \rho g h$ $\rho g h = \frac{F}{S}$ $h = \frac{F}{\rho g S}$ $[h] = \frac{\text{N}}{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot \text{m}^2} = \text{m}$	$h = \frac{12}{1000 \cdot 9,81 \cdot 0,0024} \text{ m} \approx 0,51 \text{ m}$ <p>Ответ: $h \approx 51 \text{ cm}$.</p>
Найти: $h = ?$		



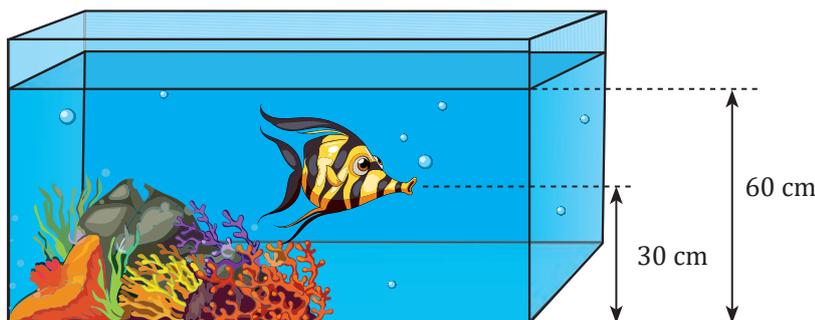
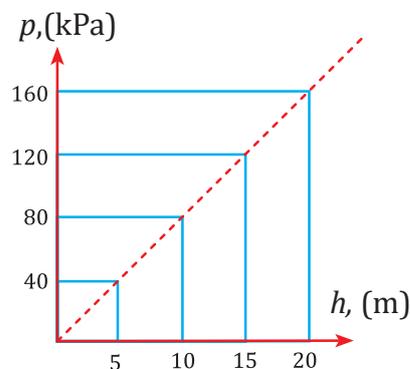
Упражнение 16

1 У подножия водонапорной башни установлен манометр, показывающий давление воды, равное 147 kPa . Определите высоту подъема воды.

2 В один сосуд залит спирт, в другой ртуть. Уровень жидкостей одинаковый и равен 8 cm . Определите разницу давления, создаваемого жидкостями на дно сосудов.

3 На графике показано изменение уровня неизвестной жидкости в зависимости от давления на дно сосуда. Воспользовавшись данными графика, определите род жидкости. (В задаче примите $g = 10 \text{ N/kg}$).

4 Определите гидростатическое давление на дно аквариума и на рыбу.



25

Тема

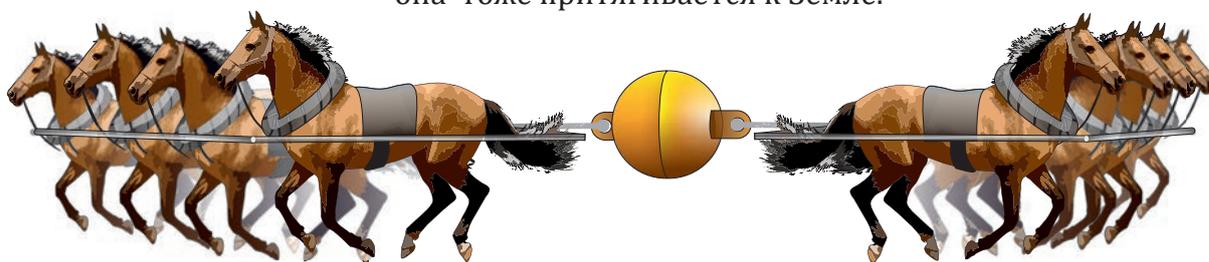
АТМОСФЕРНОЕ ДАВЛЕНИЕ

Почему закладывает уши при подъёме в горы?



Атмосфера, состав воздуха, опыт Торричелли, манометр, барометр-анероид

Земная поверхность окружена воздушной оболочкой, в состав которой входят азот, кислород и другие газы. Эту оболочку мы называем атмосферой. Атмосфера представляет из себя смесь газов. Причина того, что атмосфера не улетает в мировое пространство, заключается в том, что она тоже притягивается к Земле.



В 1654 г. Отто Герике в г. Магдебурге, чтобы доказать существование атмосферного давления, провёл такой опыт. Он выкачал воздух из полости между двумя металлическими полушариями, сложенными вместе. Полушария были так сильно прижаты друг к другу, что их не могли разорвать восемь пар лошадей, тянущих их в противоположные стороны. Это свидетельствует о наличии давления атмосферы.

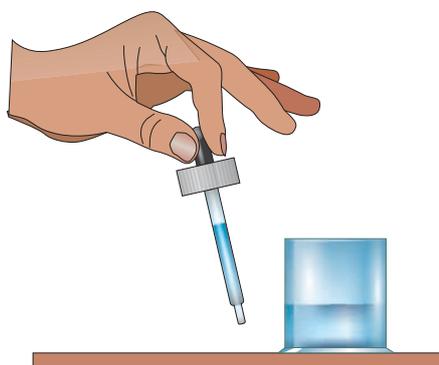


Рис. 2.26

Если опустить пипетку в жидкость и надавить на мягкую её часть, жидкость заполняет пипетку. Вынув пипетку из жидкости, можно увидеть, что жидкость из неё не вытекает (рис.2.26). Почему же не вытекает жидкость, ведь на неё тоже действует сила тяжести?

Подобно образованию гидростатического давления на дно сосуда вследствие веса жидкости, атмосферное давление образуется за счёт веса воздуха.

Атмосферное давление впервые было измерено итальянским учёным Э. Торричелли (1608-1647). Стекланную трубку длиной около 1 м, запаянную с одного конца, наполняют ртутью. Затем, плотно закрыв другой конец трубки, перевернув её, опускают в чашу с ртутью и под ртутью открывают конец трубки. Часть ртути при этом выливается в чашу, а часть её остаётся в трубке. Торричелли дал объяснение этому явлению.

Первоначально гидростатическое давление в трубке было больше атмосферного. Поэтому часть ртути и вылилась. В момент, когда ртуть перестаёт вытекать, атмосфера давит на поверхность ртути в чашке, и ртуть находится в состоянии равновесия. С помощью измерения высоты столба ртути было определено атмосферное

давление. Из опыта следует, что атмосферное давление равно гидростатическому давлению ртути в трубке.

С помощью линейки Торричелли определил высоту столба ртути. Если опыт проводить при температуре 0°C на высоте над уровнем моря (Балтийское море), то высота столба ртути, оставшейся в трубке, будет равной примерно 760 mm . Это означает, что нормальное атмосферное давление равно 760 mm Hg .

Атмосферное давление в (СИ) тоже измеряется в паскалях (Pa). При измерении атмосферного давления также пользуют и mm Hg .

Рассчитаем гидростатическое давление ртути высотой $h = 0,76\text{ m}$ и плотностью $\rho = 13595\text{ kg/m}^3$:

$$p_{\text{атм}} = \rho \cdot g \cdot h = 13595 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 0,76\text{ m} \approx 101359\text{ Pa}.$$

Чтобы выразить 1 mm Hg в паскалях, необходимо нормальное атмосферное давление разделить на 760 , т.е.

$$1\text{ mm Hg} = \frac{101359\text{ Pa}}{760} \approx 133,4\text{ Pa}$$

При решении задач за нормальное атмосферное давление можно принять $p_0 = 100\ 000\text{ Pa} = 10^5\text{ Pa}$.

Обычно, когда метеорологи публикуют данные о погоде, атмосферное давление указывается не в паскалях, а в 1 mm Hg . Если выразить изменение атмосферного давления воздуха в паскалях, то уменьшение на $500\text{--}600\text{ Pa}$ не будет так заметно, как изменение атмосферного давления на 1 mm Hg .

Атмосферное давление уменьшается по мере подъёма над поверхностью Земли. Это связано с тем, что плотность воздуха с подъёмом на высоту значительно уменьшается. В связи с этим при подъёме на высоту 12 m над уровнем моря атмосферное давление уменьшается в среднем на 1 mm Hg .

Прибор, применяемый для измерения атмосферного давления, называется барометром. На рис.2.28 приведён внешний вид барометра.

Давление газа в замкнутом пространстве измеряется манометром (рис.2.29). Давление воздуха в автомобильных шинах измеряется тоже манометром. Измерения определяют уровень воздуха внутри шины: больше или меньше обычного.

Изменения атмосферного давления оказывают влияние на организм человека. Некоторые люди испытывают сильные головные боли и слабость.

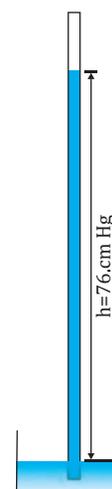


Рис. 2.27



Рис. 2.28



Рис. 2.29

Полное давление на жидкость в открытом сосуде равно сумме атмосферного давления и гидростатического давления жидкости на дно сосуда высотой h :

$$p_{\text{осн}} = p_0 + \rho g h \quad (1)$$

По этой формуле находят значение результирующего давления воды на глубине h в озёрах, морях и океанах.



1. Атмосфера – это воздушная оболочка земли.
2. Атмосферное давление впервые было измерено итальянским учёным Э. Торричелли.
3. При подъёме на высоту 12 m над уровнем моря атмосферное давление уменьшается в среднем на 1 mm Hg.
4. Атмосферное давление измеряется барометром-анероидом, а давление газа и жидкостей в замкнутом пространстве измеряется манометром.

Пример решения задачи

Определите давление воды в озере на глубине 80 m.

Дано:	Формула:	Решение:
$h = 80 \text{ m}$ $p = 100000 \text{ Pa}$ $g = 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$ $\rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	$p_{\text{осн}} = p_0 + \rho g h$ $[p] = \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot \text{m} = \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = \text{Pa}$	$p = 100000 \text{ Pa} + 1000 \cdot 9,81 \cdot 80 \text{ Pa} =$ $= 884800 \text{ Pa} = 884,8 \text{ kPa}$ <p style="text-align: center;">Ответ: $p = 884,8 \text{ kPa}$.</p>
<p style="color: #e91e63;">Найти:</p> $p = ?$		



1. Кто впервые определил наличие атмосферного давления?
2. Почему атмосферное давление уменьшается по мере подъёма над земной поверхностью?
3. Почему при сообщении прогноза погоды изменение атмосферного давления указывают в mm Hg?
4. Почему не выливается вода из опрокинутой бутылки, если горлышко её погружено в воду?



Упражнение 17

- 1 Метеорологи по радио объявили о том, что атмосферное давление равно 740 mm Hg . Выразите это давление в паскалях (Pa).
- 2 На какой глубине озера гидростатическое давление воды будет в 2 раза больше атмосферного?
- 3 Ташкент расположен примерно на высоте 407 м над уровнем моря. Высота ташкентской телебашни 385 м. Какое давление покажет барометр на уровне высоты башни, если на уровне моря атмосферное давление 760 mm Hg ?
- 4 Определите атмосферное давление на высоте 600 м над уровнем моря (mm Hg). За нормальное атмосферное давление примите 760 mm Hg .

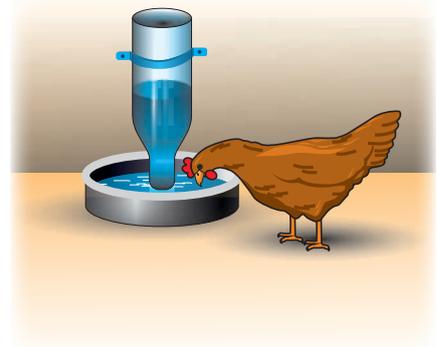


Рис. 2.30



Практическое задание

- 1 На рис.2.30 показана поилка для кур. Объясните, почему вода из стеклянной бутылки не проливается.
- 2 Заполните таблицу. Выразите mm Hg в паскалях (Pa).

№	Давление	mm Hg	Pa
1	Нижнее показание артериального давления человека	80	
2	Верхнее показание артериального давления человека	120	
3	На море	758	
4	На равнине	720	
5	На пике горы	368	





ПРОЕКТНАЯ РАБОТА

Практическая демонстрация атмосферного давления



Цель проекта: закрепить темы «Закон Паскаля», «Гидростатическое давление», «Атмосферное давление» и рассмотреть на практике сооружение фонтана.

Необходимое оборудование для создания фонтана:

- 3 пластиковые бутылки;
- 3 трубки;
- 6 крышек от пластиковых бутылок;
- клей и вода;
- ножницы.

Строение и принцип работы установки

1. Отрежьте нижнюю часть одной бутылки, оставив её горлышко.

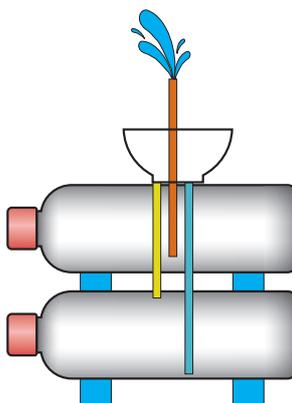
2. Прodelайте по 2 отверстия в двух других бутылках. Диаметры отверстий должны быть одинаковыми и совпадать с диаметрами трубок.

3. Прикрепите трубки к внутренней и внешней части установки так, как показано на рисунке.

4. Проведите герметизацию отверстий.

5. Залейте воду в бутылки и наблюдайте за образованием фонтана.

6. Объясните принцип действия фонтана и предложите свои идеи.



1. Какую роль играют трубки в установке?
2. Слышали ли вы про гейзеры?
3. Где встречаются гейзеры?

МЕХАНИЧЕСКАЯ РАБОТА

Что вы понимаете под умственной работой человека?

26

Тема



Механическая работа, единицы работы

В обыденной жизни слово «работа» применяется очень часто. Например, художник работает над своими произведениями, композитор работает над созданием новой музыки, вы работаете над собой, читая книгу, и тем самым пополняете свои знания. Это всё связано с умственной деятельностью человека или занятием каким-то полезным трудом. Умственную деятельность человека никак нельзя измерить. В физике рассматривают физическую величину, которую можно измерить, т.е. механическую работу. Понятие работы в физике полностью отличается от работы в повседневной жизни.

Машина приходит в движение и отъезжает на какое-то расстояние за счёт силы тяги двигателя. При перемещении тела из одной точки в другую под действием силы совершается механическая работа. Значит, механическая работа выполняется только тогда, когда на тело действует сила и тело перемещается.

Механическая работа – это перемещение тела на определённое расстояние под действием силы.

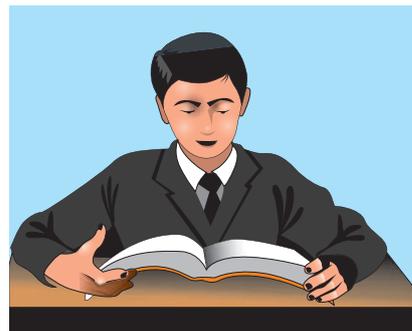
Работа по перемещению тела на определённое расстояние под действием силы находится по следующей формуле:

$$A = F \cdot s \quad (1)$$

Механическая работа – скалярная величина, обозначается буквой A . Здесь F – сила, действующая на тело, s – путь, пройденный телом.

За единицу работы в Международной системе единиц (СИ) принимают работу, совершаемую силой в 1 N, на пути, равном 1 m. Единица работы – джоуль (J) названа в честь английского учёного Джеймса Джоуля.

Единица работы: $[A] = [F \cdot s] = 1 \text{ N} \cdot 1 \text{ m} = 1 \text{ J}$



Affair (Actio) – в переводе с английского (латинского) означает работа. Механическая работа обозначается буквой A , являющейся первой буквой этих слов.

На практике применяются дольные и кратные единицы работы – килоджоули (kJ), мегаджоули (MJ), миллиджоули (mJ). Между этими единицами и основной существует следующая взаимосвязь.

$$1 \text{ kJ} = 10^3 \text{ J}$$

$$1 \text{ MJ} = 10^6 \text{ J}$$

$$1 \text{ mJ} = 10^{-3} \text{ J}$$



1. Механическая работа – это перемещение тела на определённое расстояние под действием силы.
2. За единицу работы принят джоуль.
3. Механическая работа – скалярная величина.

Пример решения задачи

Тело движется под действием горизонтально направленной силы. Какая сила приводит в движение тело, если оно перемещается на расстояние 0,2 м и совершена работа 10 Дж?

Дано:	Формула:	Решение:
$s = 0,2 \text{ м}$ $A = 10 \text{ Дж}$	$A = F s$ $F = \frac{A}{s}$	$F = \frac{10}{0,2} \text{ Н} = 50 \text{ Н}$
Найти: $F = ?$	$[F] = \frac{\text{Дж}}{\text{м}} = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{м}} = \text{Н}$	Ответ: $F = 50 \text{ Н}$.



1. Шахматист участвует в турнире. К какому типу работы относится его деятельность?
2. Какая работа совершается при поднятии штанги спортсменом?
3. В каких случаях приведен пример механической работы: ребёнок рисует, катается на санках, играет на пианино, бросает баскетбольный мяч в корзину?



Упражнение 18



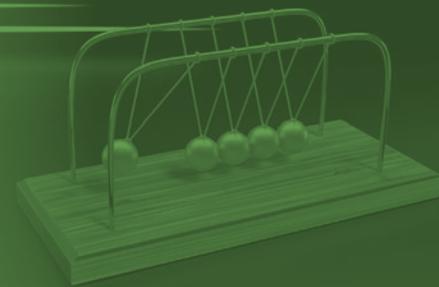
- 1 Выразите в джоулях (Дж):
 1) 2 кДж 2) 450 мДж 3) 0,4 кДж 4) 0,06 МДж
- 2 Какая работа совершена тележкой, движущейся под действием силы 40 Н, при её перемещении на 10 м?
- 3 При перемещении тела на 4 м, совершена работа 200 Дж. Определите силу, действующую на тело.
- 4 По рисунку вычислите работу автомобиля по перемещению на данное расстояние, совершаемую под действием силы.
- 5 Под действием силы 50 Н совершена работа 400 Дж. На какое расстояние переместилось тело?

ВИДЫ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Что такое энергия?

27

Тема



Энергия и её виды, кинетическая энергия, потенциальная энергия

Тяжелоатлет при подъёме штанги передаёт ей свою энергию. В итоге выполняется работа, т.к. штанга поднимается на определённую высоту. Рассмотрим приобретение телом энергии вследствие взаимодействия на следующем примере.

На рис.2.31 показана тележка, к опорам которой прикреплено легко вращающееся на оси колесо с желобом (блок). Один конец нити обвит вокруг оси тележки, а второй конец перекинут через блок и на него подвешен груз. В момент спуска груза тележка приходит в движение. Движение груза вниз заставляет тележку совершать работу. Если тело совершает работу при взаимодействии, то значит, оно обладает энергией.

Энергия – это физическая величина, характеризующая способность тел совершать работу.

Энергия, являясь скалярной величиной, имеет несколько видов: механическая, тепловая, электрическая, световая и другие виды. Чем большей энергией обладает тело, тем больше работы оно совершит.

Виды механической энергии

Различают два вида механической энергии: кинетическая и потенциальная.

Механическая энергия – физическая величина, характеризующая способность тела или системы тел совершать работу при переходе из одного состояния в другое.

Механическая энергия измеряется в тех же единицах, что и работа. Единицей механической энергии является джоуль (1J).

Кинетической энергией называется энергия, возникающая при механическом движении тел.

Слово *кинетик* взято от греческого слова «кинематос», означающее «движение».

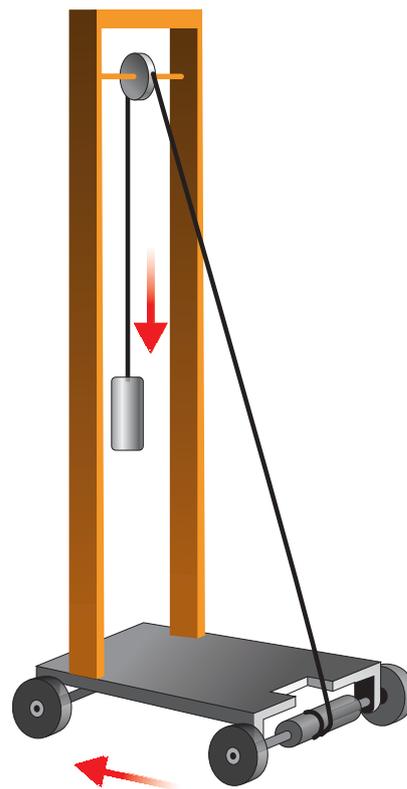


Рис.2.31

«Mechanical energy» – является английским выражением, означающим «механическая энергия».

Кинетическая энергия тела определяется по формуле:

$$E_k = \frac{m \cdot v^2}{2} \quad (1)$$

здесь E_k – кинетическая энергия, m – масса тела, v – скорость тела.

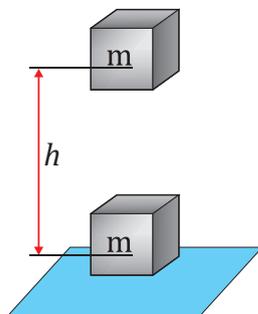


Рис. 2.32

Потенциальная энергия – это энергия, которая определяется взаимным положением взаимодействующих тел или частей тела.

Потенциал – слово взято от латинского слова потенция, означающего «возможность».

Потенциальная энергия тела массой m , поднятого с поверхности Земли на высоту h (рис.2.32), определяется по формуле:

$$E_n = m g h \quad (2)$$

здесь E_n – потенциальная энергия, m – масса тела, h – высота поднятого тела. $g = 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$

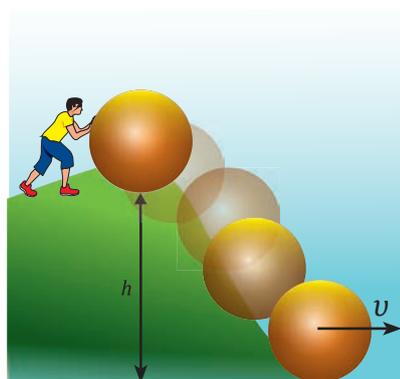


рис.2.33

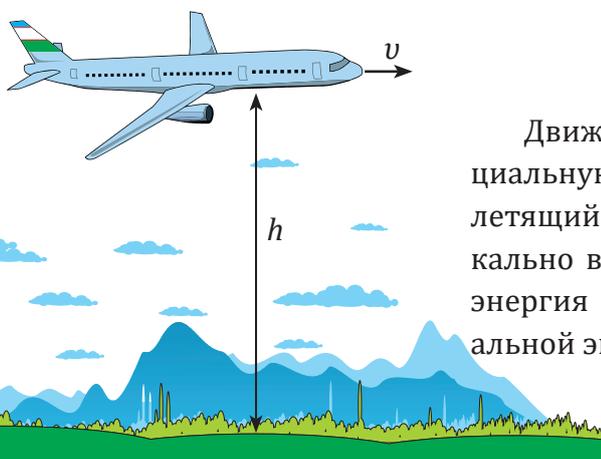
Энергия самопроизвольно не появляется и не исчезает. Она превращается из одного вида в другой.

Например, шар, находящийся на высоте холма, обладает потенциальной энергией. Но если шар начнёт двигаться вниз, его потенциальная энергия уменьшится, а кинетическая энергия возрастет (рис.2.33). Если не учитывать силу трения о наклонную плоскость при движении шара, то при достижении шаром нижней точки его кинетическая энергия будет равной начальному значению потенциальной энергии, т.е.:

$$\frac{mv^2}{2} = mgh \quad (3)$$

Движущиеся тела могут иметь одновременно и потенциальную, и кинетическую энергию. Например, самолёт, летящий на некоторой высоте; тело, падающее вертикально вниз или летящее вверх и др. В этом случае полная энергия тела равна сумме его кинетической и потенциальной энергий:

$$E_{пол} = m g h + \frac{mv^2}{2} \quad (4)$$

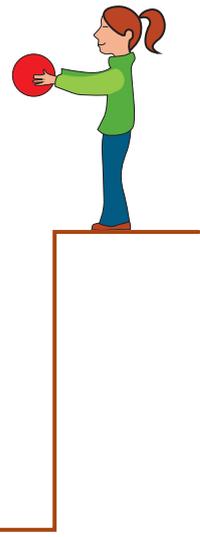




1. Энергия – физическая величина, характеризующая способность тела или системы тел совершать работу.
2. За единицу энергии принят джоуль (J).
3. Кинетической энергией называется энергия, возникающая при механическом движении тел.
4. Потенциальная энергия – это энергия, возникающая при взаимодействии тел.

Пример решения задачи

Девочка держит в руках мяч массой 400 g на высоте 5 m от поверхности земли. Чему равна потенциальная энергия мяча?



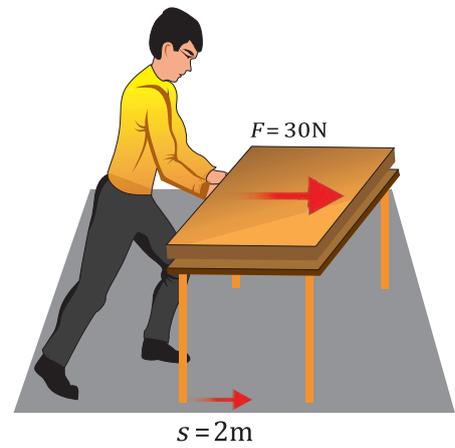
Дано:	Формула:	Решение:
$m = 400\text{g} = 0,4\text{ kg}$ $h = 5\text{ m}$ $g = 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$	$E_n = m g h$ $[E] = \text{kg} \cdot \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot \text{m} = \text{N} \cdot \text{m} = \text{J}$	$E_n = 0,4 \cdot 9,81 \cdot 5\text{ J} = 19,62\text{ J}$ Ответ: $E_n = 19,62\text{ J}$.
Найти: $E_n = ?$		



1. Какой энергией обладает вода, текущая в реке?
2. В каком случае тело обладает и потенциальной, и кинетической энергией?
3. В чём разница между потенциальной и кинетической энергией?
4. Какой энергией обладает камень до того, как его бросили вниз?

Упражнение 19

- 1 Футбольный мяч массой 450 g летит в ворота со скоростью 36 km/h. Найдите кинетическую энергию мяча.
- 2 Насколько изменилась кинетическая энергия гепарда массой 40 kg, если во время охоты его скорость возросла от 54 km/h до 90 km/h?
- 3 Кинетическая энергия зайца при скорости 18 km/h равна 15 J. Чему равна масса зайца?
- 4 Вычислите потенциальную энергию люстры массой 5 kg, подвешенную к потолку высотой 3 m.
- 5 Опираясь на рисунок, определите работу мальчика.



28

Тема

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

1 Какую работу выполнило тело массой 8 kg при вертикальном равномерном подъёме на высоту 5 m?

Дано:	Формула:	Решение:
$m = 8 \text{ kg}$ $h = 5 \text{ m}$ $g = 9,81 \text{ N/kg}$	$A = m g h$ $[A] = \text{kg} \cdot \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot \text{m} = \text{N} \cdot \text{m} = \text{J}$	$A = 8 \cdot 9,81 \cdot 5 = 392,4 \text{ J}$ Ответ: $A = 392,4 \text{ J}$.
Найти: $A = ?$		

2 Какую работу необходимо совершить, чтобы поднять мраморную плиту объёмом 0,5 m³ на высоту 6 m?

Дано:	Формула:	Решение:
$V = 0,5 \text{ m}^3$ $h = 6 \text{ m}$ $\rho = 2700 \text{ kg/m}^3$ $g = 9,81 \text{ N/kg}$	$m = \rho V$ $A = m g h$ $[m] = \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \text{m}^3 = \text{kg}$ $[A] = \text{kg} \cdot \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot \text{m} = \text{N} \cdot \text{m} = \text{J}$	$m = 2700 \cdot 0,5 \text{ kg} = 1350 \text{ kg}$ $A = 1350 \cdot 9,81 \cdot 6 \text{ J} = 79461 \text{ J}$ Ответ: $A = 79461 \text{ J}$.
Найти: $A = ?$		

3 Лошадь, двигаясь равномерно со скоростью 5 m/s, тянет телегу силой 500 N. Чему равна работа, выполненная ею за 0,5 часа?

Дано:	Формула:	Решение:
$F = 500 \text{ N}$ $u = 5 \text{ m/s}$ $t = 0,5 \text{ h} = 1800 \text{ s}$	$s = v \cdot t$ $A = F \cdot s$ $[s] = \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \text{s} = \text{m}$ $[A] = \text{N} \cdot \text{m} = \text{J}$	$s = 5 \cdot 1800 \text{ m} = 9000 \text{ m}$ $A = 500 \cdot 9000 \text{ J} = 4500000 \text{ J}$ Ответ: $A = 4,5 \text{ MJ}$.
Найти: $A = ?$		



Упражнение 20

- 1 Какую работу выполнило тело массой 20 kg при вертикальном равномерном подъёме на высоту 5 m ?
- 2 Орёл массой 5 kg сидит на ветке дерева. Определите высоту орла на дереве, если его потенциальная энергия равна $0,4 \text{ kJ}$.
- 3 Чему равна высота водопада, если скорость удара воды об землю равна 20 m/s ?
- 4 Какую работу совершило тело при вертикальном равномерном подъёме на высоту 4 m , если к нему приложена сила 5 N ?
- 5 Насколько изменилась кинетическая энергия машины массой $1,5$ тонны если во время движения её скорость возросла от 36 km/h до 72 km/h ?
- 6 Определите полную энергию самолёта, летящего на высоте $10\,000 \text{ m}$ со скоростью 900 km/h . Массу самолёта примите равной $30\,000 \text{ kg}$.
- 7 Полная энергия ласточки, летящей на высоте 10 m , равна 30 J . Определите скорость полёта ласточки, если её масса равна 300 g .



29

Тема

МЕХАНИЧЕСКАЯ МОЩНОСТЬ. ЕДИНИЦЫ МОЩНОСТИ

Механическая мощность, коэффициент полезного действия (КПД) механизмов



В результате стремительного развития науки и техники появляются различные виды машин (механизмы, выполняющие работу). Каждая машина выполняет определённую работу. Например, большой кран может поднять с земли 10 тонн груза на высоту 30 м за 2 минуты, когда маленький кран за то же время и на эту же высоту поднимает груз массой 4 тонны. За одно и то же время оба крана выполнили разную механическую работу. Для того, чтобы сравнить производительность двигателей или различных механизмов введена физическая величина – мощность. Мощность двигателей или различных механизмов зависит от работы.

Механической мощностью называют физическую величину, равную отношению работы ко времени, за которое она была совершена.

Опираясь на определение мощности, выразим её формулу:

$$\text{мощность} = \frac{\text{работа}}{\text{время}} \quad N = \frac{A}{t} \quad (1)$$

Здесь N – механическая мощность, A – выполненная работа, t – время, затраченное на выполнение работы.

Мощность – скалярная величина.

В Международной системе единиц (СИ) за единицу мощности принимают такую мощность, при которой за 1 с совершается работа в 1 Дж и эту единицу называют ваттом (W) в честь английского учёного Джеймса Уатта.

$$[N] = \frac{1\text{ Дж}}{1\text{ с}} = 1 \frac{\text{ Дж}}{\text{ с}} = 1\text{ Вт}$$

Мощнее считается та машина, которая выполняет за определённое время больше работы, чем остальные.

Мощность транспортных средств измеряется в специальных единицах, называемых лошадиной силой. Одна лошадиная сила – это есть мощность машины, равная 735,5 Вт., т.е:

$$1 \text{ л.с.} = 735,5 \text{ Вт}$$

На сегодняшний день с помощью громадных машин за короткий промежуток времени выполняется огромная работа. При оценке мощности машин применяются кратные единицы мощности:



Джеймс Уатт
(1736–1819)



$$1 \text{ гектоватт} = 1 \text{ gW} = 100 \text{ W} = 10^2 \text{ W}$$

$$1 \text{ киловатт} = 1 \text{ kW} = 1000 \text{ W} = 10^3 \text{ W}$$

$$1 \text{ мегаватт} = 1 \text{ MW} = 1000\,000 \text{ W} = 10^6 \text{ W}$$

$$1 \text{ гигаватт} = 1 \text{ GW} = 1000\,000\,000 \text{ W} = 10^9 \text{ W}$$

Чтобы транспортное средство двигалось с постоянной скоростью (v), на него должна воздействовать сила тяги (F) двигателя, которая приведёт его в движение. При прохождении пути s двигателем автомобиля совершается работа $A = F \cdot s$. Двигатель мощностью N за время t выполняет работу равную $A = N \cdot t$. Объединяя обе формулы механической работы, выведем формулу:

$$F \cdot s = N \cdot t \quad (2)$$

Из неё следует:

$$N = F \frac{s}{t} = F \cdot v \quad (3)$$

Коэффициент полезного действия (КПД) механизмов

Каждая машина (механизм) характеризуется специальной величиной, показывающей, насколько эффективно используется подводимая ей энергия. Она называется коэффициентом полезного действия (КПД) механизмов.



Величина, показывающая, какую часть от полной работы составляет полезная работа, называется коэффициентом полезного действия (КПД) механизмов.

КПД обозначается греческой буквой η (эта). Из вышеуказанного правила запишем формулу КПД:

$$\eta = \frac{A_{\text{полез}}}{A_{\text{полн}}} \quad \text{КПД} = \frac{\text{Полезная раб.}}{\text{Полная раб.}}$$

Обычно КПД выражают в процентах:

$$\eta = \frac{A_{\text{полез}}}{A_{\text{полн}}} \cdot 100\%.$$

здесь η – КПД, $A_{\text{полез}}$ – полезная работа, $A_{\text{полн}}$ – полная работа.

Если будут даны полная затраченная ($N_{\text{полн}}$) и полезная мощность ($N_{\text{полез}}$), то КПД можно определить следующим образом:

$$\eta = \frac{N_{\text{полез}}}{N_{\text{полн}}}$$

если выразить в процентах, то:

$$\eta = \frac{N_{\text{полез}}}{N_{\text{полн}}} \cdot 100\%$$





1. Механической мощностью называют физическую величину, равную отношению работы ко времени, за которое она была совершена.
2. За единицу мощности принят ватт (W).
3. Мощность транспортных средств измеряется в специальных единицах, называемых лошадиной силой.
4. Коэффициент полезного действия (КПД) механизмов – специальная величина, показывающая, насколько эффективно используется подводимая ей энергия, и измеряется она в процентах.

Пример решения задачи

Какую работу выполняет пылесос мощностью 2 kW за 0,5 часа?

Дано:	Формула:	Решение:
$N = 2 \text{ kW} = 2000 \text{ W}$ $t = 0,5 \text{ h} = 1800 \text{ s}$	$N = \frac{A}{t}$ $A = N \cdot t$ $[A] = W \cdot s = J$	$A = 2000 \cdot 1800 \text{ J} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$
<b style="color: #c0392b;">Найти: $A = ?$		Ответ: $A = 3,6 \text{ MJ}$.



1. Что вы понимаете под КПД и как его рассчитать?
2. Почему мощности двигателей машин сравнивают с лошадиными силами?
3. Как определяется мощность автомобиля, движущегося с постоянной скоростью?
4. Мальчики разной массы пробежали 100 м на спортивных состязаниях. Время движения мальчиков одинаковое. Одинаковы ли их мощности?



Практическое задание



Определите мощности машин, производимых в Узбекистане.

№	Марка машины	Мощность в h.p.
1.	Damas	
2.	Nexia	
3.	Lacetti	
4.	Malibu	

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

30

Тема

1 Чему равна высота водопада, если скорость удара воды об землю равна 25 m/s?

Дано:	Формула:	Решение:
$v = 25 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ $g = 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$	$E_k = E_p \quad \frac{mv^2}{2} = mgh$ $h = \frac{v^2}{2g} \quad h = \frac{\left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{\frac{\text{N}}{\text{kg}}} = \text{m}$	$h = \frac{25^2}{2 \cdot 9,81} \text{ m} = 31,85 \text{ m}$ Ответ: $h = 31,85 \text{ m}$.
Найти: $h = ?$		

2 Человек массой 60 kg за 30 s поднялся по лестнице на высоту 12 m. Рассчитайте среднюю мощность человека.

Дано:	Формула:	Решение:
$m = 60 \text{ kg}$ $h = 12 \text{ m}$ $t = 30 \text{ s}$ $g = 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$	$E_p = A \quad mgh = Nt$ $N = \frac{mgh}{t}$ $[N] = \frac{\text{kg} \cdot \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot \text{m}}{\text{s}} = \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{s}} = \frac{\text{J}}{\text{s}} = \text{W}$	$N = \frac{60 \cdot 9,81 \cdot 12}{30} \text{ W} \approx 235 \text{ W}$ Ответ: $N \approx 235 \text{ W}$.
Найти: $N = ?$		



Упражнение 21

- 1 Выразите мощность в ваттах(W): 1) 5 kW, 2) 0,4 kW, 3) 0,05 MW, 4) 0,002 MW.
- 2 Груз какой массы сможет поднять подъёмный кран мощностью 8 kW со скоростью 0,5 m/s?
- 3 При подъёме груза кран мощностью 8 kW совершил полезную работу, равную 240 kJ. Найдите время равномерного подъёма груза.
- 4 Машина с силой тяги 4 kN движется со скоростью 90 km/h. Определите её мощность.
- 5 Автомобиль мощностью 50 h.f., двигаясь равномерно, за 30 s проехал путь, равный 0,6 km. Определите силу тяги автомобиля.

ЗАДАНИЯ ПО ГЛАВЕ НА ЛОГИЧЕСКОЕ МЫШЛЕНИЕ

Дворец водных видов спорта

Бассейн дворца водных видов спорта заполняется 240 тоннами воды.

Длина бассейна 15 м, ширина 8 м. В бассейне работает 8 насосов. Один насос способен откачать из бассейна 5 тонн воды за 10 минут.

Вопрос 1. Чему равна глубина бассейна?

Вопрос 2. За какое время все насосы, работая одновременно, откачают всю воду из бассейна?

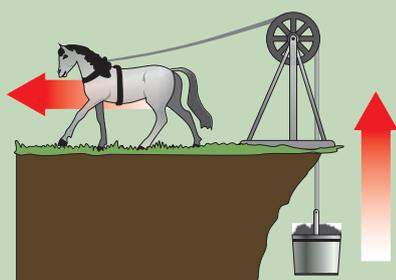
Вопрос 3. Сколько понадобится таких насосов, чтобы откачать из него всю воду за 0,5 h?



Лошадиная сила

Когда говорят о машинах, очень часто применяют понятие «лошадиная сила». Итак, что же означает лошадиная сила и с каких пор применяется это выражение?

Понятие «лошадиная сила» означает не силу, а мощность. Известный физик Джеймс Уатт обнаружил то, что одна лошадь с помощью каната, перекинутого через блок, в среднем за 1 минуту может поднять 330 фунтов угля (150 kg) из шахты глубиной 100 футов (30 m). Если говорить кратко, то лошадь может тянуть груз массой 75 kg со скоростью 1 m/s. Если эту работу преобразовать в мощность, то она будет равна примерно 1 лошадиной силе. В 1960 г. в системе СИ величина мощности, равная 736 W, была обозначена как 1 h.f.



Вопрос 1. Сколько нужно привязать вместе лошадей, чтобы тянуть груз массой 750 kg с глубины 60 m со скоростью 1 m/s?

Вопрос 2. Охарактеризуйте машину мощностью 20 h.f.

Вопрос 3. Какую работу выполняет двигатель машины мощностью 45 h.f. за 1 минуту?

ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ ПО ГЛАВЕ II

Примечание: примите g на поверхности Земли, равное $9,81 \text{ N/kg}$.

1 Даны три одинаковых сосуда: в первый сосуд залита вода, во второй – растительное масло, в третий – мёд. В каком сосуде масса вещества наибольшая?

А) в третьем В) в первом С) во втором

2 Прибор, измеряющий плотность жидкости, называется

А) мензурка В) динамометр С) ареометр

3 Даны три одинаковых сосуда: в первый сосуд залита вода, во второй – растительное масло, в третий – мёд. В каком сосуде масса вещества равна 1 kg ?

А) во втором В) в первом С) в третьем

4 На заправке в машину залили 40 l топлива. Насколько при этом увеличилась её масса? Плотность бензина равна 700 kg/m^3 .

А) 40 kg В) 12 kg С) 28 kg

5 Мальчик массой 40 kg в одной руке держит груз массой 4 kg , в другой 6 kg . С какой силой давит мальчик на поверхность земли?

А) $431,64 \text{ N}$ В) $490,5 \text{ N}$ С) $451,26 \text{ N}$

6 Птица массой $0,8 \text{ kg}$ сидит на ветке дерева. С какой силой птица действует на нее?

А) $7,848 \text{ N}$ В) $8,45 \text{ N}$ С) $7,128 \text{ N}$

7 Какое давление оказывает на землю мальчик массой 32 kg ? Площадь подошвы пары обуви примите за 160 cm^2 .

А) 18390 N В) 19620 N С) 17450 N

8 Аквариум с длиной основания 40 cm и шириной основания 30 cm заполнен водой. Масса аквариума вместе с водой равна 60 kg .

Какое давление оказывает аквариум на поверхность?

А) 4905 Pa

В) 5495 Pa

С) 5345 Pa

9 Глубина воды в бассейне $3,5 \text{ m}$. Чему равно гидростатическое давление воды на дно бассейна?

А) 25365 Pa

В) 45245 Pa

С) 34335 Pa

10 Атмосферное давление на уровне моря равно 760 mm Hg . Чему будет равно атмосферное давление (mm Hg) при подъёме на высоту 384 m ?

А) 716

В) 744

С) 728

11 Определите массу воздуха (kg) в комнате размерами $6 \times 7 \times 3 \text{ m}$. Плотность воздуха примите равной $1,29 \text{ kg/m}^3$.

А) 120

В) $154,8$

С) 93

12 С помощью какого прибора измеряется объём тела неправильной формы?

А) весы

В) мензурка

С) ареометр

13 Укажите название и направление силы притяжения тела к Земле.

А) сила упругости, вертикально

В) сила тяжести, перпендикулярно Земле

С) сила тяжести, горизонтально

14 Физическая величина, характеризующая способность тел совершать работу, называется,

А) энергия

В) механическая работа

С) механическая энергия

Глава III

ТЕПЛОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ

Явления, происходящие с нагреванием тела, его охлаждением или при переходе из одного агрегатного состояния в другое, называются тепловыми явлениями.

Источники тепла



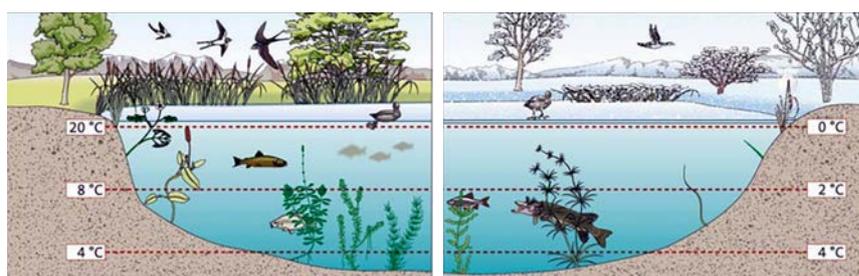
В этой главе мы с вами рассмотрим такие понятия, как тепловые явления, естественные и искусственные источники тепла, внутренняя энергия, способы теплопередачи, количество теплоты, теплоёмкость, удельная теплота сгорания топлива, испарение, конденсация, кипение, удельная теплота парообразования, плавление и отвердевание твёрдых тел, удельная теплота плавления.

Как и механические, тепловые явления являются очень распространёнными явлениями в природе.

Тепловые явления играют существенную роль в жизни людей, животного и растительного мира.

Тепло появляется вследствие движения. При трении ладоней друг о друга они нагреваются, дерево, трущееся друг о друга, тоже нагревается. Если по железу постучать молотком, то оно тоже нагреется. При прекращении движения тел процесс нагрева останавливается и тело охлаждается. Значит, тепло появляется вследствие движения и переходит от одного тела к другому.

Тепло играет очень важную роль в животном мире. Например, птицы улетают в тёплые края, водные животные тоже плывут к теплу. При нагревании или охлаждении тел меняются их свойства, размеры и форма. К примеру, возьмём резину: при нагреве она становится мягче (плавится), а при охлаждении – отвердевает. Если её заморозить, то она станет хрупкой как стекло. При малейшем ударе она может рассыпаться на мелкие кусочки. Мы видим, что свойства тела меняются при изменении его температуры. Эти данные свидетельствуют о важности изучения законов тепловых явлений.



ВНУТРЕННЯЯ ЭНЕРГИЯ

31
Тема

Внутренняя энергия, способы изменения внутренней энергии, теплопередача, превращение механической энергии во внутреннюю энергию

Вы уже ознакомились с двумя видами механической энергии: потенциальной и кинетической. Рассмотрим ещё один вид энергии – внутреннюю энергию.

Внутренняя энергия. Все вещества, например, воздух, состоят из мелких частиц, которые находятся в непрерывном движении, а значит, обладают кинетической энергией. В результате того, что между частицами возникают силы притяжения и отталкивания, они располагаются на определённом расстоянии друг от друга. Вследствие взаимодействия частиц возникает и потенциальная энергия. Это значит, что вещество обладает сразу двумя энергиями: и кинетической, и потенциальной.



Сумму кинетической энергии движения и потенциальной энергии взаимодействия частиц, из которых состоит тело, называют внутренней энергией тела.

Понятие **внутренняя энергия** на английском языке звучит как *internal energy*.

Внутренняя энергия обозначается буквой U . Если представить, что тело состоит из N числа частиц, то из определения можно вывести следующую формулу:

$$U = N \cdot E_k + N \cdot E_p \quad (1)$$

При нагревании за счёт увеличения кинетической энергии движения частиц, составляющих тело, возрастает и внутренняя энергия. При охлаждении кинетическая энергия движущихся частиц, составляющих тело, уменьшается, поэтому и внутренняя энергия будет тоже уменьшаться. Видно, что при изменении температуры тела меняется его внутренняя энергия.

Внутреннюю энергию тела можно изменить и внешним воздействием на него.

Первый способ. Изменение внутренней энергии за счёт совершения работы.



Возьмём стальную проволоку длиной 30 см и сложим её пополам. Вернём проволоку обратно в первоначальное состояние. Сгибая и разгибая проволоку несколько раз можно заметить, что место сгиба нагревается. Это свидетельствует о том, что внутренняя энергия проволоки увеличилась. Значит, если над телом совершать работу, то можно изменить внутреннюю энергию.

Второй способ. Изменение внутренней энергии тела с помощью теплопередачи.



Рис. 3.1

Если сверху горячего тела положить тело, температура которого ниже, то через некоторое время можно почувствовать, как холодное тело нагрелось. Значит, тепло передано от первого (горячего) тела второму (холодному). Этот процесс показывает, что без всякого совершения механической работы внутренняя энергия тела передаётся от одной части к другой.

Процесс изменения внутренней энергии тела без совершения работы над ним называется теплопередачей.

Итак, внутреннюю энергию тела можно изменить двумя способами: совершением механической работы или путём теплопередачи. Например, на рис.3.1 показано применение теплопередачи для обогрева помещения.

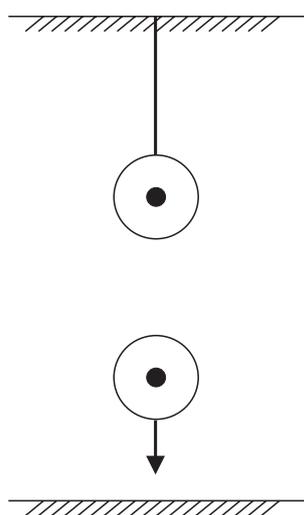


Рис. 3.2

Преобразование механической энергии во внутреннюю

Рассмотрим следующий пример превращения энергии. Над поверхностью земли на определённой высоте висит свинцовый шар. Известно, что на него действует сила притяжения, и это видно по натяжению нити, на которую он подвешен (рис.3.2). Значит, шар, находящийся на высоте от земли, обладает потенциальной энергией. Если оборвать нить, то шар начнёт падать вниз. По мере приближения к поверхности земли увеличивается его скорость. При этом возрастает энергия движения, т.е. кинетическая энергия шара. Потенциальная энергия шара становится всё меньше и меньше, а кинетическая растёт. При падении шара на землю он остановился: и кинетическая, и потенциальная энергии будут равны нулю.

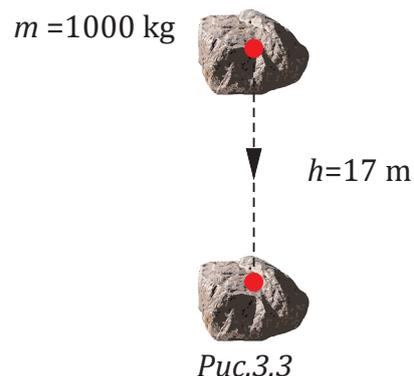
Возникает вопрос: неужели механическая энергия, которой обладал до этого шар, бесследно исчезла?

Нет, механическая энергия не исчезает. Рассматривая шар после удара о землю, можно заметить, что он нагрелся.

Вывод: механическая энергия тела не исчезла, она превратилась из одного вида энергии в другой, а именно во внутреннюю энергию шара.

Оценивание внутренней энергии тела

Давайте рассмотрим на примере как можно оценить внутреннюю энергию тела. При комнатной температуре энергия одной молекулы кислорода приблизительно равна $6,2 \cdot 10^{-21}$ J. Давайте рассчитаем, чему же будет равна внутренняя энергия молекул, составляющих объём 1 м^3 , если при нормальном атмосферном давлении 1 м^3 воздуха содержится примерно $2,7 \cdot 10^{25}$ молекул кислорода. Энергией взаимодействия молекул в газах пренебрежем, т.е. $E_n = 0$.



Дано:	Формула:	Решение:
$E_k = 6,2 \cdot 10^{-21}$ J $E_n = 0$ $N = 2,7 \cdot 10^{25}$	$U = N \cdot E_k + N \cdot E_n$ $[U] = \text{J}$	$U = 2,7 \cdot 10^{25} \cdot 6,2 \cdot 10^{-21} \text{ J} = 16,74 \cdot 10^4 \text{ J}$ Ответ: $U = 167,4 \text{ кJ}$.
Найти: $U = ?$		

Полученная энергия 167,4 кJ является очень большой энергией, она равносильна потенциальной энергии тела массой 1000 kg, поднятого на высоту 17 m (рис.3.3), т.е. $U_{\text{газа}} = mgh_{\text{тела}}$



1. Внутренней энергией тела называют сумму кинетической энергии движения и потенциальной энергии взаимодействия частиц, из которых состоит тело.
2. Внутренняя энергия тела не равна нулю.
3. Внутреннюю энергию тела можно изменить двумя способами: совершением механической работы или путём теплопередачи.
4. Механическая энергия тела не исчезает, она превращается из одного вида энергии в другой.



1. Какие способы использования внутренней энергии вы знаете?
2. Что вы можете посоветовать по сохранению тепла в доме в холодные дни?
3. Объясните на примерах процесс превращения энергии из одного вида в другой.
4. Приведите примеры естественных и искусственных источников тепла. В чём отличия?
5. Как меняется внутренняя энергия воды при её замерзании?



32

Тема

КОЛИЧЕСТВО ТЕПЛОТЫ

Какая часть тепла может передаваться от одного тела другому?



Количество теплоты, удельная теплоёмкость

Процесс изменения внутренней энергии без совершения работы над телом называется теплопередачей или теплообменом.



А. Цельсий
(1701–1744)

Энергия, которую тело получает или отдает при теплопередаче, называется количеством теплоты.

Количество теплоты обозначается буквой Q . За единицу измерения в Международной системе единиц (СИ) принят джоуль (J).

Энергетическая ценность продуктов питания измеряется в калориях. 1 калория (кал) $\approx 4,2$ J.

За 1 калорию принято такое количество теплоты, которое необходимо для нагревания 1 g чистой воды на 1 °C.

Если температура тела изменила свои показания от температуры t_1 до температуры t_2 , то количество теплоты, которое тело отдаёт или забирает вследствие теплопередачи, находится по следующей формуле:

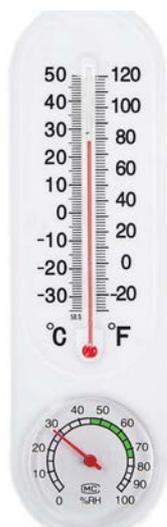
$$Q = mc(t_2 - t_1) \quad (1)$$

Здесь, m – масса тела, c – коэффициент пропорциональности, называемый удельной теплоёмкостью вещества.

Физическая величина, показывающая, какое количество теплоты требуется для изменения температуры вещества массой 1 kg на 1 °C, называется удельной теплоёмкостью.

Удельная теплоёмкость вещества обозначается буквой c . За единицу измерения в Международной системе единиц (СИ) принята $[c] = 1 \text{ J}/(\text{kg}\cdot^\circ\text{C})$.

Удельная теплоёмкость зависит от рода вещества, значения её для разных веществ – различны, и они определяются на опытах.



В таблице приведены значения удельной теплоёмкости для некоторых веществ.

№	Вещество	Удельная теплоёмкость, $\left(\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}\right)$	№	Вещество	Удельная теплоёмкость, $\left(\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}\right)$
1	Вода	4200	6	Серебро	230
2	Свинец	130	7	Лёд	2100
3	Медь	380	8	Керосин	2140
4	Железо	460	9	Чугун	540
5	Алюминий	880	10	Олово	230

Как видно из таблицы, удельная теплоёмкость воды равна $c = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$. Физический смысл этого выражения состоит в том, что если вода массой 1 kg получит или отдаст 4200 J энергии, то её температура изменится на 1 градус.

Примеры решения задач

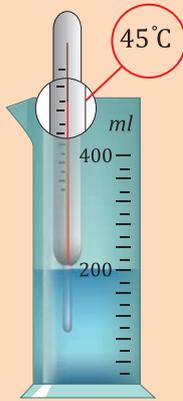
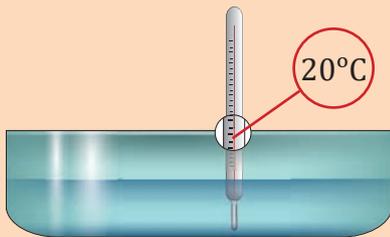
1 Какое количество теплоты получает железное тело массой 0,5 kg при нагревании его от 10 °C до 310 °C ?

Дано:	Формула:	Решение:
$m = 0,5 \text{ kg}$ $c = 460 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$ $t_1 = 10 \text{ }^\circ\text{C}$ $t_2 = 310 \text{ }^\circ\text{C}$ Найти: $Q = ?$	$Q = mc(t_2 - t_1)$ $[Q] = \text{kg} \cdot \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot ^\circ\text{C} = \text{J}$	$Q = 0,5 \cdot 460 \cdot (310 - 10) \text{ J} = 69000 \text{ J}$ Ответ: $Q = 69 \text{ kJ}$.

2 До какой температуры нагрелось 0,5 l воды, взятой при температуре 17 °C, если ей от водонагревателя подаётся количество теплоты, равное 126 kJ?

Дано:	Формула:	Решение:
$t_1 = 17 \text{ }^\circ\text{C}$ $V = 0,5 \text{ l} = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ $Q = 126 \cdot 10^3 \text{ J}$ $c = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$ $\rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ Найти: $t_2 = ?$	$m = \rho \cdot V$ $[m] = \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \text{m}^3 = \text{kg}$ $Q = mc(t_2 - t_1)$ $t_2 = t_1 + \frac{Q}{c \cdot m}$ $[t] = \frac{\text{J}}{\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot \text{kg}} = ^\circ\text{C}$	$m = 1000 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ kg} = 0,5 \text{ kg}$ $t_2 = 17^\circ\text{C} + \frac{126 \cdot 10^3}{4200 \cdot 0,5} \text{ }^\circ\text{C} = 77^\circ\text{C}$ Ответ: $t_2 = 77^\circ\text{C}$.

Растительное масло залили в мензурку и нагрели. Какое количество теплоты оно получило? Удельная теплоёмкость растительного масла равна $1800 \text{ J}/(\text{kg}\cdot^\circ\text{C})$.



1. Энергия, которую тело получает или отдает при теплопередаче, называется количеством теплоты.

2. За единицу измерения количества теплоты в Международной системе единиц (СИ) принят джоуль (J).

3. Энергия, которую тело получает или отдает при теплопередаче, прямо пропорциональна его массе, удельной теплоёмкости и разности температур, т.е. $Q = mc(t_2 - t_1)$

4. В теплоизолированной системе при теплообмене количество теплоты, выделяющееся нагретыми телами, равно количеству теплоты, поглощаемому холодными телами.

5. Энергетическую ценность продуктов питания принято измерять в калориях.



1. Какими способами можно повысить температуру тела?

2. Удельная теплоёмкость свинца равна $130 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot^\circ\text{C}}$. Что означает это число?

3. По какой причине дно пиал, чашек и заварочных чайников делается глубоким?



Задача на логическое мышление



Рис.3.5

Азиза почувствовала себя плохо. Мать, измерив её температуру, поняла, что температура высокая, и вызвала «Скорую помощь». Станция «Скорой помощи» находится в 18 km от дома Азизы. До приезда врача мать поила её тёплой водой. «Скорая помощь» приехала через 15 минут. По приезде врача состояние Азизы было намного лучше. Врач спросил у матери, принимала она или нет какие-нибудь лекарства. Мать ответила, что давала только теплую воду. На что врач ответил: «Вы оказали правильную первую помощь».

Вопрос 1: с какой средней скоростью ехала «Скорая помощь»?

Вопрос 2: определите по рисунку температуру Азизы.

Вопрос 3: в чём польза тёплой воды?

Вопрос 4: какие виды медицинских термометров вы знаете?

ПРОЕКТНАЯ РАБОТА

Изучение теплопроводности

Как можно максимально долго сохранить горячую воду?

В обыденной жизни для продолжительного сохранения горячих и холодных напитков применяется термос. Термос устроен так, что теплообмен его содержимого с окружающей средой сведён к минимуму.

Строение термоса: как показано на рисунке, состоит из колбы с двойными стенками (1). Внутренняя поверхность сосуда покрыта слоем блестящего металла, и между стенками колбы создаётся вакуум, что мешает охлаждению (нагреванию) жидкости. Во избежание поломки сверху стеклянная колба термоса окружена защитным металлическим корпусом (2). Колба оснащена узкой горловиной с пробкой (3), благодаря чему потери тепла происходят менее интенсивно.

Применяя оборудование, указанное ниже, изготовьте термос.

Необходимое оборудование: 2 стеклянных стакана, 2 пластиковые бутылки разного объёма, алюминиевая фольга, ножницы, водонагреватель, термометр, воронка, скотч, вода, пластиковая бутылка с крышкой.

По окончании приготовления термоса проведите следующий опыт.

1. Налейте воду в водонагреватель и немного подогрейте её.

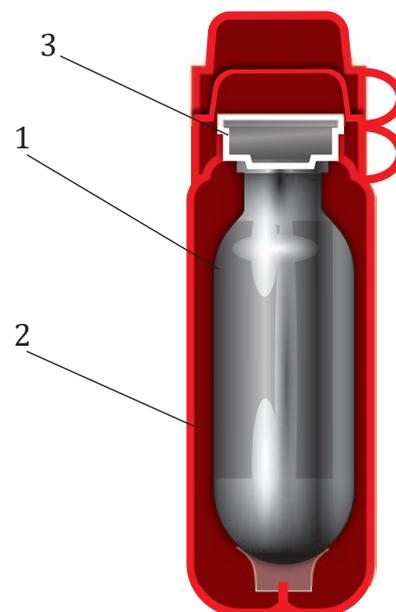
2. Налейте одинаковое количество горячей воды в оба стакана и измерьте температуру.

3. Влейте воду из одного стакана в самодельный термос, а из второго стакана в пластиковую бутылку с крышкой. Оставьте их в одинаковых условиях.

4. Примерно через час слейте в стаканы воду из термоса и пластиковой бутылки.

5. Измерьте температуру воды в стаканах.

Сделайте выводы.





33

Тема

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

1 При нагревании металла массой 100 г от 20 °С до 130 °С им поглощается количество теплоты, равное 4180 J. Определите удельную теплоёмкость этого металла.

Дано:	Формула:	Решение:
$m = 0,1 \text{ kg}$ $Q = 4180 \text{ J}$ $t_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ $t_2 = 130 \text{ }^\circ\text{C}$	$Q = mc(t_2 - t_1)$ $c = \frac{Q}{m(t_2 - t_1)}$ $[c] = \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{ }^\circ\text{C}}$	$c = \frac{4180 \text{ J}}{0,1 \cdot (130 - 20) \text{ kg} \cdot \text{ }^\circ\text{C}} = 380 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{ }^\circ\text{C}}$ <p>Ответ: $c = 380 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{ }^\circ\text{C}}$.</p>
<p>Найти:</p> $c = ?$		

2 В сосуде объёмом 20 л находится вода при температуре 45 °С, а в сосуде объёмом 30 л – вода температурой 20 °С. Определите количество теплоты в каждом сосуде и сравните их.

Дано:	Формула:	Решение:
$V_1 = 20 \text{ l} = 20 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ $V_2 = 30 \text{ l} = 30 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ $t_1 = 45 \text{ }^\circ\text{C}$ $t_2 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ $c = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{ }^\circ\text{C}}$ $\rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	$m = \rho \cdot V$ $Q = mc(t_2 - t_1)$ $(t_2 - t_1) = \frac{Q}{mc}$ $[m] = \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \text{m}^3 = \text{kg}$ $[Q] = \text{kg} \cdot \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{ }^\circ\text{C}} \cdot \text{ }^\circ\text{C} = \text{J}$ $[t] = \frac{Q}{mc} = \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{ }^\circ\text{C}}} = \text{ }^\circ\text{C}$	<p>Рассчитаем массу воды по объёму сосуда:</p> $m_1 = \rho V_1 = 1000 \cdot 20 \cdot 10^{-3} \text{ kg} = 20 \text{ kg}$ $m_2 = \rho V_2 = 1000 \cdot 30 \cdot 10^{-3} \text{ kg} = 30 \text{ kg}$ <p>Количество теплоты воды при температуре t_1:</p> $Q_1 = m_1 c t_1 = 20 \cdot 4200 \cdot 45 \text{ J} = 3780000 \text{ J}$ <p>Количество теплоты воды при температуре t_2:</p> $Q_2 = m_2 c t_2 = 30 \cdot 4200 \cdot 20 \text{ J} = 2520000 \text{ J}$ <p>Ответ: количество теплоты воды в первом сосуде больше, чем во втором.</p>
<p>Найти:</p> $Q_1 = ?$ $Q_2 = ?$		

3 В сосуде объёмом 4 л находится кипяток при температуре 100°С. По истечении некоторого времени в пространство выделилось 672 кJ энергии, и вода в сосуде остыла. Определите конечную температуру воды.

Дано:	Формула:	Решение:
$V = 4 \text{ л} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ $t_1 = 100 \text{ }^\circ\text{C}$ $Q_{\text{в}} = 672000 \text{ Дж}$ $c = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{ }^\circ\text{C}}$ $\rho = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	$m = \rho \cdot V$ $Q = mc(t_2 - t_1)$ $(t_2 - t_1) = \frac{Q}{mc}$ $[m] = \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \text{м}^3 = \text{кг}$ $[Q] = \text{кг} \cdot \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{ }^\circ\text{C}} \cdot \text{ }^\circ\text{C} = \text{Дж}$ $[t] = \frac{Q}{mc} = \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{ }^\circ\text{C}}} = \text{ }^\circ\text{C}$	<p>Рассчитаем массу воды по объёму сосуда:</p> $m_1 = \rho V_1 = 1000 \cdot 4 \cdot 10^{-3} \text{ кг} = 4 \text{ кг}$ <p>Количество теплоты воды при температуре t_1:</p> $Q_1 = m_1 c t_1 = 4 \cdot 4200 \cdot 100 = 1680000 \text{ Дж}$ <p>Количество оставшейся теплоты, после выделения энергии в пространство:</p> $Q = Q_1 - Q_{\text{в}} = 1680000 \text{ Дж} - 672000 \text{ Дж} = 1008000 \text{ Дж}$ <p>Из формулы количества теплоты следует:</p> $Q = m c t_2$ <p>Отсюда $t_2 = \frac{Q}{m c} = \frac{1008000}{4 \cdot 4200} = 60 \text{ }^\circ\text{C}$</p> <p>Ответ: $t_2 = 60 \text{ }^\circ\text{C}$.</p>
<p style="color: red;">Найти:</p> $t_2 = ?$		



Упражнение 22

1 Какое количество теплоты необходимо для нагревания алюминиевого тела массой 200 г от 20 °С до 300 °С?

2 Медную деталь остудили от 420 °С до 40 °С. Определите, какое количество теплоты выделилось в пространство, если объём детали равен 200 см³.

3 При нагревании тела массой 3 кг от 20 °С до 500 °С им поглотилось количество теплоты, равное 1267,2 кДж. Определите, из какого вещества изготовлено тело.

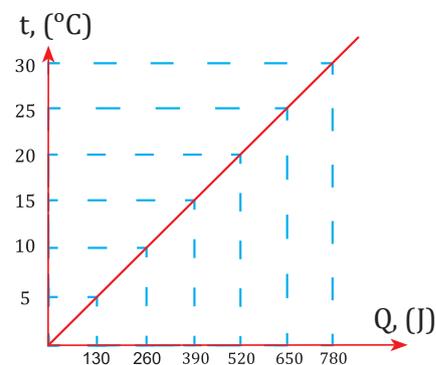
4 При нагревании тела массой 2,5 кг от 28 °С до 100 °С им поглотилось количество теплоты, равное 68,4 кДж. Определите, из какого вещества изготовлено тело.

5 Какое количество теплоты необходимо на нагревание воды от 17 °С до 30 °С в бассейне длиной 5 м, шириной 3 м и глубиной 2 м?

6 Какое количество теплоты нужно подать воде объёмом 1,5 л при начальной температуре 20 °С, чтобы довести её до кипения?

7 Для тела массой 200 г показана зависимость изменения количества теплоты от температуры. Определите по графику, из какого вещества изготовлено тело.

8 В сосуде объёмом 2 л находится кипяток при температуре 100 °С. Какая температура установится в сосуде, если вследствие теплопередачи в пространство выделилось 40 % количества теплоты?



34

Тема

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ

Наблюдение теплообмена при смешивании воды разной температуры



Цель работы: сравнить количество теплоты, отданное горячей водой и полученное холодной водой при теплообмене.

Необходимое оборудование: две пластиковые стаканчики, термометр, мензурка, нагреватель, вода.

До начала проведения практического занятия перечертите таблицу в тетрадь.

№	$m_1, (kg)$	$t_1, (°C)$	$m_2, (kg)$	$t_2, (°C)$	$t, (°C)$	$c, (J/(kg·°C))$	$Q_1, (J)$	$Q_2, (J)$
1								
2								



1. Нагрейте воду с помощью нагревателя.
2. Налейте в мензурку горячую воду. Используя показания мензурки, рассчитайте массу (m_1) горячей воды. Показания запишите в таблицу.
3. Перелейте горячую воду из мензурки в один из пластиковых стаканчиков измерьте с помощью термометра температуру горячей воды (t_1). Показания запишите в таблицу.
4. Налейте в мензурку холодную воду. Используя показания мензурки, рассчитайте массу (m_2) холодной воды. Показания запишите в таблицу.
5. Перелейте холодную воду из мензурки во второй пластиковый стаканчик и измерьте с помощью термометра температуру холодной воды (t_2). Показания запишите в таблицу.
6. Поверх горячей воды в первый стаканчик залейте холодную воду из второго и, выждав 1 минуту, с помощью термометра измерьте температуру смеси (t). Показания запишите в таблицу.
7. По формуле $Q_1 = m_1 c(t_1 - t)$ определите количество теплоты, отданное горячей водой. Здесь за c возьмите удельную теплоёмкость воды. Результаты запишите в таблицу.
8. По формуле $Q_2 = m_2 c(t - t_2)$ определите количество теплоты, полученное холодной водой. Результаты запишите в таблицу.
9. Сравните количество теплоты, отданное горячей водой Q_1 и полученное холодной водой Q_2 при теплообмене. На основании результатов опыта сделайте выводы и запишите их в тетрадь.

УДЕЛЬНАЯ ТЕПЛОТА СГОРАНИЯ ТОПЛИВА

Почему при сгорании таких видов топлива, как древесина, уголь, природный газ и бензин, в пространство выделяется тепло?

35

Тема



Количество теплоты, удельная теплота сгорания топлива

В зимний период широко используются такие топливные продукты, как уголь, газ, сухие дрова. Различные виды топлива одинаковой массы при полном сгорании выделяют разную теплоту. Например, при полном сгорании 1 kg сухой древесины выделяется в 3 раза меньше тепла, чем при сгорании 1 kg угля, и в 4 раза меньше, чем при сгорании 1 kg природного газа. Поэтому для тепловых электростанций эффективней использовать в качестве топлива уголь или газ, чем сухую древесину.

Физическая величина, показывающая, какое количество теплоты выделяется при полном сгорании топлива массой 1 kg, называется удельной теплотой сгорания топлива.

Удельная теплота сгорания топлива обозначается буквой q . Чтобы вычислить количество теплоты Q , выделяющееся при полном сгорании топлива любой массы m , нужно удельную теплоту сгорания топлива умножить на массу сгоревшего топлива:

$$Q = q \cdot m \quad (1)$$

Здесь Q – количество теплоты, выделяющееся при сгорании топлива, q – удельная теплота сгорания топлива, m – масса топлива.

Различные виды топлива тоже имеют разные значения удельной теплоты сгорания. Её вычисляют по следующей формуле:

$$q = \frac{Q}{m} \quad (2)$$

За единицу измерения удельной теплоты сгорания топлива в международной системе единиц (СИ) принята $\frac{\text{J}}{\text{kg}}$.



В таблице приведены значения удельной теплоты сгорания топлива для некоторых веществ.

№	Вещество	Удельная теплота сгорания, ($\frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$)	№	Вещество	Удельная теплота сгорания, ($\frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$)
1	Бензин	46	5	Уголь	29
2	Керосин	46	6	Спирт	29
3	Газ	44	7	Сухие дрова	10
4	Дизельное топливо	42	8	Порох	3,8

Из таблицы видно, что удельная теплота сгорания угля равна $q = 29\,000\,000 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$. Это значит, что при сгорании 1 kg угля выделяется количество теплоты, равное 29 000 000 J.

Уголь, нефть, бензин и другие виды топлива содержат атомы углерода. Во время горения атом углерода соединяется с молекулой кислорода, образуя при этом молекулу углекислого газа (CO_2). При образовании углекислого газа выделяется тепло (рис.3.6).

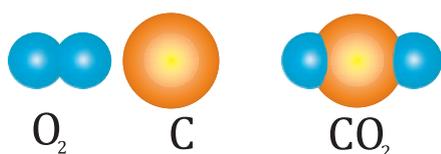


рис.3.6

Из года в год в мире стремительно растут показатели тепловых электростанций и тепловых двигателей. Ежегодно в качестве топлива используются в среднем миллиарды тонн угля и нефтепродуктов. В результате в атмосферу выбрасывается большое количество углекислого газа, что приводит к загрязнению воздуха и другим проблемам охраны природы.



1. Удельная теплота сгорания топлива – это величина, численно равная количеству теплоты, выделяющемуся при полном сгорании топлива массой 1 kg.

2. При сгорании различных видов топлива выделяется разная теплота. Для определённого вида топлива удельная теплота сгорания топлива имеет постоянное значение.

3. Количество теплоты, выделяющееся при сгорании топлива, прямо пропорционально массе топлива, т.е. $Q = m \cdot q$.

4. При сгорании топлива в окружающую среду выделяются различные вредные газы.

Примеры решения задач

1 При полном сгорании природного газа выделяется 66 МДж теплоты. Чему равна масса газа?

Дано:	Формула:	Решение:
$Q = 66 \text{ МДж} = 66 \cdot 10^6 \text{ Дж}$ $q = 44 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$	$Q = q \cdot m$ $m = \frac{Q}{q}$	$m = \frac{66 \cdot 10^6}{44 \cdot 10^6} \text{ кг} = 1,5 \text{ кг}$ Ответ: $m = 1,5 \text{ кг}$.
Найти: $m = ?$	$[m] = \frac{\text{кг}}{\text{Дж}} \cdot \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} = \text{кг}$	

2 Сколько сухих дров необходимо сжечь, чтобы выделилось столько же теплоты, сколько выделяется при сгорании 20 кг угля?

Дано:	Формула:	Решение:
$m_1 = 20 \text{ кг}$ $q_1 = 29 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$ $q_2 = 10 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$	$Q_1 = Q_2$ $m_1 \cdot q_1 = m_2 \cdot q_2$ $m_2 = \frac{m_1 \cdot q_1}{q_2}$	$m_2 = \frac{m_1 \cdot q_1}{q_2} = \frac{20 \text{ кг} \cdot 29 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}}{10 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}} = 58 \text{ кг}$ Ответ: $m_2 = 58 \text{ кг}$.
Найти: $m_2 = ?$	$[m_2] = \frac{\text{кг}}{\text{Дж}} \cdot \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} = \text{кг}$	



1. Что вы понимаете под теплотой сгорания топлива?
2. Почему сырая древесина горит, потрескивая?
3. Как вы думаете, что нужно сделать, чтобы уменьшить выброс в атмосферу вредных газов?
4. Какую бы вы провели работу в своём районе по охране и защите природы?



Упражнение 23

- 1 Какое количество теплоты выделится при полном сгорании угля массой 5 кг?
- 2 В каком количестве необходимо взять сухие дрова, чтобы при их сгорании выделилось 45 МДж теплоты?
- 3 Чему равно количество теплоты, выделяемое при полном сгорании 10 л бензина?
- 4 Какое количество теплоты выделится при полном сгорании 10 г пороха?
- 5 Определите массу угля, при сгорании которого выделяется 116 МДж теплоты.

36

Тема

ПАРООБРАЗОВАНИЕ И КОНДЕНСАЦИЯ. КИПЕНИЕ



Парообразование, конденсация, кипение, сублимация и удельная теплота парообразования, кипение, температура кипения

Количество жидкости (например, воды) в закрытом сосуде не меняется длительное время. В открытом сосуде её количество со временем уменьшается. В чём причина?

Процесс перехода вещества из жидкого или твёрдого состояния в газообразное называется парообразованием.



Большинство людей при сушке волос используют фен. Фен ускоряет процесс парообразования.

Во-первых, он передаёт тепловую энергию прядям волос, и частички воды с них испаряются. Во-вторых, отдаляет от волос испаряющиеся частички воды.

Человек потеет во время физической нагрузки, при занятиях спортом или при пробежке. Во время потоотделения частицы воды испаряются с нашего тела, и в итоге оно остывает. Почему охлаждается тело?

Для испарения частицам воды необходима энергия. Они забирают эту энергию с нашего кожного покрова и охлаждают нас.

Некоторые вещества, например, кристаллы нафталина, при нагревании из твёрдого состояния переходят сразу в парообразное, минуя стадию плавления.

Переход вещества из твёрдого состояния сразу в парообразное называется сублимацией.

Запах нафталина является примером сублимации.

Пары таких веществ при охлаждении сразу отвердевают, не разжижаясь.

«Дым» на сцене

Представьте себе, что вы с вашей семьёй находитесь в концертном зале. Вдруг с обеих сторон сцены начал распространяться дым. Возникает естественный вопрос: откуда взялся дым на сцене?



Этот «дым» на сцене образуется вследствие сублимации углекислого газа (карбонат ангидрид). Углекислый газ при температуре ниже $-78,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ находится в твёрдом состоянии. При температуре выше $-78,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ твёрдый углекислый газ переходит в газообразное состояние. Жидкого состояния этого вещества не существует.

Процесс сублимации охлаждает окружающий воздух, при этом частицы воды конденсируются вокруг частиц углекислого газа в воздухе. В результате образуются мелкие капли воды, которые и бросаются нам в глаза в виде «дыма» на сцене.

При испарении с поверхности жидкости покидающие её частицы «забирают» с собой энергию. Жидкость начинает охлаждаться. Для поддержания постоянной температуры жидкости ей необходимо подавать тепловую энергию.

Количество теплоты $Q_{\text{пар}}$, необходимое для полного испарения жидкости, прямо пропорционально массе жидкости.

Это записывается следующим образом:

$$Q_{\text{пар}} = r \cdot m \quad (1)$$

Здесь r – коэффициент пропорциональности, называющийся удельной теплотой парообразования. Его значение зависит от рода вещества и имеет следующую формулировку:

Количество теплоты, необходимое для превращения 1 kg жидкости в пар при постоянной температуре, называется удельной теплотой парообразования.

$$r = \frac{Q_{\text{пар}}}{m} \quad (2)$$

За единицу измерения удельной теплоты парообразования в Международной системе единиц (СИ) принята $[r] = \frac{\text{J}}{\text{kg}}$. При нормальных условиях на превращение 1 kg воды полностью в пар затрачивается $2,3 \cdot 10^6$ J энергии. Это значит, что удельная теплота парообразования воды равна $r = 2,3 \cdot 10^6$ J/kg.

Численные значения удельной теплоты парообразования некоторых веществ при температуре кипения и при нормальных условиях приведены в таблице ниже.



№	Вещество	Удельная теплота парообразования ($\frac{J}{kg}$)
1	Олово	$3 \cdot 10^6$
2	Вода	$2,3 \cdot 10^6$
3	Цинк	$1,8 \cdot 10^6$
4	Свинец	$0,86 \cdot 10^6$
5	Спирт	$0,85 \cdot 10^6$
6	Ртуть	$0,29 \cdot 10^6$
7	Бензин	$0,29 \cdot 10^6$

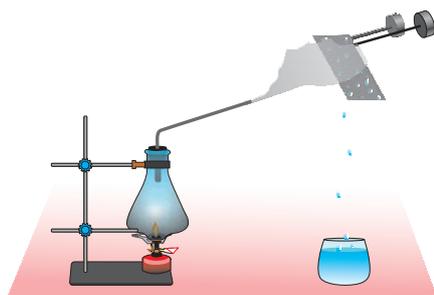
Конденсация

Почему потеет внутренняя часть окон в доме?



В помещении частицы воды и воздуха находятся в смешанном состоянии. Они рассеиваются в комнате в виде газа. Ночью частицы воды помещения, ударяясь о стекло, подвергаются воздействию холодного воздуха снаружи, и они смешиваются с другими частицами воды. В результате на оконном стекле появляются капельки воды. Этот процесс называется конденсацией. Запотевание внутренней части окон автомобилей в зимний период также является примером конденсации.

Явление превращения пара в жидкость называется конденсацией.



За счёт конденсации пара количество жидкости в закрытом сосуде не меняется.

Слово **конденсация** взято от латинского слова *condensare*, означающего «сгущать», «уплотнять».

Обычно жидкость одновременно и испаряется, и конденсируется. Конденсация пара в атмосфере объясняется образованием дождя, града, снега, тумана, росы и инея.

Согласно закону сохранения энергии, во время конденсации жидкости выделяется такое же количество энергии, что поглощается при парообразовании, и эту величину называют теплотой конденсации. Теплота конденсации определяется по формуле:

$$Q_{\text{кон}} = - Q_{\text{пар}} = - r \cdot m \quad (3)$$

Знак минус (-) в формуле указывает на выделение энергии.

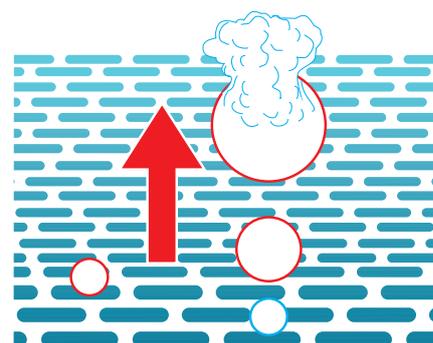
Кипение

Кипение – это тоже процесс парообразования. Испарение происходит с поверхности жидкости, а кипение – это процесс парообразования не только с поверхности, но и со всего объёма жидкости.



Процесс выделения пара со всего объёма жидкости называется кипением. Температура, при которой жидкость кипит, называется температурой кипения.

Температура кипения жидкости зависит от рода вещества и от внешнего атмосферного давления. При нормальном атмосферном давлении (760 *mm Hg.*) вода кипит при 100 °С. Нам известно, что с увеличением высоты над уровнем моря атмосферное давление понижается. Поэтому, проводя опыты, было замечено, что температура кипения воды, например, на высоте 5 km над уровнем моря, равна не 100 °С, а 82 °С. Это означает, что в горах нельзя приготовить мясо в открытом котле. Для приготовления мяса на таких высотах необходимо взять котелок с плотно прилегающей крышкой. Это увеличит давление пара под крышкой, а значит и температуру кипения жидкости в котле.



Запомните, при кипении жидкости её температура не меняется. Количество подаваемой ей теплоты расходуется на испарение жидкости.



1. Парообразование – процесс перехода вещества из жидкого или твёрдого состояния в газообразное.
2. Сублимация – процесс перехода вещества из твёрдого состояния сразу в газообразное.
3. При парообразовании жидкость охлаждается.
4. Конденсация – явление превращения пара в жидкость.
5. Кипение – процесс образования пара по всему объёму жидкости.
6. При кипении жидкости её температура не меняется.
7. Температура кипения жидкости зависит от внешнего атмосферного давления над ней.



1. Даны две тарелки с жирным и нежирным супом. Какая тарелка супа остынет быстрее? Обоснуйте ответ.
2. Некоторые чайники свистят при закипании воды. В чём причина?
3. Можно ли вскипятить воду без подогрева?



Практическое задание



1 Налейте равное количество воды в две одинаковые тарелочки. Одну из них положите в тёплое место, другую в прохладное место. Понаблюдайте за процессом испарения воды в обеих тарелочках. Объясните разницу скорости испарения.

2 С помощью пипетки капните на лист бумаги по капле воды и спирта недалеко друг от друга. Понаблюдайте за испарением. По возможности засекайте время испарения каждой капли. Какая из них испарится быстрее?

Пример решения задачи

Какое количество теплоты требуется для превращения воды массой 2 kg, взятой при температуре 10 °C, в пар?

Дано:	Формула:	Решение:
$t_1 = 10 \text{ }^\circ\text{C}$ $t_2 = 100 \text{ }^\circ\text{C}$ $m = 2 \text{ kg}$ $c = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{ }^\circ\text{C}}$ $r = 2,3 \cdot 10^6 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$	<p>Количество теплоты, необходимое для нагревания воды до кипения:</p> $Q_1 = mc(t_2 - t_1)$ $[Q] = \text{kg} \cdot \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{ }^\circ\text{C}} \cdot \text{ }^\circ\text{C} = \text{J}$ <p>Количество теплоты, необходимое для превращения воды в пар:</p> $Q_2 = m \cdot r$ <p>Общее количество израсходованной энергии:</p> $Q = Q_1 + Q_2$ $[Q] = \frac{\text{J}}{\text{kg}} \cdot \text{kg} = \text{J}$	$Q_1 = 2 \cdot 4200 \cdot (100 - 10) \text{ J} = 756\,000 \text{ J}$ $Q_2 = 2 \cdot 2,3 \cdot 10^6 \text{ J} = 4,6 \cdot 10^6 \text{ J}$ $Q = 756\,000 \text{ J} + 4\,600\,000 \text{ J} = 5\,356\,000 \text{ J}$ <p>Ответ: $Q = 5,356 \text{ MJ}$.</p>
<p>Найти: $Q = ?$</p>		



Упражнение 24

1 Какое количество теплоты требуется для превращения 1,5 kg воды, взятой при температуре кипения, полностью в пар?

2 Какое количество теплоты требуется для превращения 0,5 kg цинка, взятого при температуре кипения, полностью в пар?

3 Какое количество теплоты выделится при превращении 150 g водяного пара в воду?

4 Воду объёмом 0,7 l, находящуюся в чайнике при начальной температуре 20 °C, сначала довели до кипения, затем полностью выпарили. Какое количество теплоты получит вода в этих процессах?

ПЛАВЛЕНИЕ И ОТВЕРДЕВАНИЕ ТВЁРДЫХ ТЕЛ

Почему тает лёд?

37

Тема



Плавление и отвердевание твёрдых тел, температура плавления тела, удельная теплота плавления

В обыденной жизни мы наблюдали таяние льда, плавление свинца и пластиковых бутылок. Подавая твёрдому телу энергию, можно перевести его из твёрдого состояния в жидкое.

Переход вещества из твёрдого состояния в жидкое называется плавлением.

При непрерывной передаче энергии кристаллическому телу, его температура будет увеличиваться. Достигнув определённой температуры, тело начинает плавиться. Температура, при которой тела начинают плавиться, называется температурой плавления. Ниже приведена таблица с температурами плавления некоторых твёрдых тел.



№	Вещество	$t_e, ^\circ\text{C}$	№	Вещество	$t_e, ^\circ\text{C}$	№	Вещество	$t_e, ^\circ\text{C}$
1	Лёд	0	5	Алюминий	600	9	Чугун	1220
2	Олово	232	6	Серебро	962	10	Железо	1400
3	Свинец	327	7	Золото	1064	11	Платина	1769
4	Цинк	420	8	Медь	1083	12	Вольфрам	3387

При плавлении кристаллического тела его температура не меняется. После полного превращения твёрдого тела в жидкость температура снова начинает подниматься.

Процесс плавления кристаллического тела показан на графике рис.3.7. По графику видно, что первый участок (AB) описывает процесс нагрева кристаллического тела, второй участок (BC) – процесс его плавления и третий участок (CD) – нагрев жидкости, полученной вследствие плавления кристалла.

Количество теплоты, необходимое для превращения твёрдого тела при температуре плавления полностью в жидкость, называют теплотой плавления ($Q_{пл}$).

Теплота плавления ($Q_{пл}$), прямо пропорциональная массе расплавленного тела, также зависит от рода вещества, т.е.

$$Q_{пл} = \lambda m \quad (1)$$

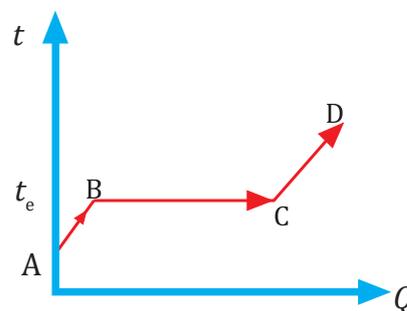


Рис. 3.7.



Здесь λ (греческая буква «лямбда»)– коэффициент пропорциональности, зависящий от рода вещества. Называется он удельной теплотой плавления вещества. Из формулы (1) можно вывести λ :

$$\lambda = \frac{Q_{пл}}{m} \quad (2)$$

За единицу измерения удельной теплоты плавления в Международной системе единиц (СИ) принята $[\lambda] = \frac{J}{kg}$.

Физическая величина, показывающая, какое количество теплоты необходимо сообщить кристаллическому телу массой 1 kg, чтобы при температуре плавления полностью перевести его в жидкое состояние, называется удельной теплотой плавления.

Ниже приведена таблица значений удельной теплоты плавления некоторых твёрдых тел.

№	Вещество	λ , kJ/kg	№	Вещество	λ , kJ/kg
1	Алюминий	380	5	Серебро	100
2	Лёд	330	6	Золото	64
3	Железо	260	7	Олово	60
4	Медь	200	8	Свинец	25

Удельная теплота плавления льда $\lambda = 330 \cdot 10^3 \frac{J}{kg}$.

Значит, для превращения куска льда массой 1 kg в воду требуется затратить $330 \cdot 10^3 J$ энергии.

Отвердевание (кристаллизация)

Если прекратить подачу тепла к расплавленному кристаллическому телу, то оно начнёт остывать. При достижении температуры плавления оно начнёт отвердевать. При отвердевании температура тела остаётся постоянной.

Процесс отвердевания показан на графике рис.3.8. Здесь $t_{кр}$ – температура отвердевания тела.

По графику видно, что первый участок (AB) описывает процесс охлаждения жидкости, второй участок (BC) – его отвердевание и третий участок (CD) – охлаждение твёрдого тела.

При отвердевании кристаллического вещества выделяется точно такое же количество теплоты, которое поглощается при его плавлении, т.е.

$$Q_{кр} = -Q_{пл} = -\lambda m \quad (3)$$

Знак минус (-) в формуле указывает на выделение энергии.

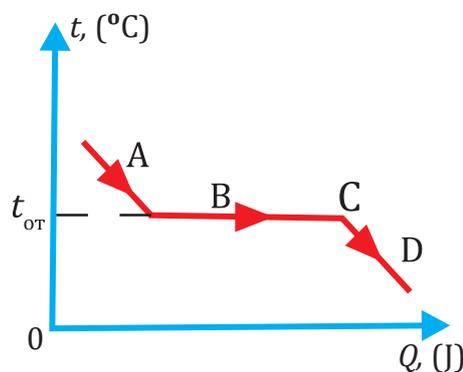


Рис. 3.8.



1. Отвердевание и плавление кристаллического тела происходит при одинаковых температурах.
2. Чем больше тепла кристаллическое тело получает при плавлении, тем больше тепла оно будет выделять при отвердевании.
3. Графики плавления и отвердевания кристаллического тела совпадают.
4. Удельная теплота плавления для разных веществ различна.

Пример решения задачи

Какое количество теплоты необходимо для плавления 4 kg льда, взятого при температуре 0 °C?

Дано:	Формула:	Решение:
$t = 0 \text{ }^\circ\text{C}$ $m = 4 \text{ kg}$ $\lambda = 330 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 330 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$	$Q = \lambda \cdot m$ $[Q] = \frac{\text{J}}{\text{kg}} \cdot \text{kg} = \text{J}$	$Q = 330 \cdot 10^3 \cdot 4 \text{ J} = 132 \cdot 10^4 \text{ J}$ Ответ: $Q = 1,32 \text{ МJ}$.
Найти: $Q = ?$		



1. Объясните, почему на морозе опасно держать железный лом мокрыми руками?
2. Как меняется при плавлении внутренняя энергия твёрдых тел?
3. Почему в сильные морозы гибнут некоторые деревья?
4. Температура плавления чистого свинца 327 °C, а температура кипения 1750 °C. Чему равна температура отвердевания свинца?

Интересная информация

После того как вы выпили горячий чай не пейте сразу же холодную воду. Резкий перепад температур приводит к повреждению эмали и порче зубов. Это связано с тем, что основная составляющая зуба – дентин и покрывающая зубы эмаль по-разному меняются (расширяются или сужаются) при одинаковых температурах.



Упражнение 25

1. Какое количество теплоты необходимо для плавления 2 g свинца?
2. Какая энергия требуется для нагрева железного лома массой 50 kg, взятого при температуре 50 °C, до температуры плавления?
3. Сколько меди можно расплавить при температуре плавления, подавая ей количество теплоты, равное 162 kJ?
4. Сколько тепла нужно подать свинцовой пластинке размерами 2x5x10 cm, чтобы полностью расплавить её? Начальная температура пластинки 27 °C.
5. Кусок алюминия и кусок меди массой по 1 kg и температурой 25 °C нагрели до температуры плавления. Какой из этих кусков получил наибольшее количество тепла?

38

Тема

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

1 Пластиковую бутылку воды температурой $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ и объёмом 1 л поместили в морозилку. Какое количество теплоты выделит вода при полном её замерзании?

Дано:	Формула:	Решение:
$V = 1\text{ л} = 10^{-3}\text{ м}^3$ $t_0 = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ $c = 4200\frac{\text{Дж}}{(\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C})}$ $\lambda = 330 \cdot 10^3\text{ Дж/кг}$	Масса воды: $m = \rho V$ Количество теплоты, выделяемое при охлаждении воды до $0\text{ }^{\circ}\text{C}$: $Q_1 = m c (t_0 - t)$ Количество теплоты, выделяемое при полном отвердевании воды при $0\text{ }^{\circ}\text{C}$: $Q_2 = \lambda m$ Общее количество теплоты, выделившееся из воды: $Q_{\text{общ}} = Q_1 + Q_2$	$m = 1000 \cdot 10^{-3}\text{ кг} = 1\text{ кг}$ $Q_1 = 1 \cdot 4200 \cdot 10\text{ Дж} = 42000\text{ Дж}$ $Q_2 = 330 \cdot 10^3 \cdot 1\text{ Дж} = 330000\text{ Дж}$ $Q_{\text{общ}} = 42000\text{ Дж} + 330000\text{ Дж} = 372000\text{ Дж}$
Найти: $Q_{\text{общ}} = ?$		Ответ: $Q_{\text{общ}} = 372\text{ кДж}$.

2 Какую массу льда температурой $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ необходимо погрузить в воду массой 8 кг при температуре $40\text{ }^{\circ}\text{C}$, чтобы лёд полностью растаял?

Дано:	Формула:	Решение:
$m_1 = 8\text{ кг}$ $t_1 = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ $c = 4200\frac{\text{Дж}}{(\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C})}$ $\lambda = 330\text{ кДж/кг} = 330 \cdot 10^3\text{ Дж/кг}$	Количество теплоты, которое вода может отдать: $Q_1 = m_1 c (t_1 - t)$. Количество теплоты, получаемое льдом массой m_2 при его плавлении: $Q_2 = \lambda m_2$. Лёд тает за счёт количества теплоты, отданной водой: $Q_1 = Q_2$ $m_1 c (t_1 - t) = \lambda m_2$, отсюда $m_2 = \frac{m_1 c (t_1 - t)}{\lambda}$ $[m_2] = \frac{\text{кг} \cdot \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C}} \cdot ^{\circ}\text{C}}{\frac{\text{Дж}}{\text{кг}}} = \text{кг}$	$m_2 = \frac{8 \cdot 4200 \cdot (40 - 0)}{330 \cdot 10^3}\text{ кг} \approx 4\text{ кг}$
Найти: $m_2 = ?$		Ответ: $m_2 \approx 4\text{ кг}$.

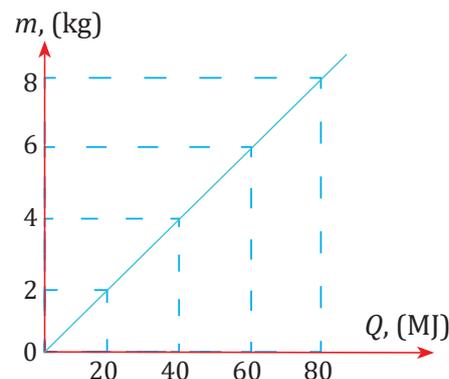
3 Какое количество теплоты потребуется для обращения в воду льда массой 2 kg, взятого при температуре 0°C, и при нагревании получившейся воды до температуры 40°C?

Дано:	Формула:	Решение:
$m = 2 \text{ kg}$ $t_1 = 0 \text{ }^\circ\text{C}$ $t_2 = 40 \text{ }^\circ\text{C}$ $c = 4200 \frac{\text{J}}{(\text{kg} \cdot \text{ }^\circ\text{C})}$ $\lambda = 330 \cdot 10^3 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$	Количество теплоты, получаемое льдом массой m при его плавлении: $Q_1 = \lambda \cdot m$ Количество теплоты, полученное при нагревании получившейся воды до температуры t_2 $Q_2 = m \cdot c (t_2 - t_1); \quad Q_{\text{общ}} = Q_1 + Q_2$ $[Q_1] = \frac{\text{J}}{\text{kg}} \cdot \text{kg} = \text{J}$ $[Q_2] = \text{kg} \cdot \frac{\text{J}}{(\text{kg} \cdot \text{ }^\circ\text{C})} \cdot \text{ }^\circ\text{C}$	$Q_1 = 330 \cdot 10^3 \cdot 2 \text{ J} = 660 \cdot 10^3 \text{ J}$ $Q_2 = 2 \cdot 4200 \cdot (40 - 0) \text{ J} = 336 \cdot 10^3 \text{ J}$ $Q_{\text{общ}} = 660 \cdot 10^3 \text{ J} + 336 \cdot 10^3 \text{ J} = 996 \cdot 10^3 \text{ J}$ Ответ: $Q_{\text{общ}} = 996 \text{ kJ}$.
Найти: $Q_{\text{общ}} = ?$		



Упражнение 26

- 1** При нагреве тела массой 6 kg от 10 °C до 490 °C оно получило количество теплоты, равное 2534,4 kJ. Определите, из какого вещества сделано тело.
- 2** Какое количество теплоты необходимо сообщить льду массой 2 kg, взятого при температуре плавления, чтобы полностью превратить его в воду?
- 3** На плавление золота при температуре его плавления израсходовано 12,8 kJ теплоты. Чему равна масса золота?
- 4** Какое количество теплоты необходимо сообщить олову массой 300 g, взятому при температуре плавления, чтобы оно полностью расплавилось?
- 5** Масса серебра равна 10 g. Какое количество теплоты выделит жидкое серебро, взятое при температуре плавления, остывая до температуры 600 °C?
- 6** Какую массу льда температурой 0 °C необходимо погрузить в воду массой 2 kg при температуре 33 °C, чтобы лёд полностью растаял?
- 7** Какое количество теплоты потребуется для обращения в воду льда массой 2 kg, взятого при температуре 0 °C, и при нагревании получившейся воды до температуры 30°C?
- 8** Какое количество теплоты выделит жидкий свинец массой 2 kg, взятый при температуре плавления, остывая до температуры 27°C?
- 9** При нагреве тела массой 8 kg от 22°C до 42°C оно получило количество теплоты, равное 86,4 kJ. Определите, из какого вещества сделано тело.
- 10** На рисунке показан график зависимости количества теплоты, выделяемого при сгорании топлива, от его массы. Определите по данному графику вид топлива.



ЗАДАНИЯ ПО ГЛАВЕ НА ЛОГИЧЕСКОЕ МЫШЛЕНИЕ

1 Обид вместе с отцом отправились в путешествие. Свою сумку он оставил в багажнике машины. В сумке была пластиковая бутылка с водой, железная ложка и фарфоровая пиала. Машина простояла на солнце около 3-х часов. Воздух в багажнике за это время прогрелся до 40 °С. Какие изменения произойдут с вещами в багажнике?

- a) закипит ли вода в пластиковой бутылке?
- b) чему равна температура вещей?
- c) поменяет ли цвет железная ложка при нагревании?

2 Существует много способов охлаждения воды в летний сезон. Вот некоторые из них:

- a) положить бутылку с водой в холодильник;
- b) поместить кусочки льда в воду;
- c) положить бутылки с водой в канаву с проточной водой и т.д.

Пастухи в пустынях знают и другие способы и применяют их при охлаждении питьевой воды.

Для этого пастухи наливают воду в керамическую чашу или заворачивают ёмкость с водой во влажную ткань. Со временем температура воды в них становится значительно меньше температуры окружающего воздуха.

Задание 1. Объясните, почему вода в керамической посуде прохладнее, чем в фарфоровой или металлической.

Задание 2. Объясните процесс охлаждения воды, налитой в керамическую ёмкость.

Задание 3. В чём причина быстрого охлаждения воды в бутылке, завернутой во влажную ткань?

Задание 4. Как вы думаете, почему вода в бутылке, завернутой во влажную ткань, остывает быстрее, чем вода в керамическом кувшине?

Задание 5. Две одинаковые бутылки, находящиеся в комнате, заполнили водой. Одну из этих бутылок поставили перед включенным вентилятором. В какой из бутылок температура воды будет ниже и почему?

ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ ПО ГЛАВЕ III

1 В чашу залили чай. Каким способом осуществляется теплообмен между чаем и чашей?

- A) конвекция
- B) излучение
- C) теплопередача

2 Из горячей воды одновременно вынули куски меди и свинца одинаковой массы. Какой из них остынет быстрее?

- A) медь
- B) свинец
- C) остынут одновременно

3 Из горячей воды одновременно вынули куски алюминия, меди и железа одинаковой массы. Какое из этих тел выделит больше тепла во внешнюю среду?

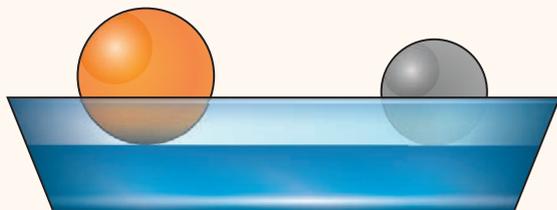
- A) железо
- B) медь
- C) алюминий

4 С одинаковой высоты сброшено три тела одинаковой массы. Какое из них больше всего нагреется при ударе о землю, если первое тело изготовлено из алюминия, второе из железа, третье из свинца?

- A) железное
- B) свинцовое
- C) алюминиевое

5 Сверху льда расположили два шара (медный и свинцовый) одинаковой массы и при одинаковой температуре. Какое из них сильнее растопит лёд?

- A) оба одинаково
- B) медь
- C) свинец



6 Температура при плавлении кристаллического тела ...

- A) возрастает
- B) не меняется
- C) уменьшается

7 Сколько сухих дров необходимо сжечь, чтобы выделилось столько же теплоты, сколько выделяется при сгорании 3 kg угля?

- A) 8,7 kg
- B) 6,3 kg
- C) 9 kg

8 Во время кипения температура жидкости.....

- A) уменьшается
- B) увеличивается
- C) не меняется

9 Определите массу воды, при нагревании которой от 17°C до 42°C израсходовано 210 kJ тепла?

- A) 1,6 kg
- B) 2 kg
- C) 3,2 kg

10 Какое количество теплоты выделится при нагреве от 10°C до 160°C чугуна котла массой 1,2 kg?

- A) 97,2 kJ
- B) 84,5 kJ
- C) 68,2 kJ

11 В одну из одинаковых чашек налили кофе температурой около 90 °C, в другую минеральную воду при температуре примерно 10°C и оставили в комнате, температура воздуха которой 20°C. Какой может быть температура кофе и минеральной воды через 10 минут?

- A) 80°C и 25°C
- B) 70°C и 12°C
- C) 20°C и 20°C

12 Какое количество теплоты выделится при сгорании 12 kg угля (MJ)? Удельная теплота сгорания угля 29 MJ/kg.

- A) 348
- B) 324
- C) 312

13 Сколько сухих дров надо сжечь, чтобы выделилось 80 MJ теплоты? Удельная теплота сгорания сухих дров 10 MJ/kg.

- A) 0,8 kg
- B) 4 kg
- C) 8 kg

14 Температура плавления алюминия 600°C, а температура кипения 2467°C. Чему равна температура отвердевания алюминия (°C)?

- A) 600
- B) 2467
- C) 1867



ГЛАВА IV

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

Нашу повседневную жизнь невозможно представить без электричества. В частности, все бытовые приборы в нашем доме, такие как телевизоры, радиоприёмники, компьютеры, мобильные телефоны, холодильники, электрические чайники, утюги, работают за счёт электричества. Железнодорожный транспорт, заводы, учебные заведения и другие производственные предприятия также используют электрическую энергию. Именно поэтому электричество стало неотъемлемой частью нашей жизни.

В главе «Электричество» вы узнаете важные понятия об электрических явлениях и проведёте ряд интересных опытов. Навыки, приобретённые в этой главе, пригодятся вам в будущем.



Электризация тел, положительный заряд, отрицательный заряд

Знакомство с некоторыми электрическими явлениями

Расчешем пластмассовой расчёской волосы и поднесём расчёску к мелким кусочкам бумаги. Мы увидим, что бумажки начнут притягиваться к ней (рис.4.1). Если потереть стеклянной палочкой о лист бумаги и поднести к рукам, то можно услышать лёгкий треск, а в темноте увидеть и мелкие искорки. Эти явления были обнаружены людьми ещё в древние времена. Древнегреческий учёный Фалес Милетский (625–547 гг. до н.э.) писал в своих трудах о том, что некоторые тела, потёртые о мех, притягивают к себе различные предметы.

Окаменевшую смолу хвойных деревьев, росших в Древней Греции, греки называли электроном (янтаре́м). Отсюда произошло название «электричество».

Действительно, янтарь, потёртый о мех, притягивает к себе мелкие частички. Про тело, которое после трения притягивает к себе другие тела, говорят, что оно наэлектризовано или что оно заряжено.

К наэлектризованным телам могут притягиваться не только твёрдые тела, но и тела, находящиеся в других агрегатных состояниях. Например, стеклянная палочка, потёртая о шёлк, притягивает к себе тонкую струю воды (рис.4.2-а) или пламя горящей свечи (рис.4.2-б).



Рис. 4.1

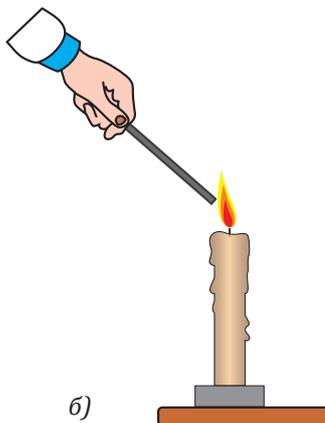
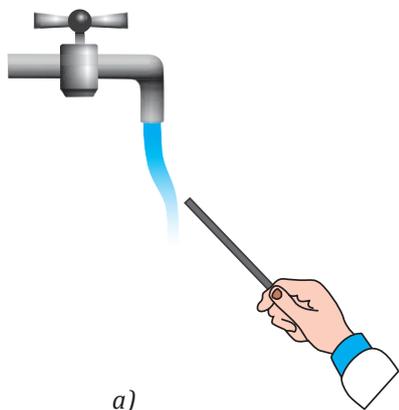


Рис. 4.2

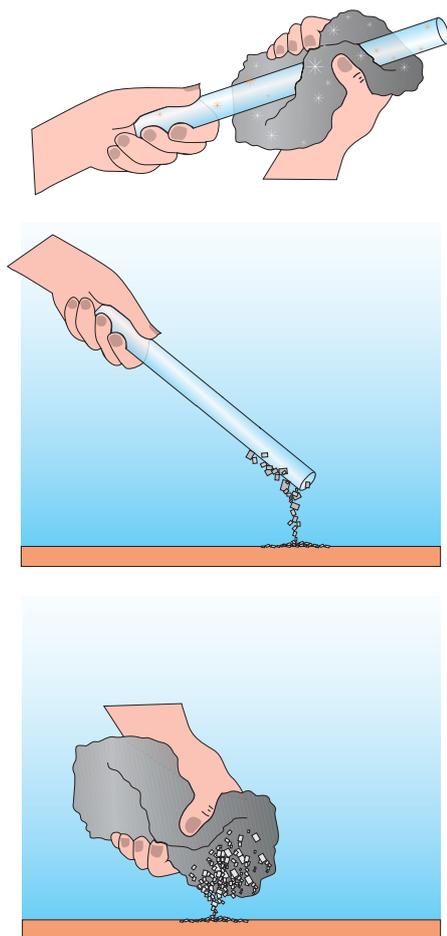


Рис. 4.3

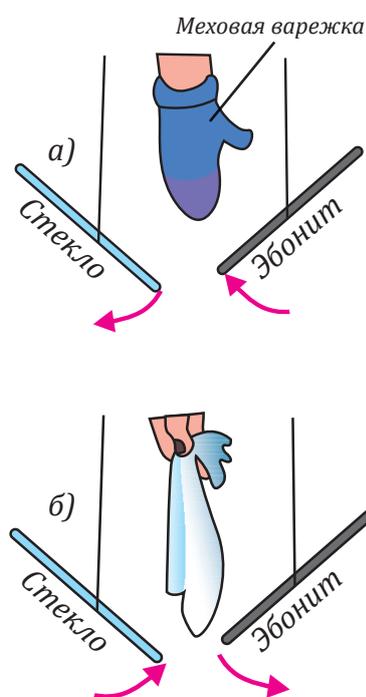


Рис. 4.4

При трении стеклянной палочки о шёлковую ткань не только у палочки, но и у самой ткани появляется свойство притягивать к себе мелкие тела (рис.4.3). Это означает, что при трении двух тел электризуются оба тела.

Два рода электрических зарядов

При трении различных тел друг о друга можно наблюдать их наэлектризованность и взаимодействие. Например, потрём подвешенную на нити эбонитовую¹ палочку о мех, а стеклянную палочку, подвешенную на нити, о шёлковую ткань. Если поднести мех к каждой палочке, то стеклянная палочка будет отталкиваться, а эбонитовая – притягиваться (рис.4.4 - а). Если же поднести шелковую ткань к каждой палочке, то стеклянная палочка будет притягиваться, а эбонитовая – отталкиваться (рис.4.4 - б). Отталкивание стеклянной палочки от меха и в то же самое время притяжение её к шёлку – результат различной электризации тела.

Заряд, полученный на стекле, потёртом о шёлковую ткань, назвали положительным, а заряд, полученный на эбоните, потёртом о мех, назвали отрицательным. Положительный заряд обозначается знаком (+), а отрицательный – знаком (-).

Таким образом, существует два рода электрических зарядов: положительный электрический заряд и отрицательный электрический заряд. Тела, имеющие электрические заряды одинакового знака, взаимно отталкиваются, а тела, имеющие заряды противоположного знака, взаимно притягиваются.

Английский физик Майкл Фарадей объяснил действие заряженного тела на окружающие его тела. Согласно его учению, вокруг любого наэлектризованного тела существует электрическое поле. Электрическое поле, возникающее вокруг наэлектризованного тела, можно обнаружить по его действию на заряженные тела.

Поле вокруг неподвижного заряда и заряженного тела называется электрическим полем.

Электрическое поле наэлектризованного тела действует на любой заряд, помещённый в него, с какой-то силой. Эта сила называется электростатической. Электрическое поле не воспринимается непосредственно нашими органами чувств, но его можно наблюдать по действию на тела.

¹Эбонит – резина, изготовленная из каучука с большой примесью серы.



1. При трении двух тел они заряжаются, одно из них заряжается положительно, второе – отрицательно.
2. Вокруг любого заряженного тела существует электрическое поле.
3. Тела, имеющие электрические заряды одинакового знака, взаимно отталкиваются, а тела, имеющие заряды противоположного знака – притягиваются.
4. Электрическое поле существует независимо от нас.



1. Каким образом заряжаются тела при трении друг о друга?
2. Переносится ли заряд при прикосновении тел? Обоснуйте ответ.
3. Как можно доказать, что тела заряжены одинаково?
4. Как заряжены шары, показанные на рис.4.5?

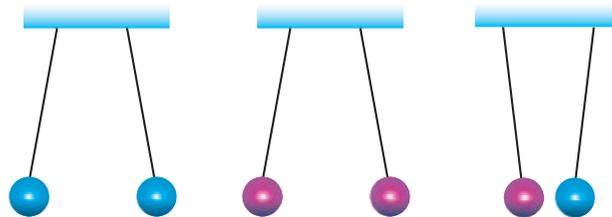
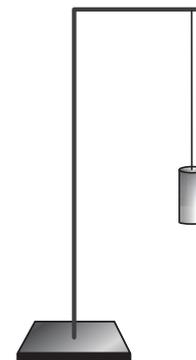


Рис. 4.5



Практическое задание

Оберните один конец карандаша алюминиевой фольгой и вытащите образовавшуюся гильзу. Привяжите гильзу к капроновой нити и подвесьте на штатив. Наэлектризуйте пластмассовую ручку, потерев ею о мех. Прикоснитесь ручкой к металлической гильзе. Снова наэлектризуйте пластмассовую ручку, потерев ею о мех. Медленно поднесите ручку к гильзе (например, сначала расположите на расстоянии 20 см, потом 15 см, 10 см, 5 см). Проследите за явлением и заполните таблицу.



№	Расстояние между ручкой и гильзой, (см)	Степень отклонения гильзы
1	20	
2	15	
3	10	
4	5	

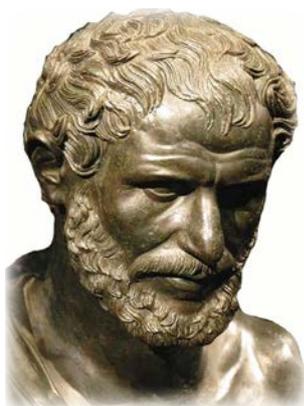
40

Тема

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЗАРЯД



Электрический заряд, атом, ядро, электрон, протон, нейтрон



Демокрит
(460–370 гг. до н.э.)

Греческие учёные считали, что все тела в природе состоят из атомов. Слово «атом» ввёл в науку греческий философ Демокрит (460–370 гг. до н.э.). Первоначально атом считался неделимой частицей. Позже, в ходе развития науки и техники, было обнаружено, что атом состоит из более мелких частиц, таких как протоны, нейтроны и электроны. Владение знаниями об этих частицах важно при изучении электрических явлений в природе.

Вы много раз слышали такие понятия, как электричество, электрический ток, и регулярно пользуетесь электроприборами.

Так что же такое заряд – основа электрических явлений?

Физическая величина, характеризующая степень наэлектризованности тела, называется электрическим зарядом.

Электрический заряд обозначается буквой q . В Международной системе единиц (СИ) за единицу заряда принят кулон (С), в честь великого французского физика Шарля Кулона.



Шарль Кулон
(1736–1806)

Заряд, количественно равный заряду электрона, называется элементарным.

Элементарный заряд обозначается буквой e (от англ. слова elementary). Электрон и протон имеют элементарный заряд.

Элементарный заряд – это наименьший заряд, встречающийся в природе, равен он $e = 0,000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 16\ С$. Это число, для удобства записывается в стандартном виде, т.е. $e = 1,6 \cdot 10^{-19}\ С$.

Электрон – это элементарная частица с отрицательным зарядом, а протон – это элементарная частица с положительным зарядом.

Заряд электрона равен $q_e = -1,6 \cdot 10^{-19}\ С$, а заряд протона равен $q_p = +1,6 \cdot 10^{-19}\ С$.

По абсолютному значению заряды протона и электрона равны, они отличаются друг от друга только своими знаками.

Значение заряда электрона опытным путём было определено одновременно двумя учёными независимо друг от друга: американским учёным Р. Милликеном и русским учёным А.Ф. Иоффе.

Любой заряд заряженного тела в природе кратен элементарному заряду, т.е.

$$q = N \cdot e \quad (1)$$

Допустим, с одного тела на другое перешло N число электронов, это значит, что первое тело зарядилось положительным зарядом равным $q_1 = N \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, а второе тело при этом заряжается отрицательно, т.е. $q_2 = -N \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

Поскольку 1 C – это очень большая величина для заряженных тел, то на практике применяются его дольные единицы: микрокулоны (μC), нанокулоны (nC) и пикокулоны (pC).

1 μC (микрокулон) = 0,000 001 C = $1 \cdot 10^{-6}$ C;
 1 nC (нанокулон) = 0,000 000 001 C = $1 \cdot 10^{-9}$ C;
 1 pC (пикокулон) = 0,000 000 000 001 C = $1 \cdot 10^{-12}$ C.

На основании проведённых опытов английский учёный Эрнест Резерфорд в 1911 году пришёл к выводу, что атом имеет сложную структуру.

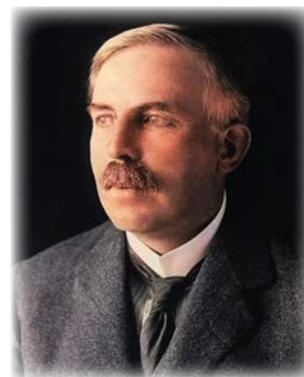
В центре атома находится ядро, состоящее из положительно заряженных протонов и незаряженных нейтронов. Вокруг ядра по орбитам вращаются отрицательно заряженные электроны.

Количество электронов в атоме равно количеству протонов. Следовательно, атом электрически нейтрален. Строение атомов различных веществ сильно отличается друг от друга.

На рис.4.6 и 4.7 показано строение атомов гелия (He) и водорода (H).

Ядро атома гелия (He) содержит 2 протона и 2 нейтрона, вокруг него вращается 2 электрона (рис.4.6). Как видно на рис.4.7, ядро атома водорода (H) состоит всего из 1 протона, и вокруг ядра вращается только 1 электрон. Каждая частица, входящая в состав атома химического элемента, имеет свою массу. Массы частиц протона и нейтрона примерно равны между собой и во много раз превышают массу электрона, т.е.: $m_p = 1,672 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$, $m_n = 1,674 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ и $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$.

В предыдущей теме говорилось о том, что при трении стеклянной палочки о шёлковую ткань не только палочка, но и шёлк начинает притягивать к себе лёгкие тела.



Эрнест Резерфорд
(1871–1937)

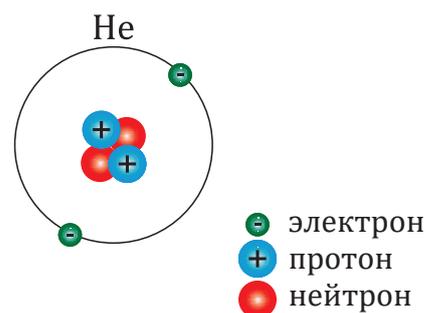


Рис.4.6

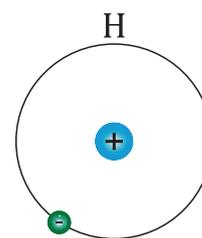


Рис.4.7

Как же заряжается шёлковая ткань и потертая о неё стеклянная палочка?

При трении часть электронов стеклянной палочки переходит в шёлк (рис.4.8). На шёлке появляется избыток электронов, поэтому шёлковая ткань заряжается отрицательно. На стеклянной палочке вследствие трения число электронов уменьшается – наблюдается недостаток электронов, и поэтому палочка заряжается положительно. Таким простым способом трения одного тела о другое перенести положительные частицы (протоны) с одного тела на другое нельзя.

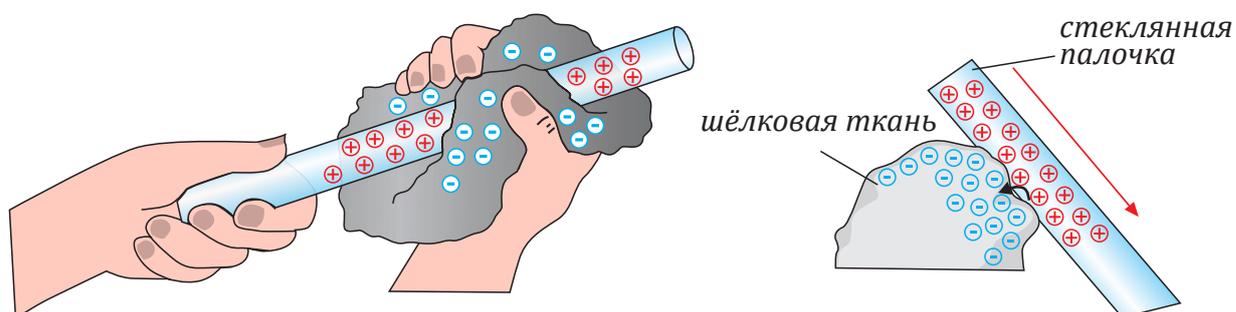


Рис. 4.8

Также при трении часть электронов меха переходит на эбонитовую палочку, поэтому мех заряжается положительно, а эбонитовая палочка отрицательно (рис.4.9).

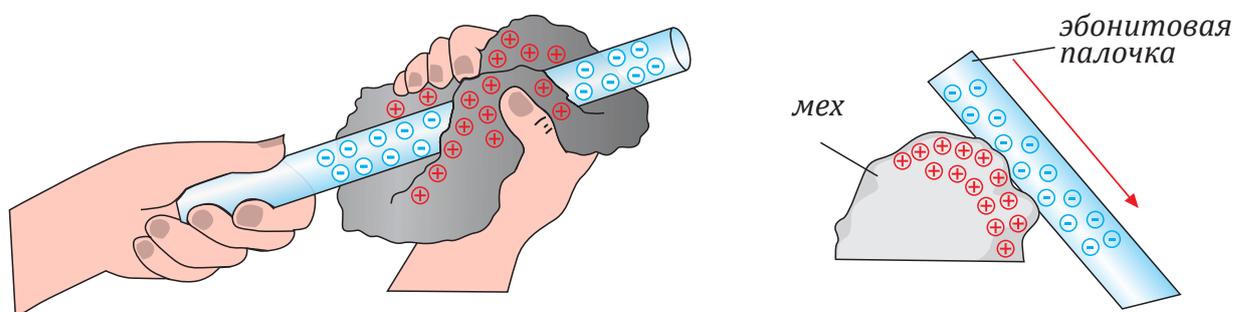


Рис. 4.9



1. В природе существует два рода заряда – положительный и отрицательный.
2. Элементарный заряд – наименьший заряд заряженного тела, равный $1,6 \cdot 10^{-19}$ С.
3. Заряд, полученный (или отданный) вследствие электризации, кратен элементарному заряду.
4. Заряд электрона равен $q_e = - 1,6 \cdot 10^{-19}$ С, а заряд протона равен $q_p = + 1,6 \cdot 10^{-19}$ С.
5. Массы протона $m_p = 1,672 \cdot 10^{-27}$ kg; масса нейтрона $m_n = 1,674 \cdot 10^{-27}$ kg; масса электрона $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31}$ kg.

Пример решения задачи

Как зарядится стеклянная палочка, потерявшая при трении о шёлк $3 \cdot 10^{10}$ электронов?

Дано:	Формула:	Решение:
$N = 3 \cdot 10^{10}$ $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$	$q = +N \cdot e$ $[q] = \text{C}$	$q = 3 \cdot 10^{10} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} = 4,8 \cdot 10^{-9} \text{ C} = 4,8 \text{ нС.}$
Найти: $q = ?$		Ответ: стеклянная палочка, потёртая о шёлк, получит положительный заряд, равный $q = 4,8 \text{ нС.}$

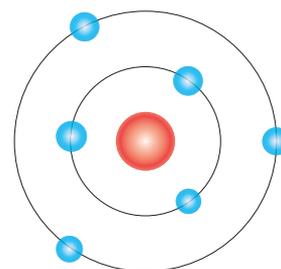


1. Дотронувшись до металлической ручки двери, при ходьбе в резиновых тапочках по шерстяному ковру, вы можете почувствовать, как вас бьёт током. Как вы думаете, в чём причина происходящего явления?
2. Меняется ли масса стеклянной палочки при трении о шёлк?
3. Знаете ли вы морских обитателей, самопроизвольно вырабатывающих электрический заряд?
4. Почему на цистерны нефтевозов подвешивается скользящая по земле металлическая цепь?
5. Иногда, здороваясь за руку с друзьями, вас как будто бы бьёт током. Как бы вы описали эту ситуацию?

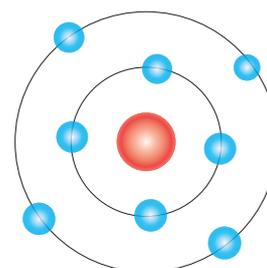


Упражнение 27

1. Рассчитайте общую массу и заряд протонов атома углерода.
2. Чему равен заряд ядра атома кислорода?
3. Как зарядится тело, получившее вследствие электризации $7 \cdot 10^{12}$ электронов?
4. Как зарядится тело, потерявшее вследствие электризации $4 \cdot 10^{13}$ электронов? Как изменится его масса?
5. Сколько электронов получило тело, если ему передан заряд $-4,8 \text{ нС}$?
6. Как изменилась масса тела, если оно получило заряд равный $+7,2 \text{ рС}$?



Атом углерода



Атом кислорода

41

Тема

ЭЛЕКТРОСКОП И ЭЛЕКТРОМЕТР



Электроскоп, электрометр, электрофорная машина

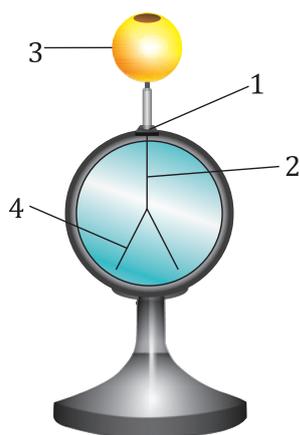
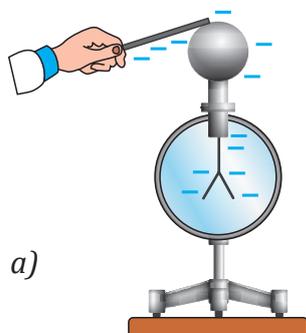


Рис. 4.10

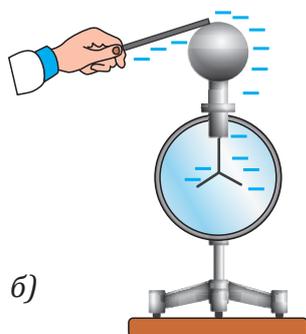
Для проверки наэлектризованности тела применяют электроскоп. Слово электроскоп происходит от греческих слов «электрон» и «скопео», что означает «замечаю электричество». Строение простейшего электроскопа показана на рис.4.10. В нём через пластмассовую пробку (1), вставленную в металлическую оправу, пропущен металлический стержень (2). К верхнему концу стержня прикреплён шарик (3), а к нижнему прикреплены два листочка из фольги (4). Оправа с обеих сторон закрыта стёклами.

Прикоснувшись эбонитовой палочкой, потёртой о мех, к шару электроскопа, мы увидим, что листочки фольги раскрылись, потому что они заряжаются одинаково и расходятся друг от друга (рис.4.11 – а).

При повторном трении эбонитовой палочки о мех, и прикосновении к шару его лепестки раскроются на больший угол (рис.4.11 – б). Значит, степень электризации можно изменить.



а)



б)

Рис. 4.11

Для определения степени наэлектризованности (измерения заряда) тела используют электрометр. На рис.4.12 показан общий вид электрометра. К металлическому стержню (1) электроскопа прикреплена вращающаяся стрелка (2). Для защиты стержня и стрелки от внешних воздействий металлический фланец (3) заземляется с помощью металлической проволоки.

Электрометр – прибор, показывающий степень наэлектризованности.

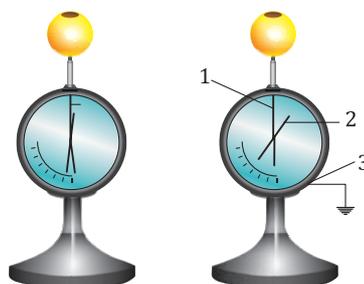
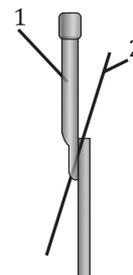


Рис. 4.12



Вращающаяся стрелка, прикреплённая к электрометру, может свободно вращаться вокруг оси. Если зарядить шар, то от него стержень и стрелка получат одноимённые заряды. В итоге стрелка отклонится от стержня. В зависимости от положения стрелки можно определить степень электризации шарика.

Электрофорная машина

Наэлектризованная палочка, касаясь незаряженного тела, быстро разряжается. Для того чтобы непрерывно получать электрический заряд, необходимо снабжающее устройство. На рис.4.13 приведён общий вид устройства, генерирующий заряд, называемый электрофорной машиной. При вращении ручки (1) электрофорной машины два его диска (2) вращаются в противоположных направлениях. Трение металлических щеток (3) о вращающиеся диски создаёт противоположные заряды, которые собираются в двух цилиндрах, называемых лейденскими банками (4). При сближении металлических шариков (5), прикреплённых к лейденской банке, между ними можно наблюдать сильную искру.

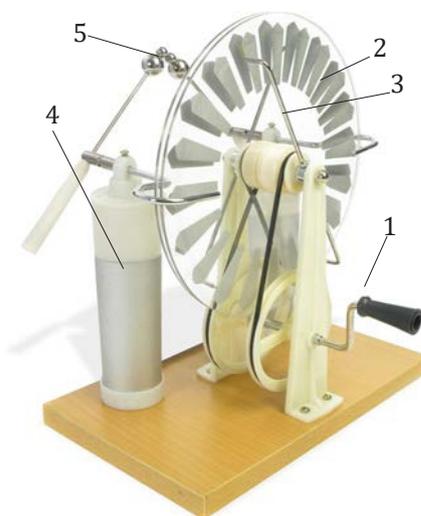


Рис. 4.13



1. Электроскоп определяет наэлектризованность тел.
2. Электрометр показывает степень наэлектризованности.
3. Электрофорная машина – устройство, предназначенное для получения электрических зарядов.



1. В чем разница между электроскопом и электрометром?
2. Как получаются заряды в электрофорной машине?



Практическое задание

Изготовление электроскопа

Необходимое оборудование: прозрачная ёмкость (стеклянная банка) и пластмассовая крышка. Прорежьте отверстие в середине крышки и через отверстие вставьте алюминиевую проволоку. К нижнему концу проволоки в банке прикрепите лёгкий листочек фольги, сложенный пополам, и расположите так, чтобы они свободно перемещались. Из фольги скатайте шарик и прикрепите его к верхнему концу алюминиевого стержня над крышкой банки, как показано на рисунке рис.4.14. Расчешите пластмассовой расчёской волосы и коснитесь расчёской шарика из фольги. Пронаблюдайте за происходящим процессом и дайте ему объяснение.

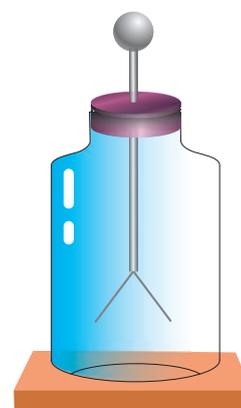


Рис. 4.14

42

Тема

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПРОВОДНИКИ И ДИЭЛЕКТРИКИ

Почему провода имеют резиновое покрытие?



Электрические проводники, диэлектрики, изоляторы

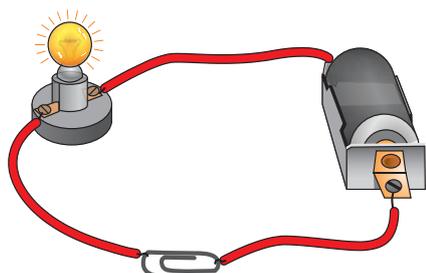
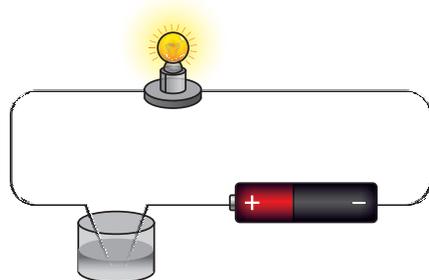


Рис. 4.15

По способности проводить электрические заряды все вещества делятся на проводники и диэлектрики. Например, при подключении к сети телевизора или компьютера они работают. Это связано с прохождением электрического заряда по соединительным проводам.

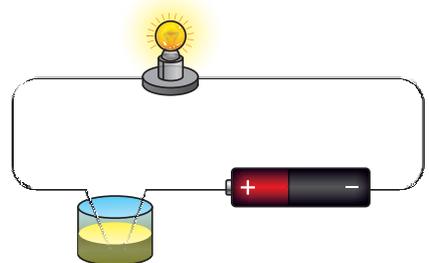
Если провода, идущие от электрической лампы к источнику тока, соединить металлической скрепкой, то лампочка загорится (рис.4.15). Этот опыт означает, что через соединительные провода и скрепку проходит заряд. Вещества, проводящие электрический заряд, называются электрическими проводниками.

Вещества, проводящие электрический заряд, называются проводниками.



Солёная вода

Некоторые жидкости подобно металлам очень хорошо проводят заряд. Например, солёная вода является хорошим проводником электричества. Если соединить источник тока (батарею), электрическую лампочку и соединительные провода через раствор соли или лимонного сока в воде, то лампочка загорится (рис.4.16). Этот опыт показывает, что заряд проходит и через жидкие растворы.



Лимонный сок

Вещества, не проводящие электрический заряд называются диэлектриками. Тела, изготовленные из диэлектриков, называются изоляторами.

Рис. 4.16

Диэлектрик в переводе с греческого означает «непроходимый». А слово *изолятор* происходит от латинского слова *изоляро*, что означает «уединённый». К диэлектрикам относятся все виды стекла, пластмасса, резина, каучук, керамика и воздух.

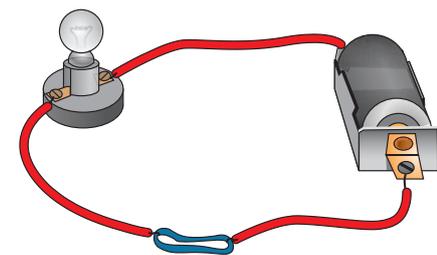


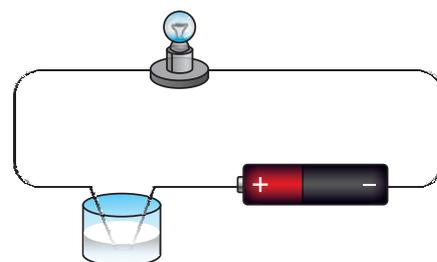
Рис. 4.17

Если повторить опыт, показанный на рис.4.16, применяя вместо соединительных проводов резиновую или обычную нить, лампочка не загорится (рис.4.17). Это означает, что резиновая или обычная нить не проводит электричество. Вещества, не проводящие электрический заряд, называются диэлектриками.

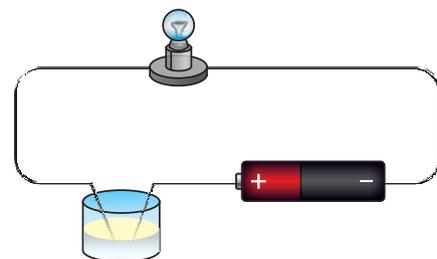
Если описанный выше опыт провести в дистиллированной или сладкой воде, мы также увидим, что лампа не загорается (рис.4.18). Оказывается, что чистая и подслащённая вода тоже не проводит электрический заряд.

Помимо проводников в электротехнике применяют изоляторы, изготовленные из диэлектриков.

Чтобы электрические заряды в проводниках не переходили на потребителя или не передавались друг другу, их покрывают диэлектриком.



Дистиллированная вода



Сладкая вода

Рис. 4.18



1. По способности проводить электрические заряды все вещества делятся на проводники и диэлектрики.

2. Тела, изготовленные из диэлектриков, называются изоляторами.



1. Как увеличить электропроводность воды?

2. Приведите примеры наиболее часто используемых проводников и диэлектриков.

3. Почему опасно прикасаться мокрыми руками к электрическим проводам?

4. Почему люди, работающие на линиях электропередач, надевают каучуковую обувь и резиновые перчатки?



Практическое задание

Распределите слова по их электропроводности и заполните таблицу.

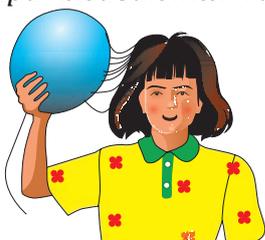
№	Тела	Свойство
1	Тело человека	проводник
2	Воздух	диэлектрик
3	Металлы	
4	Дистиллированная вода	
5	Фарфор	
6	Стекло	
7	Пластмасса	
8	Солёная вода	
9	Сухая древесина	

43

Тема

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЗАРЯЖЕННЫХ ТЕЛ

Почему волосы притягиваются к шару?



Опыт 1

Цель: наблюдение взаимодействия заряженных тел.

Необходимое оборудование: 2 штатива, 2 воздушных шара, шёлковая ткань, шерстяная ткань, тонкая нить.

Прежде чем выполнить практическое занятие, чертите таблицу в тетрадь.

	При приближении двух шаров, потёртых о шёлковую ткань	При приближении двух шаров, потёртых о шерстяную ткань	При приближении одного шара, потёртого о шёлк, а другого о шерсть
Шары ...			

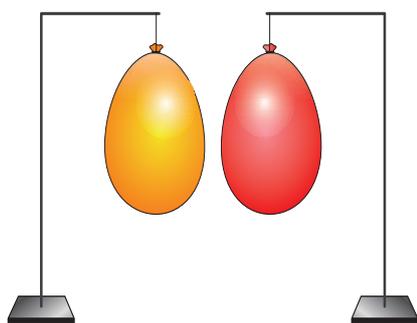


Рис. 4.19



Почему при скольжении ребёнка с пластиковой горки его волосы не электризуются?

Ход работы:

1. Надуйте оба шарика и перевяжите их горловины нитью.
2. К каждой горловине шарика привяжите по тонкой нити.
3. Подвесьте оба шарика на штативы, как показано на рис. 4.19.
4. Потерев оба шарика о шёлковую ткань, сблизьте их.
5. Понаблюдайте за движением шаров и запишите результат в таблицу.
6. Потерев оба шарика о шерстяную ткань, сблизьте их.
7. Понаблюдайте за движением шаров и запишите результат в таблицу.
8. Потрите один шар о шёлковую ткань, а второй о шерстяную и сблизьте шары.
9. Понаблюдайте за движением шаров и запишите результат в таблицу.

Основываясь на результатах опыта, запишите в тетрадь свои выводы.

Опыт 2

Необходимое оборудование: 2 штатива на изоляции, 2 воздушных шара, стеклянная палочка, эбонитовая палочка, шёлковая ткань, шерстяная ткань, тонкая нить.

Прежде чем выполнить практическое занятие, чертите таблицу в тетрадь.

	При приближении шара, потёртого о шёлк, к стеклянной палочке, потёртой о шёлковую ткань	При приближении шара, потёртого о шерстяную ткань, к эбонитовой палочке, потёртой о шерстяную ткань	При приближении шара, потёртого о шёлк, к эбонитовой палочке, потёртой о шерстяную ткань
Шары ...			

1. Подвесьте оба шарика на штативы, как показано на рис. 4.19.

2. Потрите шар о шёлковую ткань.

3. Потрите стеклянную палочку о шёлковую ткань.

4. Приблизьте стеклянную палочку к шару. Понаблюдайте за взаимодействием стеклянной палочки с шаром и запишите результат в таблицу.

5. Потрите шар о шерстяную ткань.

6. Потрите эбонитовой палочкой о шерстяную ткань.

7. Приблизьте эбонитовую палочку к шару. Понаблюдайте за взаимодействием эбонитовой палочки с шаром и запишите результат в таблицу.

8. Потрите шар о шёлковую ткань.

9. Потрите эбонитовую палочку о шерстяную ткань.

10. Приблизьте эбонитовую палочку к шару. Понаблюдайте за взаимодействием эбонитовой палочки с шаром и запишите результат в таблицу.

Основываясь на результатах опыта, запишите в тетрадях свои выводы.



Опыт 3

Необходимое оборудование: стеклянная тара, шёлковая нить, скотч, соломинка длиной около 2 см, полиэтиленовая трубка длиной около 40 см.

Ход работы:

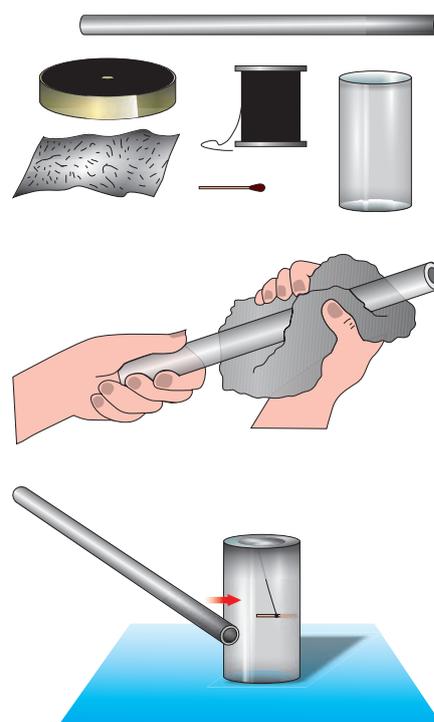
1. Завяжите нитку посередине соломинки.

2. Подвесьте посередине стеклянной тары соломинку на нити (конец нити прикрепите скотчем, как показано на рисунке).

3. Потрите полиэтиленовую трубку о шерстяную ткань и приблизьте к стеклянной таре. Понаблюдайте за взаимодействием полиэтиленовой трубки с соломинкой.

Основываясь на результатах опыта, запишите в тетрадях свои выводы.

Благодаря этим опытам вы узнали, что тела могут быть заряжены при трении друг о друга или при прикосновении к заряженному телу. А также, что вследствие электризации тела могут притягиваться или отталкиваться.





А вы знаете, как получается копия на копировальном аппарате?

Тела могут быть наэлектризованными под действием тепла, света и другими способами.

Вследствие электризации в телах возникают такие свойства взаимодействия, как притяжение и отталкивание, широко используемые в современной технологии. Например, при копировании оригинала бумага и тонер (порошковый краситель) заряжаются противоположными зарядами. В результате бумага притягивает к себе лёгкие красящие частички (рис.4.20).

Копировальные машины (лазерные принтеры) работают по следующему принципу: с помощью лазера на фотобарабан копируется изображение оригинала документа. Светлые области теряют заряд, и порошковый краситель (тонер) прилипает к заряженным (тёмным) областям барабана, которые ранее были засвечены лазером. Барабан вращается уже с нанесённым тонером. В результате частицы тонера переносятся на противоположно заряженную бумагу, и получается изображение на бумаге. Бумага нагревается, в результате чего тонер плавится и буквально прилипает к бумаге. Так получается копия страницы исходного документа.

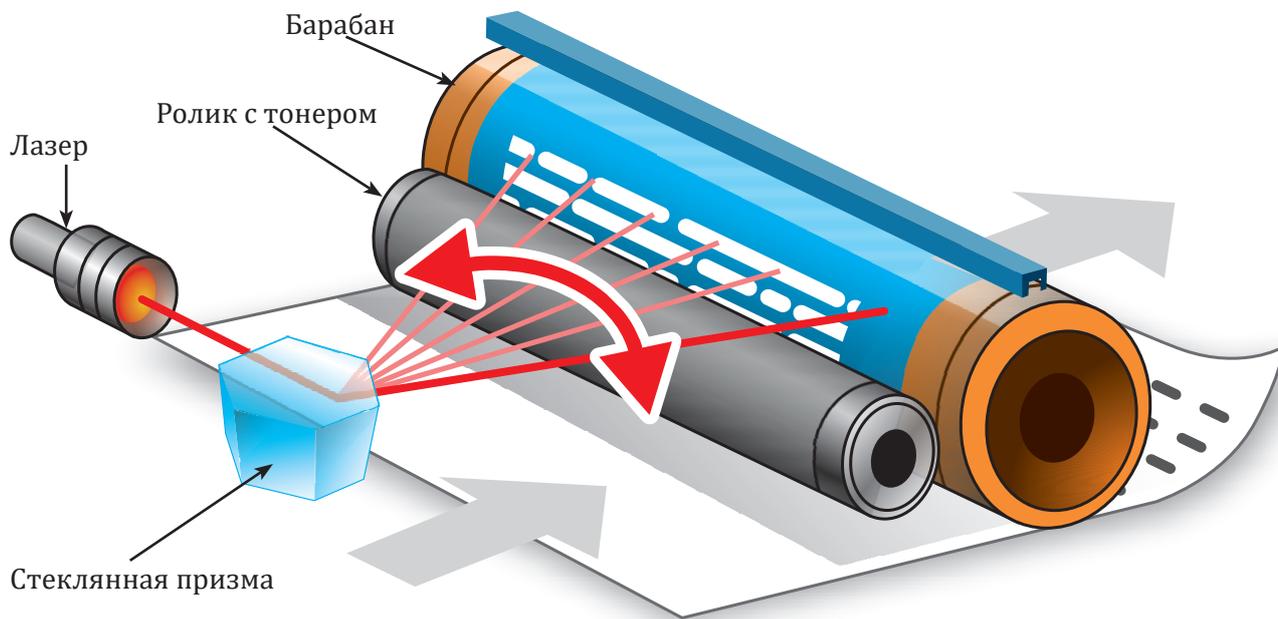


Рис. 4.20



1. Какой заряд приобретает шар при трении об него шёлковой тканью?
2. Какой заряд приобретает шар при трении об него шерстяной тканью?
3. Какое явление можно наблюдать при приближении двух стеклянных палочек, потёртых об одну и ту же ткань?

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЗАРЯДОВ В ПРОВОДНИКАХ

44

Тема



Распределение электрических зарядов в проводниках, клетка Фарадея

Допустим, что металлическому шару сообщён положительный заряд. Известно, что одноимённые заряды друг от друга отталкиваются. Поэтому, если в самом шаре имеется заряд, то заряды отталкиваются и будут стремиться расположиться как можно дальше друг от друга. В результате заряды со всего объёма шара распределятся по его поверхности. Положительные заряды, сообщённые шару, равномерно распределятся по поверхности шара (рис.4.21).

Как проверить то, что внутри шара заряд отсутствует?

Возьмём два электрметра, на один из которых установим полый шар (с отверстием внутри), а на другой – сплошной шар. Если полую шару сообщить заряд, то стрелка электрметра отклонится на определённый угол. С помощью шарика, прикреплённого к стержню из изолятора, коснёмся внутренней полости полого шара, а затем прикоснёмся этим шариком к сплошному шару незаряженного второго электрметра (рис.4.22 – а). Можно увидеть, что показания второго электрметра не изменились. Это означает, что внутри шара нет заряда. Заряд, сообщённый проводнику, распределился на поверхности шара. Это связано с наличием силы отталкивания между зарядами.

Теперь коснёмся шариком, прикреплённым к стержню из изолятора, поверхности шара первого электрметра. При этом электрметр показывает небольшое уменьшение заряда. Шариком касаемся сплошного шара незаряженного второго электрметра. При этом стрелка второго электрметра немного отклоняется, показывая наличие электрического заряда (рис.4.22 – б). Отсюда можно сделать вывод, что электрический заряд располагается на поверхности проводника.

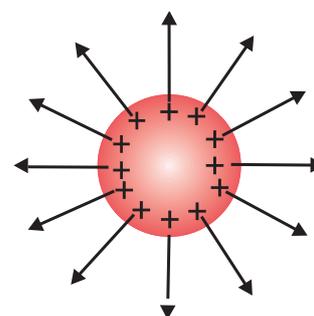
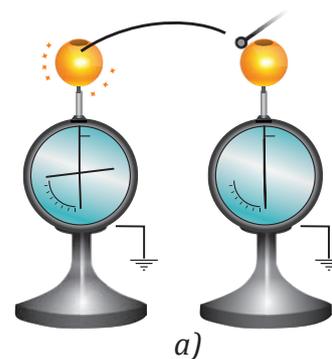
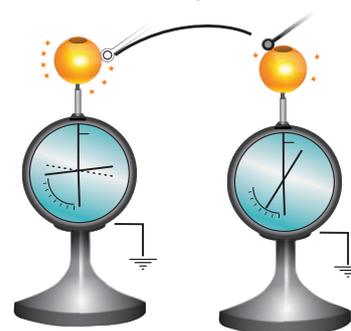


Рис. 4.21



а)



б)

Рис. 4.22

В изолированном проводнике электрические заряды располагаются на поверхности. Внутри проводника заряда нет.

Клетка Фарадея

Ознакомимся с устройством, которое разработал английский физик Майкл Фарадей, доказывающим отсут-



Майкл Фарадей
(1791–1867)

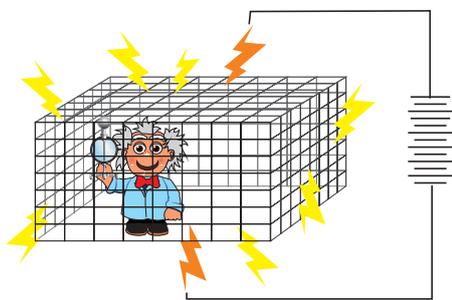


Рис. 4.23

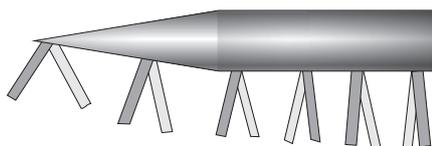


Рис. 4.24

ствие электрических зарядов внутри проводника. Поверхность клетки он покрыл тонкой фольгой. Фарадей, взяв в руки электроскоп, вошел в клетку. Его помощники подвесили клетку на шелковые канатные нити и подвели к клетке электрический заряд. Электроскоп, находящийся в клетке, не почувствовал электрического заряда. Значит, внутри металлической клетки заряд отсутствует (рис.4.23).

Фарадей доказал на этом опыте отсутствие заряда внутри проводника и его распределение на поверхности проводника. Это явление широко используется на практике. Например, для специалистов, работающих с высоковольтными линиями, шьётся специальная одежда из стальных и медных волокон. Сотни километров линий электропередач могут накапливать большое количество заряда, даже когда они отключены. А эта одежда защищает людей от поражения электрическим током.

Распределение зарядов на поверхности проводника

Мы убедились в том, что заряды на поверхности металлического шара распределяются равномерно. Но как будут распределяться заряды на поверхности проводника произвольной формы? На проводник, показанный на рис. 4.24, прикрепили листочки фольги по всей форме в разных местах. При зарядке проводника неправильной формы заряд по поверхности распределяется неравномерно. Листочки фольги, прикреплённые в разные места к остроконечному телу, раскрываются по-разному на проводнике. Значит, на острых участках, где площадь поверхности проводника мала, листочки фольги раскрываются больше за счёт более плотного распределения электрического заряда. На цилиндрической части листочки раскрыты меньше из-за того, что заряды распределены реже.

Значит, на острых частях тела накапливается больше заряда, и на телах неправильной формы заряд распределяется неравномерно.



1. Заряд равномерно распределяется по поверхности изолированного проводника в форме шара.
2. На проводнике неправильной формы заряд по поверхности распределяется неравномерно.



1. Почему некоторые вещи слипаются после того, как их вы достали из сушильной машины?
2. Как располагаются заряды в металлическом шаре?

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ В ПРИРОДЕ

Как появляются гроза, гром, молния?

45

Тема



Молния и гром

Мы много раз наблюдали молнию и гром. Образование молнии можно объяснить на основе взаимодействия разноимённых электрических зарядов. Вам известно, что при трении одного тела о поверхность другого появляется электрический заряд. При сближении тел с большими разноимёнными зарядами между ними возникает искра и слышен треск.

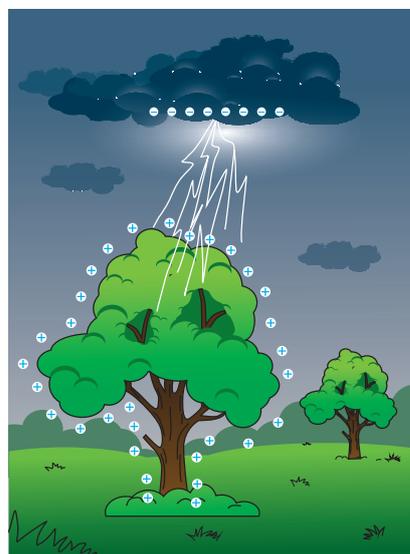
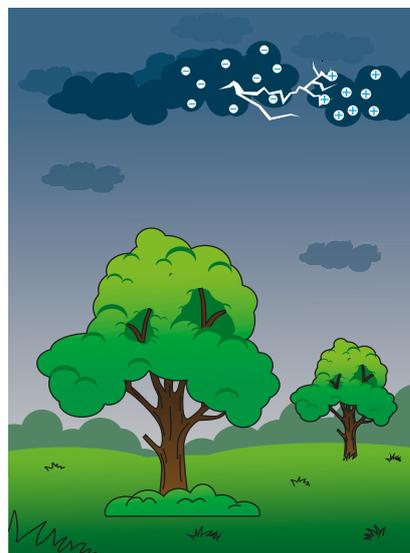
В воздухе всегда имеются частицы водяных паров. При понижении температуры в небе частицы водяных паров объединяются в мелкие капли воды. Место скопления таких мелких капель воды предстаёт перед нами в виде белого облака. По мере дальнейшего понижения температуры воздуха капли воды увеличиваются, и облака уже выглядят в виде чёрной тучи.

Облака в небе находятся в постоянном трении друг о друга, а также с разными слоями воздуха. В результате они сильно заряжаются. При приближении разноименных, сильно заряженных облаков отрицательные заряды одного облака притягиваются к положительным зарядам другого. При встрече разноимённых зарядов возникает сильная электрическая искра, т. е. появляется молния.

Молния – это мощная электрическая искра, возникающая между разноимённо заряженными облаками, либо между облаком и земной поверхностью.

Протяжённость молний в длину составляет несколько километров, диаметр – несколько сантиметров, а продолжительность составляет доли секунды. Во время удара молнии возникает сильный гром.

Гром – это звуковое явление, происходящее в воздухе (атмосфере) во время молнии, в результате быстрого повышения давления на пути молнии, вызванного нагревом воздуха.





Во время грозы молнию мы видим моментально, но звучание её – раскаты грома – доходит до нас через некоторый промежуток времени. Объясняется это тем, что свет за 1 секунду преодолевает расстояние 300 000 km, а звук за это время проходит всего лишь 330 m. Например, если молния сверкнёт от нас на расстоянии 3 km, то звучание грома мы услышим через 9 s.

Молнии возникают не только между облаками, но и между облаком и земной поверхностью. Поток большого количества электрических зарядов, образовавшихся в облаках, резко пробивает воздушную прослойку, оказываясь на земле в виде сильной молнии и раската грома. Если нижняя положительно заряженная часть облака приблизится к поверхности земли, то под этим облаком на земной поверхности соберутся отрицательные заряды. В результате заряженное облако взаимодействует с земной поверхностью через созданное электрическое поле. При приближении сильно заряженного облака к поверхности земли между землёй и облаком возникает очень сильная электрическая искра, т.е. вспышка молнии. Во время молнии заряды облака переходят в землю.

Защита от молнии

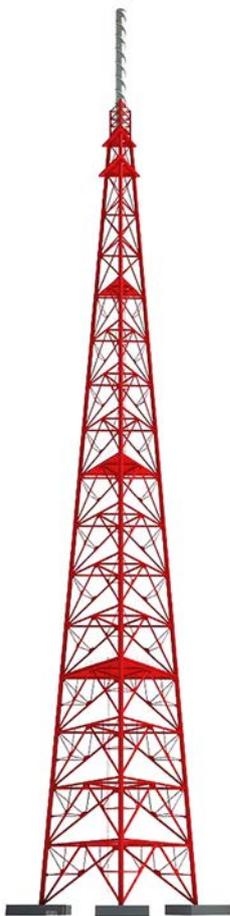
Мы часто слышим выражение «ударил молния», «пала молния». Что представляет собой удар молнии? Как от неё защититься?

Удар молнии – сильный электрический разряд, возникающий между заряжённым облаком и землёй, процесс мгновенного перехода зарядов с облака в землю.

Молния очень опасна. Заряжённое облако отдаёт сильный электрический заряд тем электропроводящим предметам, которые находятся ближе всего, т.е. наблюдается удар молнии. Поэтому в первую очередь молния ударяет в высоко расположенные вершины гор, башни, высотные здания, деревья, электрические столбы. Во время грозы молния может ударить и в человека, перемещающегося по земле. В это время опасно находиться где-то на высоте или стоять под деревом.

Обычно при строительстве высотных зданий и башен на высокой части крыши устанавливают громоотводы.

Громоотвод – это устройство, защищающее башни, здания, промышленные и сельскохозяйственные сооружения от удара молнии.



Громоотвод представляет собой металлический шест с заострённым наконечником, к которому крепится стальная проволока и соединяется с заземлением (то, куда уходит разряд молнии). Приблизившееся к земле заряжённое облако отдаёт свой отрицательный заряд в первую очередь громоотводу, установленному на башне или здании. Большой электрический заряд уходит в землю по толстому проводнику, соединённому с громоотводом, не нанося вреда зданию или башне. Чем выше установлен громоотвод, тем больше пространства он защищает.



1. Гроза, гром, молния – это примеры электрических явлений в природе.
2. Гром – это звуковое явление, вызванное нагревом воздуха на пути молнии.
3. Громоотвод используется в целях защиты от молнии.



1. Почему заряжаются облака?
2. Как можно получить искусственную молнию?
3. Почему мы слышим гром через несколько секунд после молнии? Почему гремит гром?
4. Каким образом громоотвод защищает башни и здания от молнии? Какую роль в этом играет земля?
5. Являетесь ли вы относительно защищённым от удара молнии, находясь в машине?

МОРСКОЙ УГОРЬ

Морской электрический угорь имеет длину до 1,5 метров и парализует свою добычу или врагов электрическим разрядом (током). Эту рыбу можно назвать «батареей» естественного аккумулятора. Каждая «батарея» в её теле производит электрический разряд напряжением 80 Вольт и частотой 250–300 с⁻¹.



46

Тема

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК



Электрический ток, источник тока, действия электрического тока

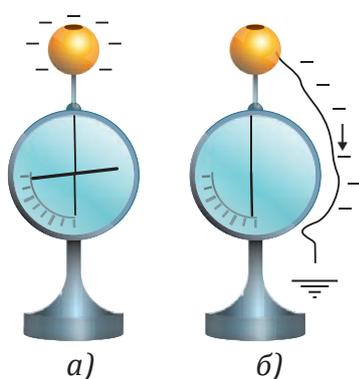


Рис 4.25

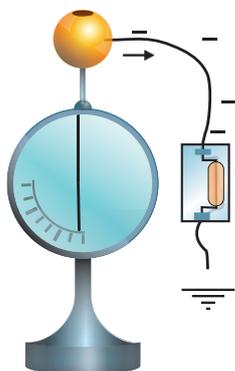


Рис 4.26

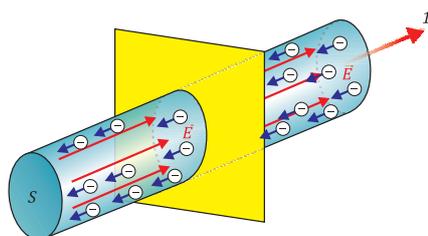


Рис 4.27

Рассмотрим простейший способ перемещения заряженных частиц при образовании электрического тока. Для этого зарядим шар электрометра эбонитовой палочкой потёртой о мех. При этом стрелка электрометра отклонится на определённый угол (рис.4.25- а). Если один конец проводника, второй конец которого заземлён, приставить к шару электрометра, то показания электрометра снизятся до нуля (рис.4.25- б). Это опыт показывает, что на шаре электрометра не осталось заряда, т.е. весь его заряд, двигаясь по проводнику, перешёл в землю.

Упорядоченное движение заряженных частиц, т.е. поток частиц, называется электрическим током.

Слово «ток» означает движение или течение чего-то.

Чтобы проследить за тем, ушёл ли заряд в землю или нет, подключим неоновую лампочку к заземлённому электрометру, как в вышеуказанном опыте. Один конец проводника, соединённый с лампочкой, приставим к заряженному шару, а второй заземлим. Можно увидеть, что одновременно с падением стрелки до нулевой отметки электрометра неоновая лампочка на мгновение вспыхнет и погаснет (рис.4.26). Следовательно, можно сделать вывод, что заряженные частицы в проводнике движутся упорядоченно, в одном направлении, и в проводнике возникает электрический ток (рис.4.27).

Роль электрического поля в образовании тока

Почему заряд, полученный в вышеуказанном опыте, уходит в землю?

Чтобы ответить на этот вопрос, сравним следующие опыты. Нам известно, что вокруг заряженного тела (подобно гравитационному полю) существует электрическое поле. На рис.4.28 показано тело массой m над Землёй, находящееся в гравитационном поле (рис.4.28 - а) и пробный отрицательный заряд $(-q)$, внесённый в электрическое поле (рис.4.28 - б) положительного неподвижного заряда $(+q)$. Оба поля действуют силой притяжения на тела, внесённые в них (поле Земли на тело массой m и поле неподвижного положительного заряда на заряд $(-q)$).

Если отпустить тело, то под действием земного притяжения тело начнёт падать вниз. Также заряженная частица с зарядом $-q$ приходит в движение за счёт электрического поля заряженного тела с зарядом $+q$. Это показывает, что оба поля имеют свои воздействия.

Возвращаясь к процессу, показанному на рис.4.25-б, можно увидеть, что заземлённый конец проводника был электрически нейтральным до того, как второй конец проводника не коснулся заряженного шара электрометра. При прикосновении конца проводника к шару заземлённый конец проводника мгновенно заряжается положительно (т. к. начинают «убегать» отрицательные частицы, и их число будет уменьшаться). В результате между шаром и землёй образуется электрическое поле. Под действием поля заряженные частицы (электроны) с шара упорядоченно движутся к земле, и в проводнике появляется кратковременный ток.

Как поддержать электрический ток в проводнике длительное время?

Для того чтобы ответить на этот вопрос, был проведён следующий опыт. На рис.4.29 показана электрофорная машина, к шарикам которой с помощью соединительных проводов подсоединены шары на изоляторах и неоновая лампочка. Вообще систему, образованную путём соединения электрических устройств с помощью соединительных проводов, называют электрической цепью. Если внимательно посмотреть на рисунок, то можно увидеть, что все устройства соединены друг с другом проводами, образуя замкнутую цепь, позволяющую перемещаться заряженным частицам. В разомкнутой цепи электрический ток отсутствует.

При вращении дисков электрофорной машины один из шариков заряжается положительно, а другой отрицательно. В результате между шариками с противоположными зарядами и в соединённых с ними проводниках возникает электрический ток. Под действием электрического поля заряженные частицы приходят в упорядоченное движение: возникает электрический ток, благодаря которому загорается неоновая лампочка. При непрерывном вращении дисков шарики будут непрерывно заряжаться. При этом поддерживается электрическое поле и горит лампочка.

Действия электрического тока

Непосредственно наблюдать за электрическим током, протекающим в проводнике, или за упорядоченным движением заряженных частиц, невозможно. Однако о существовании электрического тока можно узнать, увидев и почувствовав эффекты, которые он вызывает.

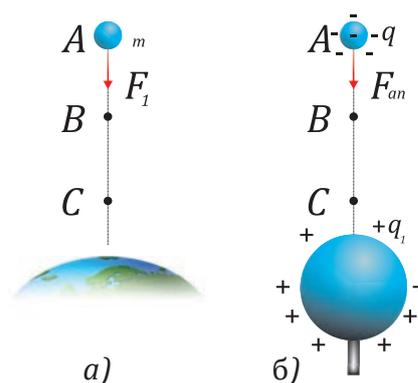


Рис 4.28

Чтобы получить электрический ток в проводнике, надо создать в нём электрическое поле.

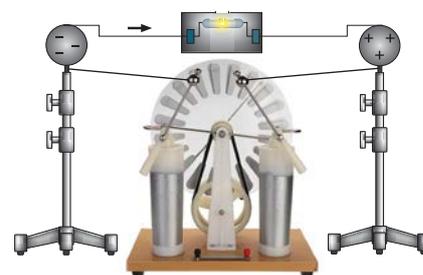


Рис 4.29

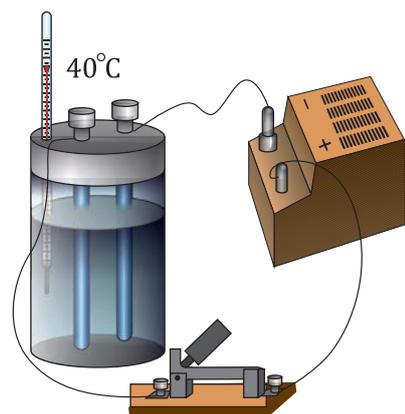


Рис. 4.30

Это такие действия, как:

1. *Тепловое действие* – при протекании электрического тока по проводнику он нагревается. Вы знаете, что электрическая печь нагревается, когда по её металлической спирали течёт электрический ток. Кроме этого, тепловое действие тока наблюдается и в жидкостях.

Если через водный раствор поваренной соли (NaCl) пропустить электрический ток, то через 1-2 минуты можно заметить значительное повышение температуры раствора (рис.4.30).

2. *Магнитное действие* – вокруг проводника с током создаётся магнитное поле. При приближении компаса к проводнику с током стрелка компаса начинает отклоняться от положения равновесия. Если остановить подачу тока, то стрелка примет исходное положение (рис.4.31). Значит, электрический ток обладает и магнитным действием.

3. *Химическое действие* – при прохождении тока через растворы меняется химический состав вещества. При протекании тока через раствор в течение достаточно долгого времени поверхность угольного стержня, опущенного в этот раствор, покрывается светло-серебристым веществом (металлом Na). Это говорит о том, что под действием тока произошло некоторое химическое изменение.

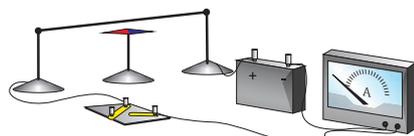


Рис. 4.31

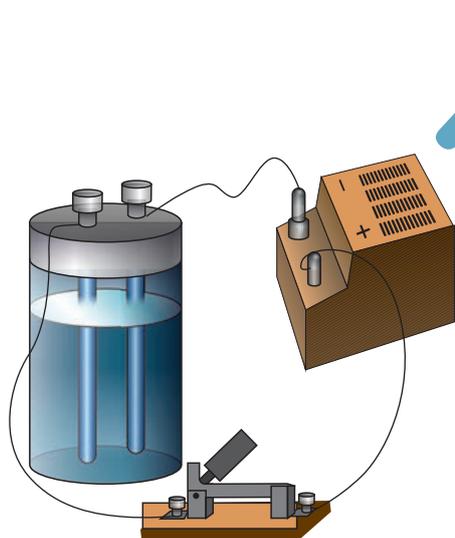


Рис. 4.32

1. Электрический ток – упорядоченное движение заряженных частиц.

2. Условия существования электрического тока:

- наличие свободно движущихся электрических частиц;
- электрическое поле, приводящее эти частицы в движение;
- наличие среды, в которой могут двигаться частицы.

3. Наличие электрического поля можно ощутить по следующим действиям:

- тепловое действие (в металлических проводниках и жидкостях);
- магнитное действие (в металлах, жидкостях, газах и даже в вакууме);
- химическое действие (в жидкостях).

?

- В чём причина упорядоченного движения заряженных частиц в проводнике?
- Каково направление движения электрического тока?
- Какие поля образуются вокруг проводника с током?

ИСТОЧНИКИ ТОКА

47
Тема

Источники постоянного тока, гальванический элемент, аккумулятор, электрическая цепь, электрическая схема

Понятие об источнике тока

В источниках тока имеются скопления положительно и отрицательно заряженных частиц. Разделенные разноименные частицы накапливаются на полюсах источника тока, между которыми возникает электрическое поле. Электрофорная машина, показанная на рис.4.29, также является источником тока. В ней механическая энергия превращается в электрическую. При вращении дисков электрофорной машины происходит разделение на положительно и отрицательно заряженные частицы, и на полюсах, т.е. на шариках, накапливаются противоположные заряды.

Если в проводнике электрическое поле постоянное, т.е. количество зарядов, проходящих через поперечное сечение проводника за равные промежутки времени одинаково, то значит, по проводнику течёт постоянный ток.

Постоянный поток заряженных частиц называется постоянным током. Источник постоянного тока – это источник, вырабатывающий постоянный ток, имеющий положительный и отрицательный полюса.

На сегодняшний день мы используем различные источники постоянного тока. Примерами являются такие источники, как гальванический элемент, аккумулятор, солнечная батарея и т.д.

Гальванические элементы

В таких устройствах, как электронные часы, телевизоры и пульты дистанционного управления в качестве источника питания применяются гальванические элементы. Простейший гальванический элемент был изобретён итальянским учёным Алессандро Вольта.

А.Вольта заметил, что когда пропитанное кислотой сукно помещали между цинковыми и медными дисками, медный диск заряжался положительно, а цинковый – отрицательно. Если эти диски соединить проводом, то по проводнику потечет ток. В целях увеличения тока Вольт заметил, что, увеличивая количество медных и цинковых

Чтобы лампа, подключенная к проводнику, горела длительное время, необходимо наличие источника тока, создающего электрическое поле.



Алессандро Вольта
(1745–1827)

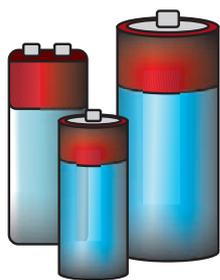


Рис. 4.33

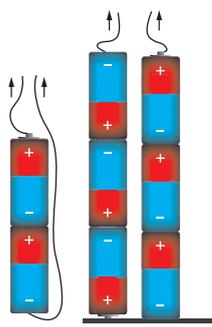


Рис. 4.34



Рис. 4.35

дисков, разделённых кислотным сукном, ток растёт. Таким образом, был изобретён простой источник тока. Поэтому его называют гальваническим элементом Вольта.

В настоящее время доступно множество гальванических элементов (рис.4.33). Для увеличения мощности, получаемой от гальванических элементов, их соединяют последовательно друг с другом (рис.4.34). Такую систему последовательно соединённых гальванических элементов называют гальванической батареей. Такие устройства как компьютеры (ноутбуки), радиоприёмники, телевизоры и холодильники, оснащены гальваническими батареями. Обычно гальванические элементы считаются одноразовыми источниками питания, их используют однократно.

Аккумуляторы. Слово аккумулятор взято от латинского, что означает «накоплять».

На рис. 4.35 показан аккумулятор, производимый у нас в стране.

Аккумуляторы имеют широкое и разнообразное применение. Например, они используются в качестве источника электроэнергии для запуска автомобильных двигателей, на подводных лодках и спутниках Земли. Аккумуляторы – это многоразовые источники питания, которые можно подзаряжать снова и снова.

Солнечная батарея. Помимо гидро-, тепловых, атомных и ветряных электростанций, в настоящее время широко используются фотоэлектрические электростанции. Фотоэлектрические электростанции преобразуют световую энергию солнца в электрическую. Эти станции не загрязняют окружающую среду. Устройство, преобразующее световую энергию в электрическую, называется фотоэлементом. На рис. 4.36 показана солнечная батарея, состоящая из фотоэлементов.

Все источники тока имеют положительный (+) и отрицательный (-) полюса, за направление электрического тока принято направление от положительного полюса к отрицательному полюсу. На рис. 4.37 показано направление электрического тока.



Рис. 4.36

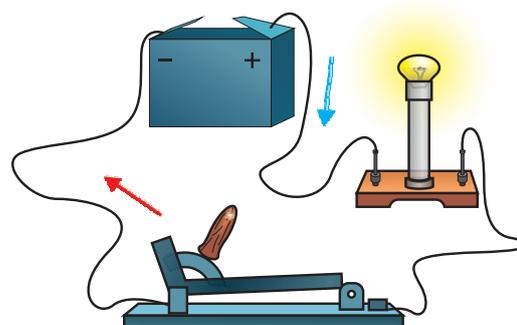


Рис. 4.37

Значит, при потреблении электроэнергии применяют разные источники тока. При использовании источников тока важно экономно использовать электроэнергию.

Электрическая цепь

Слово цепь означает соединение (сборка) нескольких частей. Электрическая схема состоит из нескольких элементов.

Например, цепь, состоящая из источника тока, проводников (соединительные провода), электрического потребителя и ключа, представляет из себя простую электрическую цепь.

На рис. 4.38 - а показана простая электрическая цепь, состоящая из источника тока, лампочки и выключателя (ключа). Если обратить внимание на рисунок, ключ находится в открытом положении. В этом случае цепь считается разомкнутой: ток по ней не течёт, лампа не горит.

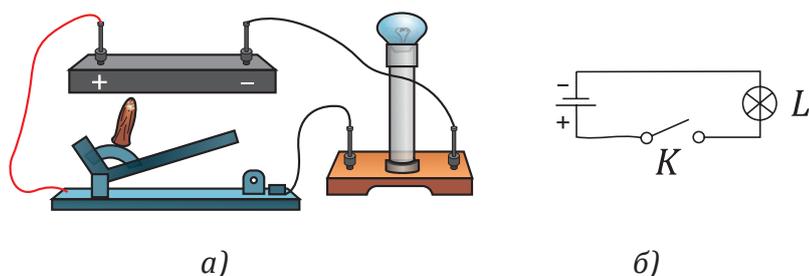


Рис. 4.38

Обычно перед сборкой электрической цепи на схеме описывают, как устроены её элементы и как они соединены друг с другом. Эти чертежи называются электрическими схемами. На рис. 4.38 - б показана электрическая схема разомкнутой цепи.

На рис. 4.39 - а показано подключенное положение ключа в электрической цепи, т.е. цепь замкнута. В этом случае по цепи проходит электрический ток и лампочка загорается. Электрическая схема замкнутой цепи изображена на рис.4.39 - б.

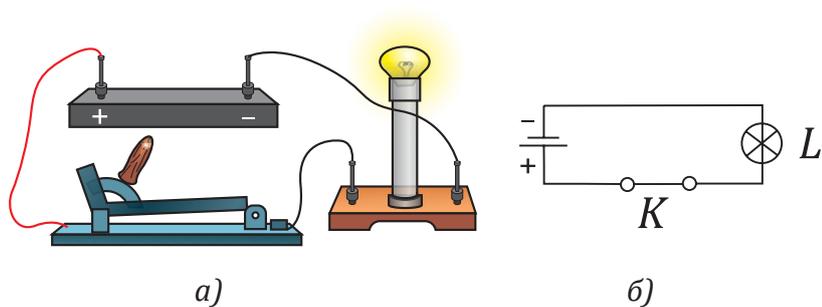
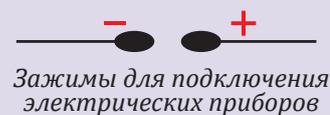
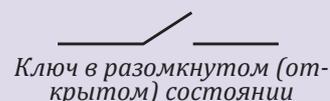
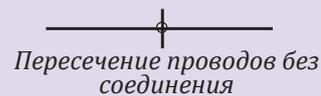
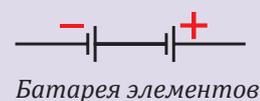


Рис. 4.39

Условные обозначения, каждого элемента, применяемые на схеме.





1. Для протекания постоянного тока в проводнике необходим источник тока.
2. Источник постоянного тока – это источник, вырабатывающий постоянный ток, имеющий положительный и отрицательный полюс.
3. В источниках тока происходит превращение любого вида энергии в электрическую.

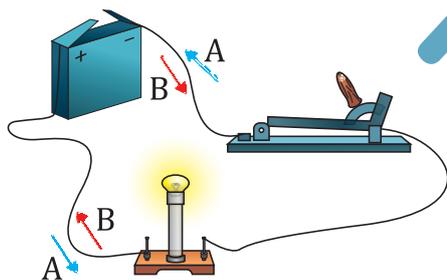


Рис.4.40



1. Какие источники тока вы знаете?
2. Какие электроприборы мы используем в наших домах?
3. Какую роль играет ключ в электрической цепи?
4. В чём сходство между аккумулятором и простой батареей?
5. На рис. 4.40 стрелками показаны два направления тока: А и В. Какое направление указано верно?



Практическое задание

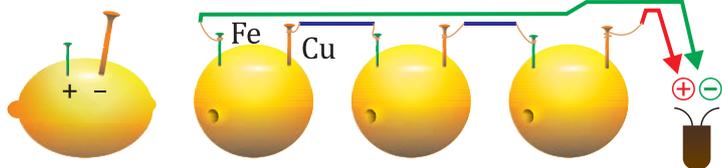


Рис.4.41

1

Получение источника тока

Необходимое оборудование: лимоны, железные гвозди, толстые медные провода, неоновая лампочка и соединительные провода.

1. По рисунку соберите источник тока.
2. Начертите в тетради простую электрическую схему, позволяющую проверить работу этого источника.
3. Запишите в тетради все условные обозначения элементов, используемых в схеме.
4. Запишите последовательность ваших действий при выполнении практической работы.
5. На основании опыта сделайте свои выводы.

2

Начертите схему подключения карманного фонаря, показанного на рис.4.41, для замкнутого и разомкнутого положения ключа.

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ НАПРЯЖЕНИЕ И ЕГО ИЗМЕРЕНИЕ

48

Тема



Электрическое напряжение, вольт, вольтметр

На электроцитах в школе и многоэтажных домах вы неоднократно читали такую надпись, как «Осторожно! Высокое напряжение! Опасно для жизни!». Что же такое напряжение? Почему высокое напряжение опасно для жизни?

Понятие о напряжении

Отрицательно заряженные электроны в проводнике, подключенном к электрической цепи, движутся от отрицательного полюса источника к положительному полюсу (в направлении, противоположном направлению электрического тока). В этом случае источник тока совершает работу. Для описания способности электрического тока совершать работу вводится понятие электрического напряжения или просто напряжения.

Физическая величина, количественно равная работе электрического поля на этом участке при перемещении положительного единичного заряда, называется напряжением.

Напряжение является скалярной величиной и обозначается буквой U . Оно рассчитывается по формуле:

$$U = \frac{A}{q}. \quad (1)$$

Здесь A – работа тока при перемещении заряда q .

В Международной системе единиц (СИ) за единицу напряжения принят вольт (V), в честь итальянского учёного А.Вольта, создавшего первый гальванический элемент.

1V равен такому электрическому напряжению на концах проводника, при котором работа по перемещению электрического заряда в 1 C по этому проводнику равна 1 J, т.е.

$$1 \text{ V} = \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ C}}.$$

Если напряжение на участке цепи равно 3 V, то при прохождении заряда 0,5 C ток совершит работу, равную 1,5 J.



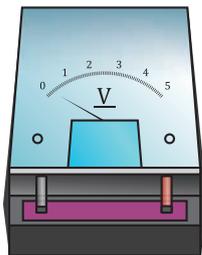


Рис.4.42

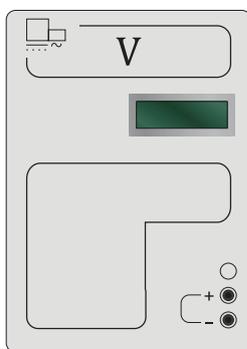


Рис.4.43

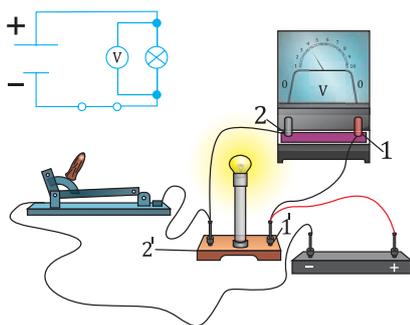


Рис.4.44

Значит, напряжение характеризует способность электрического поля совершать работу на рассматриваемом участке. Из формулы (1) следует, что работа электрического поля равна:

$$A = q U \quad (2)$$

Из формулы (2) делаем вывод, что работа, совершаемая электрическим полем, зависит от приложенного напряжения.

На практике применяют и такие единицы, как милливольт (mV) – дольная единица, мегавольт (MV) и киловольт (kV) – кратные единицы.

$$1 \text{ mV} = 0,001 \text{ V} = 10^{-3} \text{ V};$$

$$1 \text{ kV} = 1000 \text{ V} = 10^3 \text{ V.}$$

$$1 \text{ MV} = 1000 \text{ 000 V} = 10^6 \text{ V}$$

В таблице приведено напряжение некоторых источников тока и линий электропередач.

№	Источники тока и линии электропередач	Напряжение
1.	Сухой гальванический элемент	1,5 V
2.	Аккумулятор автомобиля	12 V
3.	Напряжение в осветительной сети	220 V
4.	Напряжение в линиях электропередач (большого тока)	5 - 500 kV

Измерение напряжения

Для измерения напряжения на полюсах источника или на каком-нибудь участке цепи применяют прибор, называемый вольтметром.

На рис.4.42. показан общий вид и условное обозначение вольтметра на схеме.

Сегодня в нашей стране налажено производство лабораторного оборудования для образовательных учреждений. На рис. 4.43 показан общий вид и условное обозначение учебного вольтметра, производимого в нашей стране.

Зажимы вольтметра помечены знаками «+» и «-». Для измерения напряжения на полюсах источника тока необходимо зажим «+» вольтметра соединить с положительным полюсом источника тока, а зажим «-» вольтметра соединить с отрицательным полюсом источника тока. Аналогичным путём измеряется и напряжение других потребителей. Например, чтобы измерить напряжение на концах лампочки, к зажиму 1' лампочки подключают за-

жим 1 вольтметра и к зажиму 2' лампочки подключают зажим 2 вольтметра (рис.4.44).

Такое включение прибора называют параллельным.

Вольтметр включается параллельно к потребителю, напряжение которого надо измерить.

Соединения источников тока

Часто бывает недостаточно напряжения, подаваемого одним источником. Например, портативное радио работает от источника тока 3 V. Напряжение каждого гальванического элемента равно 1,5 V. Для получения 3V необходимо последовательно включить два гальванических элемента по 1,5 V (рис.4.45 -а). Для магнитофона, работающего от источника тока 9 V, необходимо последовательно подключить шесть гальванических элементов по 1,5 V (рис.4.45 -б).

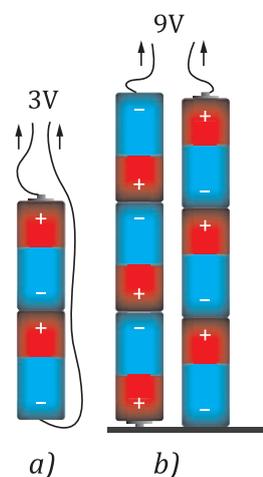


Рис.4.45



1. В международной системе единиц (СИ) за единицу напряжения принят вольт (V).
2. 1 V равен такому электрическому напряжению на концах проводника, при котором работа по перемещению электрического заряда в 1 C по этому проводнику равна 1 J.
3. Напряжение характеризует способность электрического поля совершать работу на рассматриваемом участке.
4. За направление электрического тока принято направление положительно заряженных частиц.
5. Напряжение измеряется с помощью вольтметра.
6. Вольтметр подключается к источнику тока и потребителю параллельно.

Примеры решения задач

1 Вольтметр, включенный параллельно лампочке в электрической цепи, показывает напряжение 1,5 V. Какая работа совершается при прохождении через лампочку заряда 3,2 C?

Дано:	Формула:	Решение:
$U = 1,5 \text{ V}$ $q = 3,2 \text{ C}$	$U = \frac{A}{q}; A = q \cdot U$	$A = q \cdot U = 3,2 \cdot 1,5 \text{ J} = 4,8 \text{ J}$
Найти: $A = ?$	$[A] = 1 \text{ C} \cdot \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ C}} = 1 \text{ J}$	Ответ: $A = 4,8 \text{ J}$.

2 Вольтметр, включенный параллельно лампочке в электрической цепи, показывает напряжение 3 V. Сколько электронов должно пройти через лампочку, чтобы была совершена работа, равная 36 J?

Дано:	Формула:	Решение:
$U = 3 \text{ V}$ $A = 36 \text{ J}$ $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$	$q = e \cdot N$ $A = q \cdot U = e \cdot N \cdot U$ $N = \frac{A}{e \cdot U}$	$N = \frac{36}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 3} = 7,5 \cdot 10^{19}$
<b style="color: #e91e63;">Найти: $N = ?$	$[N] = \frac{\text{J}}{\text{C} \cdot \text{V}} = \frac{\text{C} \cdot \text{V}}{\text{C} \cdot \text{V}} = \text{без ед. изм.}$	Ответ: $N = 7,5 \cdot 10^{19}$ штук.



1. Лампа накаливания имеет маркировку 6,5 V. Что означает эта надпись?
2. При каком напряжении работает аккумулятор автомобиля?
3. Как необходимо подключить источники тока, чтобы увеличить напряжение?
4. Какое минимальное напряжение считается безопасным для жизни человека?



Упражнение 28

- 1 Какую работу совершает электрическое поле при перемещении заряда 1,5 C? Напряжение источника тока 6 V.
- 2 При прохождении через лампочку электрической цепи заряда 9 C совершена работа тока, равная 36 J. Чему равно напряжение лампочки?
- 3 Вольтметр, включенный параллельно лампочке в электрической цепи, показывает напряжение 6 V. Сколько электронов должно пройти через лампочку, чтобы была совершена работа, равная 4,8 J?
- 4 При прохождении заряда 3,2 C совершена работа 64 J. Чему равно напряжение на концах проводника?
- 5 Сколько гальванических элементов по 1,5 V необходимо включить последовательно в магнитофон, работающий при напряжении 15 V?

Практическое задание

Необходимое оборудование: аккумулятор, батарея, вольтметр.

Подключив вольтметр к клеммам аккумулятора или батареи, измерьте напряжение источника тока.

СИЛА ТОКА

49
Тема

Сила тока, единица силы тока, амперметр

Понятие о силе тока

Для описания тока, протекающего в электрической цепи, вводится специальная физическая величина – сила тока.

Физическая величина, численно равная количеству заряда, пройденного через поперечное сечение проводника за единицу времени, называется силой тока.

Сила тока обозначается буквой I . Если за промежуток времени t через поперечное сечение проводника S прошёл заряд q , то ток можно определить по следующей формуле:

$$I = \frac{q}{t}. \quad (1)$$

В Международной системе единиц (СИ) за единицу силы тока принят ампер (А), в честь французского физика Андре Мари Ампера. Из определения силы тока выведем единицу измерения силы тока:

$$1\text{А} = \frac{1\text{С}}{1\text{с}}.$$

Значит, при прохождении заряда в 1 С через поперечное сечение проводника за 1 с сила тока в цепи будет равна 1 А.

Из формулы (1) можно вывести формулу заряда, проходящего по цепи в 1 с :

$$q = I \cdot t \quad (2)$$

Основываясь на формулу (2), единица заряда равна: $1\text{С} = 1\text{А} \cdot 1\text{с}$

Значит, кулон равен электрическому заряду, проходящему через поперечное сечение проводника при силе тока 1 А за время 1 с.

Сила тока – скалярная величина.

Ток, проходящий через осветительную лампочку, используемую в наших квартирах, составляет 0,2 А – 0,5 А. Также, такие устройства как калькуляторы, электронные часы и мобильные телефоны, широко используемые в обычной жизни, потребляют в несколько миллионов раз меньше тока, чем 1 А. Поэтому на практике при измерении силы тока помимо ампера (А) применяются такие единицы как миллиампер (мА) и микроампер (µА).



Андре Мари Ампер
(1775–1836)

$$1\text{ мА} = 0,001\text{ А} = 10^{-3}\text{ А};$$

$$1\text{ µА} = 0,000\text{ 001 А} = 10^{-6}\text{ А}.$$



Рис. 4.46

Измерение силы тока

Сила тока измеряется специальным прибором – **амперметром**. На рис.4.46 показан один из видов амперметра. В цепь амперметр подключается последовательно.

На рис. 4.47 показан амперметр отечественного производства, используемый на уроках физики. На сегодняшний день применяются также современные цифровые и электронные амперметры.

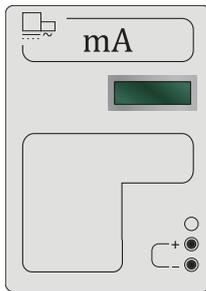


Рис. 4.47

При подключении амперметра в цепь зажим, отмеченный «+», соединяется с проводником, идущим от положительного полюса источника тока. Зажим амперметра с пометкой «-» подключается к отрицательному полюсу источника тока через потребитель (рис.4.47).

Амперметр, включенный в сеть до потребителя или после, будет показывать одинаковое значение. На рис. 4.48 показано подключение амперметра к потребителю в электрической цепи.

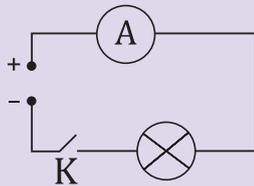
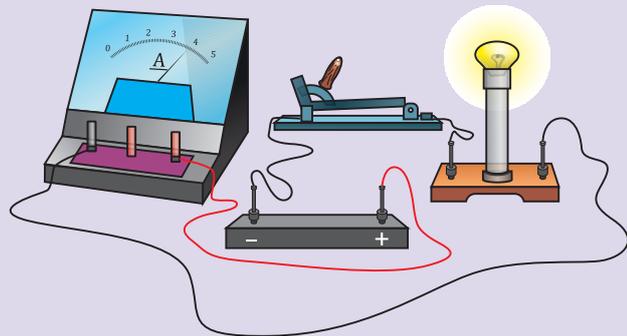


Рис. 4.48



1. В Международной системе единиц (СИ) за единицу силы тока принят ампер (А).
2. При прохождении заряда в 1 С за 1 с через поперечное сечение проводника сила тока в цепи будет равна 1 А.
3. Сила тока измеряется специальным прибором – амперметром.
4. В цепь амперметр подключается последовательно к потребителю.



1. Что характеризует сила тока?
2. Можно ли получить большой ток, пропуская небольшое количество заряда через проводник?
3. Есть ли сходства между термином *сила* из выражения *сила тока* и термином *сила* в механике?
4. Почему амперметр подключают в электрическую цепь через потребитель?

Пример решения задачи

По спирали электрической лампочки проходит ток, равный 0,4 А. Чему равен заряд и сколько электронов пройдёт через спираль лампочки за 5 минут?

Дано:	Формула	Решение
$I = 0,4 \text{ A}$ $t = 5 \text{ min} = 300 \text{ s}$ $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$	$q = I \cdot t; \quad q = |e| \cdot n;$ $[q] = 1 \text{ A} \cdot 1 \text{ s} = 1 \text{ C}; \quad n = \frac{q}{|e|} = \frac{I \cdot t}{|e|}$ $[n] = \frac{1 \text{ A} \cdot \text{s}}{1 \text{ C}} = \frac{1 \text{ C}}{1 \text{ C}} = 1$	$q = 0,4 \cdot 300 \text{ C} = 120 \text{ C}$ $n = \frac{0,4 \cdot 300}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 7,5 \cdot 10^{20} \text{ та.}$ Ответ: $q = 120 \text{ C};$ $n = 7,5 \cdot 10^{20}.$
Найти: $q = ?; n = ?$		



Упражнение 29

- 1 Определите силу тока в цепи, если через проводник за 4 минуты проходит электрический заряд, равный 60 С.
- 2 Сила тока в электрической цепи 0,32 А. Сколько электронов пройдёт через проводник за 0,5 минуты?
- 3 По спирали электрической лампочки проходит ток, равный 0,3 А. За какое время через спираль лампочки пройдёт заряд в 36 С?



Практическое задание

Определение силы тока, протекающего через потребителя, с помощью амперметра.

Прежде чем начать занятие, перечертите таблицу в тетрадь.

Положения переключателя	4	6	8	10
Показания миллиамперметра, (mA)				

Ход работы:

1. Соберите электрическую цепь, показанную на схеме рис. 4.49. Ключ оставьте в открытом положении. Примечание: возьмите лампочку, рассчитанную на напряжение до 12 В.
2. Напряжение питания потребителей установите на положение 4 В.
3. Замкните ключ. Измерьте по показаниям миллиамперметра показания силы тока, протекающего через лампу. Запишите показания в таблицу.
4. Повторите опыт, устанавливая напряжение питания потребителя в цепи на 6 В, 8 В и 10 В. Полученные показания перенесите в таблицу.
5. Основываясь на результаты запишите свои выводы.

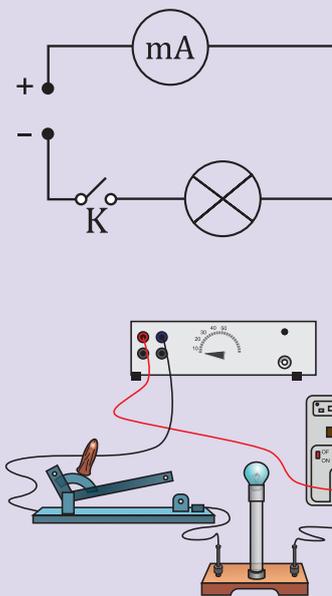


Рис. 4.49



50 Тема

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

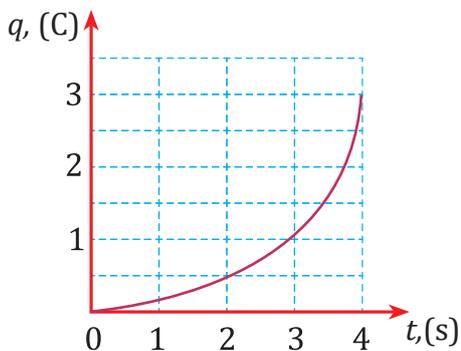
1 От источника тока на клеммы проводника подано напряжение 3 V. Какую работу по перемещению электрического заряда выполняет источник тока, если за 0,5 часа протекает ток 120 mA?

Дано:	Формула:	Решение:
$U = 3 \text{ V}$ $t = 0,5 \text{ h} = 1800 \text{ s}$ $I = 120 \text{ mA} = 0,12 \text{ A}$	$I = \frac{q}{t}; \quad q = I \cdot t;$ $A = q \cdot U = I \cdot t \cdot U$ $[A] = [q \cdot U] = \text{C} \cdot \text{V} = \text{J}$	$A = 0,12 \cdot 1800 \cdot 3 \text{ J} = 648 \text{ J}$ Ответ: $A = 648 \text{ J}$.
Найти: $A = ?$		

2 Сила тока в электрической цепи 0,32 A. Чему равна масса электронов, пройденных через проводник за 30 минут?

Дано:	Формула:	Решение:
$I = 3,2 \text{ A}$ $t = 1800 \text{ s}$ $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ $m_0 = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$	$I = \frac{q}{t};$ $q = N \cdot e;$ $N = \frac{q}{e} = \frac{I \cdot t}{e};$ $m = N \cdot m_0 = \frac{I \cdot t}{e} \cdot m_0$ $[m] = \frac{\text{A} \cdot \text{s}}{\text{C}} \cdot \text{kg} = \frac{\text{C}}{\text{C}} \cdot \text{kg} = \text{kg}$	$m = \frac{3,2 \cdot 1800}{1,6 \cdot 10^{-19}} \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \approx 3,3 \cdot 10^{-8} \text{ kg}$ Ответ: $m \approx 3,3 \cdot 10^{-8} \text{ kg}$.
Найти: $m = ?$		

3 На графике показана зависимость заряда, пройденного через сечение проводника, от времени. Определите силу тока в проводнике в момент времени $t = 4 \text{ s}$.



Дано:	Формула:	Решение:
$t = 4 \text{ s}$ $q = 3 \text{ C}$	$I = \frac{q}{t};$ $[I] = \frac{\text{C}}{\text{s}} = \text{A}$	$I = \frac{3}{4} \text{ A} = 0,75 \text{ A}$ Ответ: $I = 0,75 \text{ A}$.
Найти: $I = ?$		



Упражнение 30

1 Сила тока в электрической цепи 0,8 А. Определите массу электронов, пройденных через проводник за 10 минут.

2 По потребителю течёт ток силой 20 мА. Какое напряжение от источника тока подано на клеммы потребителя, если за 2 часа источником тока совершена работа по перемещению электрического заряда 720 Дж?

3 По спирали электрической лампочки проходит ток, равный 0,4 А. Чему равен заряд и сколько электронов пройдёт через спираль лампочки за 3 минуты?

4 Аккумулятор автомобиля напряжением 12 В подаёт на генератор ток, равный 50 А. Какую работу выполнил аккумулятор, если двигатель завёлся через 2 с?

5 Какое напряжение от источника тока подано на спираль лампочки, если при прохождении заряда 25 С источник тока совершает работу 100 Дж?

6 На графике рис.4.50 показана зависимость заряда, пройденного через сечение проводника, от времени. Определите по нему силу тока в проводнике.

7 На графике рис.4.51 показана зависимость силы тока от времени. Определите по нему количество заряда, пройденного через проводник за 4 с.

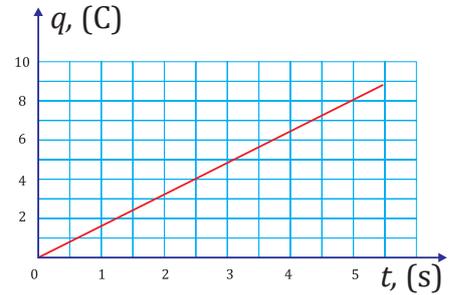


Рис. 4.50

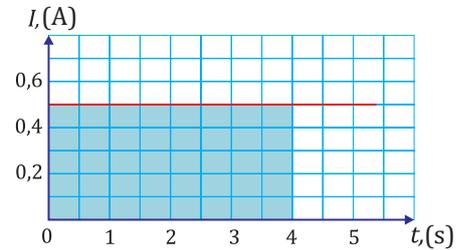


Рис. 4.51



51

Тема

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

Измерение силы тока и напряжения

Цель: измерение силы тока и напряжения на различных участках цепи.

Необходимое оборудование: источник тока, амперметр, вольтметр, две лампочки, ключ, соединительные провода.

Прежде чем начать занятие, перечертите таблицу в тетрадь.

Положения переключателя	Лампочка 1		Лампочка 2	
	I_1 (A)	U_1 (V)	I_2 (A)	U_2 (V)
1				
2				
3				

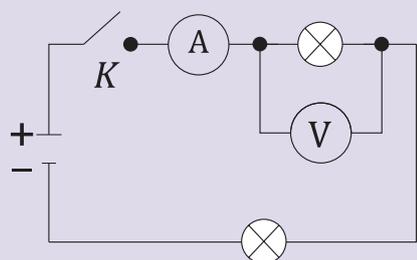
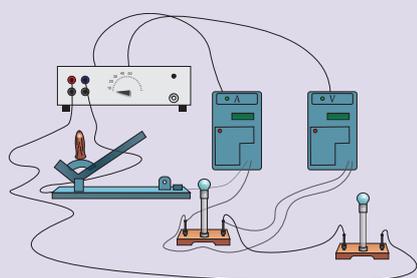


Рис. 4.52

Порядок выполнения работы:

1. Соберите цепь, состоящую из источника тока, амперметра, вольтметра, лампочек и ключа (рис.4.52). Вольтметр подключите к концам первой лампочки.

2. Установите положение переключателя источника тока на 4V.

3. Замкните ключ. Обе лампы, подключенные к цепи, загораются. Снимите показания амперметра и вольтметра. Запишите в таблицу.

Примечание: вольтметр измеряет напряжение на концах первой лампочки.

4. Разомкните ключ. Подключите вольтметр к концам второй лампочки.

5. Замкните ключ. Обе лампы, подключенные к цепи, опять горят. Снимите показания амперметра и вольтметра. Запишите в таблицу.

Примечание: вольтметр измеряет напряжение на концах второй лампочки.

6. Разомкните ключ. Установите положение переключателя источника тока на 6V. Повторите опыт, описанный в 3, 4, 5 пунктах.

7. Проанализируйте результаты опыта и сделайте выводы.

Электрическое сопротивление, удельное сопротивление вещества

Понятие об электрическом сопротивлении

Соберём цепь, состоящую из источника тока, лампочки и амперметра, соединённых последовательно через ключ (рис.4.53 –а). При замыкании ключа лампа горит ярко, амперметр показывает силу тока, проходящую в цепи.

Размыкаем ключ. В эту цепь подсоединим последовательно с лампой никелиновую спираль длиной 1,5 – 2 м.

При замыкании ключа можно увидеть, что лампа горит тускло, а амперметр показывает уменьшение тока в цепи (рис.4.53 –б). Это означает, что никелиновая спираль уменьшает силу тока, т.е. оказывает сопротивление прохождению тока.

Физическая величина, характеризующая сопротивление проводника прохождению тока в цепи, называется электрическим сопротивлением и обозначается буквой R .

В Международной системе единиц (СИ) за единицу сопротивления принят ом (Ω), в честь немецкого физика Георга Симона Ома. Применяют и другие единицы сопротивления: миллиомы ($m\Omega$), килоомы ($k\Omega$), мегаомы ($M\Omega$).

$$1 \text{ m}\Omega = 0,001 \Omega = 10^{-3} \Omega$$

$$1 \text{ k}\Omega = 1000 \Omega = 10^3 \Omega$$

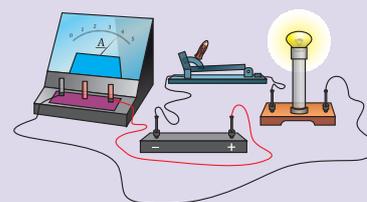
$$1 \text{ M}\Omega = 1000000\Omega = 10^6 \Omega.$$

Сопротивление проводника можно измерить с помощью прибора, называемого омметром. На рис. 4.54 показан внешний вид омметра отечественного производства

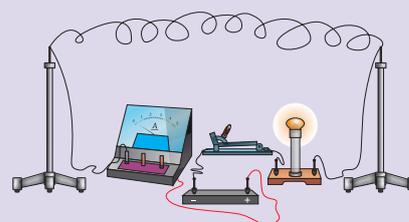
Зависимость электрического сопротивления от длины проводника

Соберём электрическую цепь, показанную на рис.4.55. Здесь зажимы 1 и 2; 2 и 3; 3 и 4; 4 и 5 соединены нихромовыми проводами (спиралями) одинаковой длины.

Пусть положительный полюс источника тока подключен через амперметр к зажиму 1, а отрицательный полюс к зажиму 2 через ключ. Пусть при включении цепи с помощью ключа амперметр показывает силу тока, равную 40 мА. Если отрицательный полюс подсоединить к зажиму 3, то амперметр покажет ток 20 мА, а если подсоединить к зажиму 4, то амперметр покажет ток 10 мА.



а)



б)

Рис. 4.53

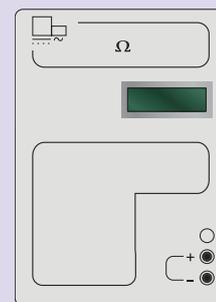


Рис. 4.54

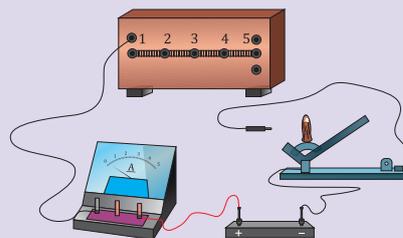


Рис. 4.55

Из данного опыта можно сделать вывод, что во сколько раз увеличивается длина проводника, во столько раз уменьшается сила тока в цепи, т.е. во столько раз увеличивается сопротивление.

Электрическое сопротивление проводника прямо пропорционально его длине:

$$R \sim l. \quad (1)$$

Зависимость электрического сопротивления от площади сечения проводника

Давайте немного изменим опыт. Соберём цепь, указанную на рис.4.56. Зажимы 1, 3 и 5 соединены медным проводом, который через амперметр соединён с положительным полюсом источника тока. Зажимы 1 и 2, 3 и 4, 5 и 6 соединены тремя нихромовыми проволоками одинаковой длины и одинаковым поперечным сечением.

Если отрицательный полюс источника подсоединить к зажиму 2 через ключ, то амперметр покажет значение 0,5 А. При соединении отрицательного полюса источника с зажимами 4 и 6 через ключ амперметр также покажет значение 0,5 А.

Теперь соединим зажимы 2 и 4. Этим мы увеличим площадь сечения нихромовой проволоки в 2 раза. Если отрицательный полюс источника подсоединить к зажиму 4 через ключ, то амперметр покажет значение 1 А.

Соединяя зажимы 2, 4 и 6, мы увеличим площадь сечения нихромовой проволоки в 3 раза. Если отрицательный полюс источника подсоединить к зажиму 6 через ключ, то амперметр покажет значение 1,5 А.

Из опыта можно сделать вывод, что во сколько раз мы увеличиваем площадь сечения проводника, во столько раз уменьшается его сопротивление.

Электрическое сопротивление проводника обратно пропорционально его площади сечения:

$$R \sim \frac{1}{S}. \quad (2)$$

Обобщая результаты выводов наших опытов, получаем:

$$R \sim \frac{l}{S} \quad (3)$$

Если знак « \sim » заменить знаком « $=$ », то получим следующее выражение:

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (4)$$

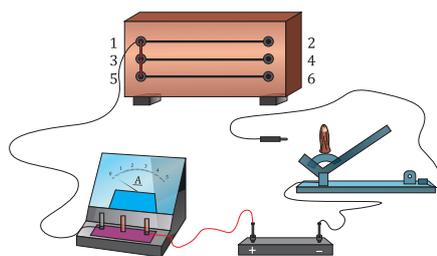


Рис. 4.56

здесь ρ – коэффициент пропорциональности, который называется **удельным сопротивлением проводника**. Ниже мы ознакомимся подробнее с этой величиной.

Удельное сопротивление

Подсоединим поочерёдно в одну и ту же цепь три разных провода одинаковой длины и площадью сечения, но изготовленных из разных материалов, например, никелина, нихрома и хрома (рис.4.57).

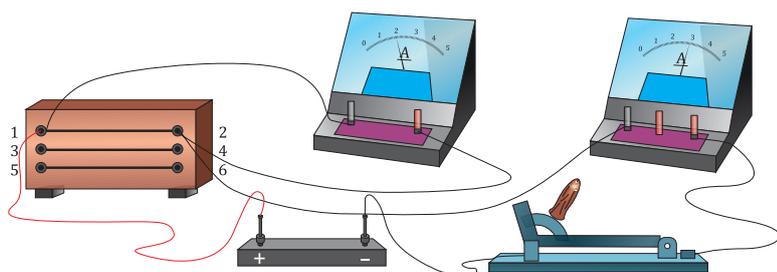


Рис. 4.57

В каждом случае амперметр будет показывать разные значения. Это означает, что электрическое сопротивление проводников из разных веществ – различно.

Электрическое сопротивление проводника зависит и от электрических свойств материала, из которого изготовлен проводник. Удельное сопротивление – физическая величина, показывающая, из какого вещества изготовлен проводник. Значение удельного сопротивления различно для разных веществ. Их значения определяют опытным путём и можно найти в специальных таблицах.

$$R \sim \rho.$$

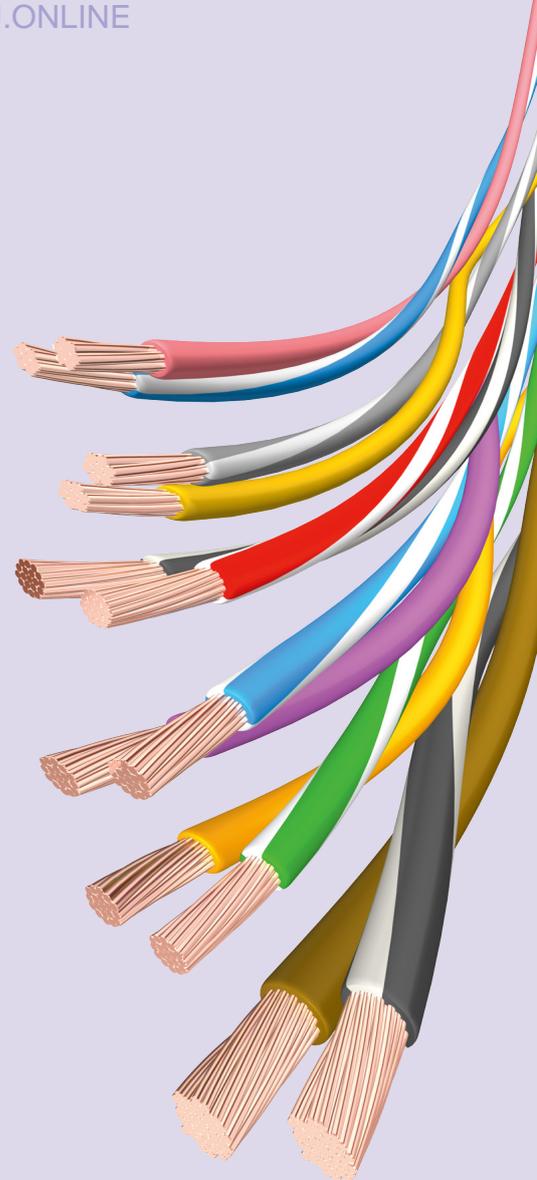
Из выражения (4) можно вывести формулу для удельного сопротивления:

$$\rho = R \frac{S}{l}. \quad (5)$$

В Международной системе единиц (СИ) за единицу удельного сопротивления принят $1 \Omega \cdot \text{m}$.

В данной таблице приведены удельные электрические сопротивления некоторых веществ.

№	Вещество	$\rho, 10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$	№	Вещество	$\rho, 10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$
1	Медь	0,017	1	Свинец	0,205
2	Алюминий	0,028	2	Хром	0,14
3	Вольфрам	0,055	3	Никелин	0,4
4	Железо	0,098	4	Нихром	1,1





1. Электрическое сопротивление проводника зависит от рода вещества проводника и его геометрических размеров (длины и площади сечения).
2. Омметр – прибор, измеряющий электрическое сопротивление.
3. В Международной системе единиц (СИ) за единицу сопротивления и единицу удельного сопротивления приняты 1Ω и $1 \Omega \cdot \text{м}$, соответственно.

Пример решения задачи

Определите электрическое сопротивление нихромовой проволоки длиной 2 м и сечением $0,5 \text{ мм}^2$.

Дано:	Формула:	Решение:
$l = 2 \text{ м}$ $S = 0,5 \text{ мм}^2 = 0,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$ $\rho = 1,1 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot \text{м}$	$R = \rho \frac{l}{S}$	$R = 1,1 \cdot 10^{-6} \frac{2}{0,5 \cdot 10^{-6}} \Omega = 4,4 \Omega.$
Найти: $R = ?$	$[R] = \Omega \cdot \text{м} \cdot \frac{\text{м}}{\text{м}^2} = \Omega$	Ответ: $R = 4,4 \Omega.$

За счёт электрического сопротивления проводник нагревается, и электрическая энергия превращается в тепловую. При передаче и использовании электрической энергии важно обращать внимание на энергосбережение и соблюдать меры безопасности.



Упражнение 31

1. Определите электрическое сопротивление медной проволоки длиной 100 м и сечением 2 мм^2 .
2. Электрическое сопротивление проволоки длиной 3 м и сечением $0,5 \text{ мм}^2$ равно $2,4 \Omega$. Из какого вещества изготовлена проволока?
3. Даны две проволоки, изготовленные из одного материала. Площадь сечения первой проволоки равна $0,1 \text{ мм}^2$, длина – 5 м . Площадь сечения второй проволоки равна 3 мм^2 , длина – $0,5 \text{ м}$. Сопротивление какой из проволок больше и во сколько раз?
4. Какой длины необходимо взять никелиновую проволоку сечением $0,5 \text{ мм}^2$, чтобы изготовить спираль, сопротивление которой равно 2Ω ?



1. Удельное сопротивление вольфрама равно $\rho = 0,055 \frac{\Omega \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$. Как вы понимаете это выражение?

2. Перед вами лежат два провода: алюминиевый и медный. Их площадь сечения и длина одинаковы. Во сколько раз отличается их сопротивление?

РЕЗИСТОРЫ.
РЕОСТАТЫ53
Тема

Резистор, реостат, обозначение резистора и реостата на схеме

Зависимость силы тока в электрической цепи от сопротивления проводника широко используется в электротехнике. Выбирая проводники с различным сопротивлением, можно регулировать силу тока в цепи. Для этого в электротехнике применяют резисторы.

Резистор – это электрический прибор с определённым сопротивлением, применяемый для преобразования силы тока и напряжения в электрической цепи. Слово резистор взято от латинского *resisto* (*resisto*), означающего «сопротивление».

На рис.4.58 приведены примеры резисторов, применяемых в электротехнике.

Резистор состоит из каркаса, проволоки и покрытия (рис. 4.59 – а). Каркас и покрытие изготавливаются из тугоплавкого и непроводящего электрический ток материала, например из керамики, а проволока изготовлена из материала с высоким сопротивлением. Условное обозначение резистора на схеме показано на рис.4.59 – б.

Очень часто возникает необходимость непрерывно уменьшать или увеличивать сопротивление электрической цепи. Например, чтобы постепенно потушить свет в кинотеатрах, понемногу уменьшают ток в цепи. Для постепенного увеличения скорости электропоезда ток в цепи с течением времени увеличивают. В этих случаях использование резистора будет недостаточным. Резистор имеет определённое значение, которое нельзя изменить. Чтобы со временем менять силу тока в цепи, применяется прибор переменного сопротивления – реостат.

Реостат – это электрическое устройство, применяемое для регулирования (изменения) силы тока и напряжения в электрической цепи.

Слово **реостат** – греческое слово, означающее *reos* (реос) – «течение», *statos* (статос) – «неподвижный».



рис.4.58

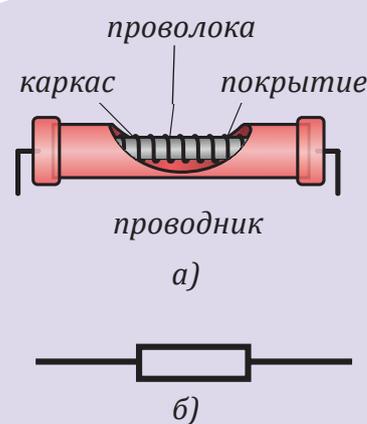
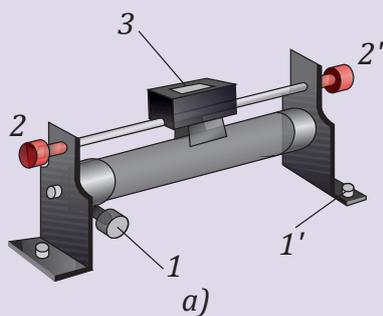
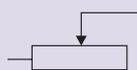


Рис.4.59



а)



б)

Рис. 4.60

Простейший реостат можно изготовить из материала с большим удельным сопротивлением, например, из никелиновой или нихромовой проволоки.

На рис.4.60 – а показан один из школьных реостатов. В таком реостате никелиновая проволока намотана на керамический цилиндр. Проволока покрыта тонким слоем изоляции. Концы проволоки соединяются с клеммами (1 и 1'). Металлический стержень крепится к зажимам 2 и 2'. Ползунок (3) приводит в контакт металлический стержень с обмоткой.

Условное обозначение реостата на схеме показано на рис.4.60 – б.

Как показано на схеме рис.4.61, ползунок может свободно перемещаться по металлическому стержню, расположенному над витками катушки. Ползунок, расположенный на стержне, своими контактами прижат к виткам обмотки. От трения ползунка о витки катушки слой окислы под его контактами стирается, и электрический ток в цепи проходит от витков проволоки к ползунку, а через него в стержень, имеющий на конце зажим (1). Ток продолжает течь в цепи через зажим (2) на стержне.

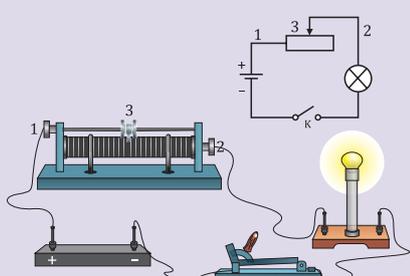
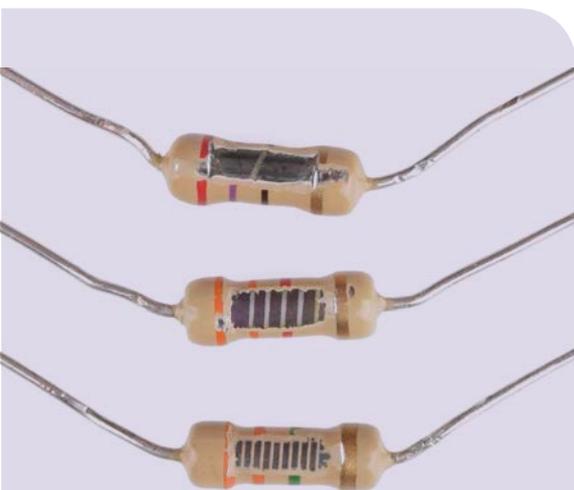


рис.4.61

Перемещая ползунок реостата вдоль стержня можно одновременно менять сопротивление и силу тока в цепи.



1. Резистор – это электрический прибор с определённым сопротивлением, применяемый для преобразования силы тока и напряжения в электрической цепи.

2. Реостат изготавливают из материала с большим удельным сопротивлением.



1. Что такое реостат? Для чего он предназначен?

2. Объясните устройство и соединение резистора в цепи.

3. Какова функция реостата? Объясните его принцип работы.

4. Как подключается амперметр к реостату?

5. Почему меняется значение тока при движении ползунка в реостате?



Практическое задание

Измерение сопротивления резистора с помощью омметра

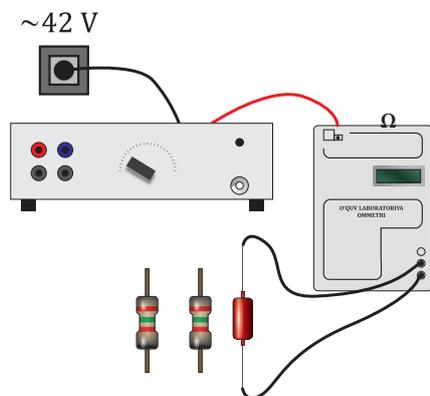


рис.4.62

Ход работы:

1. Соберите электрическую цепь, как показано на рис. 4.62.
2. Подключите один из резисторов к цепи.
3. Измерьте сопротивление с помощью омметра и запишите его в тетрадь.
4. Повторите опыт несколько раз, определяя сопротивление других резисторов.

Очень часто на корпусе резисторов сопротивление указывают в виде цветных колец.

Маркировка резисторов по цветам дана в следующей таблице:

Цвет	Сопротивление
Чёрный	x 1 Ω
Коричневый	x 10 Ω
Красный	x 100 Ω
Оранжевый	x 1 000 Ω
Жёлтый	x 10 000 Ω
Зелёный	x 100 000 Ω
Синий	x 1 000 000 Ω
Фиолетовый	x 10 000 000 Ω
Серый	x 100 000 000 Ω
Белый	x 1 000 000 000 Ω





ЗАКОН ОМА ДЛЯ УЧАСТКА ЦЕПИ

Источник тока, сила тока, напряжение, сопротивление

Зависимость силы тока от напряжения

Подключим в электрическую цепь вместо лампочки кусочек спирали электрической печи, как показано на рис.4.63. Нам известно, что амперметр подключается к спирали последовательно, а вольтметр – параллельно (рис.4.63 - а). Подаём напряжение в цепь от источника тока, напряжение на выходе которого можно менять. При напряжении на концах спирали, равном $U_1 = 2V$, амперметр показывает силу тока $I_1 = 0,3 A$ (рис.4.63 - б). При увеличении напряжения в 2 раза ($U_2 = 4V$), в 3 раза ($U_3 = 6V$), сила тока в цепи тоже увеличивается в 2 раза ($I_2 = 0,6 A$), в 3 раза ($I_3 = 0,9 A$).

Этот опыт можно продолжить и с другими значениями напряжения. Из опыта следует, что во сколько раз увеличивается напряжение, во столько же раз увеличивается и сила тока.

Значит, отношение напряжения на концах проводника к силе тока в проводнике – это есть величина постоянная.

Эта величина является величиной, характеризующей электрические свойства вещества, называемой сопротивлением.

Нам известно, что сопротивление – физическая величина, обозначаемая буквой R (взятой от первой буквы латинского слова resisto – что означает «сопротивление»).

В таблице ниже приведены значения силы тока при различном значении напряжения на концах проводника.

Напряжение	2 V	4 V	6 V
Сила тока	0,3 A	0,6 A	0,9 A

На основании результатов опыта, предоставленных в таблице, построим график зависимости силы тока от напряжения (рис.4.64).

График на рис.4.64 является вольт-амперной характеристикой проводника (ВАХ).

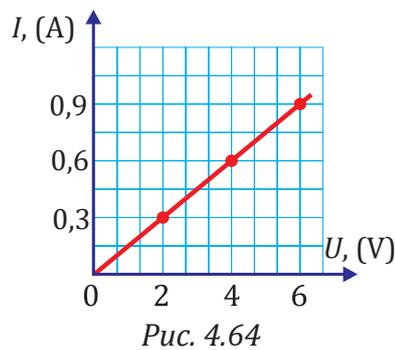


Рис. 4.64

Рис. 4.63

Закон Ома

Зависимость силы тока от напряжения на концах участка цепи и сопротивления этого участка называется законом Ома в честь немецкого учёного Георга Ома. Этот закон открыт в 1827 году.

Обобщая результаты опыта, можно записать следующее выражение, связывающее силу тока I , напряжение U и сопротивление R :

$$I = \frac{U}{R} \cdot (3)$$

Это выражение носит название формулы закона Ома для участка цепи. Сам закон Ома звучит так:

Сила тока на участке цепи прямо пропорциональна напряжению на концах этого участка и обратно пропорциональна его сопротивлению.

Из формулы закона Ома напряжение и сопротивление можно выразить так:

$$U = I \cdot R \quad (4)$$

$$R = \frac{U}{I} \quad (5)$$

По формуле (5) можно дать определение единице электрического сопротивления. В Международной системе единиц (СИ) за единицу сопротивления принят ом (Ω).

За единицу сопротивления принимают 1Ω – сопротивление такого проводника, в котором при напряжении на концах 1 вольт сила тока равна 1 амперу.

$$1\Omega = \frac{1V}{1A} \cdot$$

Не следует понимать формулу для определения сопротивления в том смысле, что сопротивление данного проводника зависит от тока и напряжения. Известно, что оно зависит от длины, площади сечения и материала проводника. По внешнему виду формула для определения сопротивления напоминает формулу для расчета тока, но между ними имеется принципиальная разница.



Георг Симон Ом
(1787–1854)

Известный немецкий физик. Он открыл закон, выражающий связь между силой тока в цепи, напряжением и сопротивлением.



1. Сила тока на участке цепи прямо пропорциональна напряжению на концах этого участка и обратно пропорциональна его сопротивлению.
2. График зависимости напряжения и силы тока в цепи называется вольт-амперной характеристикой проводника (ВАХ).
3. За единицу сопротивления принимают 1Ω – сопротивление такого проводника, в котором при напряжении на концах 1 V сила тока равна 1 A.

Пример решения задачи

Напряжение на концах никелинового провода длиной 8 м и площадью поперечного сечения $0,5 \text{ mm}^2$, равно 4 В. Определите силу тока, протекающую в этой цепи.

Дано:	Формула:	Решение:
$l = 8 \text{ m}$ $S = 0,5 \text{ mm}^2 = 0,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$ $U = 4 \text{ V}$ $\rho = 0,4 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$	$R = \rho \frac{l}{S}$ $I = \frac{U}{R} = \frac{U}{\rho \frac{l}{S}} = \frac{U \cdot S}{\rho \cdot l}$ $[I] = \frac{1 \text{ V} \cdot \text{m}^2}{1 \Omega \cdot \text{m} \cdot \text{m}} = \frac{\text{V}}{\Omega} = \text{A}$	$I = \frac{4 \cdot 0,5 \cdot 10^{-6}}{0,4 \cdot 10^{-6} \cdot 2} \text{ A} = 2,5 \text{ A}$ <p style="text-align: center;">Ответ: $I = 2,5 \text{ A}$.</p>
<p style="color: #e91e63;">Найти:</p> $I = ?$		



1. Укажите функцию каждого прибора, подключенного к электрической цепи.
2. Почему амперметр включается в цепь последовательно, а вольтметр – параллельно?
3. Начертите электрическую схему для двух лампочек соединенных последовательно и параллельно в электрической цепи.



Упражнение 32

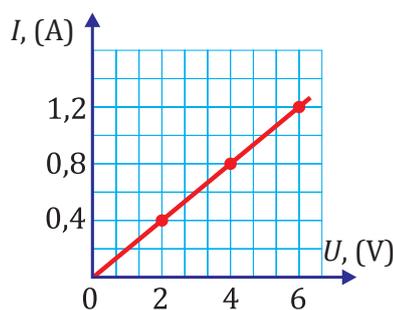


Рис. 4.65

1. Сопротивление проводника, подключенного к электрической цепи, равно 100Ω . Чему равна сила тока в цепи, если напряжение на сопротивлении равно 10 V ?
2. Какое напряжение необходимо подать на сопротивление 125Ω , чтобы в электрической цепи протекал ток, равный $0,5 \text{ A}$?
3. При подаче потребителю напряжения 6 V сила тока в нём оказалась равной $0,2 \text{ A}$. Какое напряжение необходимо подать потребителю, чтобы сила тока стала равной $0,3 \text{ A}$?
4. По графику на рис.4.65 определите сопротивление проводника.
5. Напряжение на концах алюминиевого провода длиной 20 m и площадью поперечного сечения $0,4 \text{ mm}^2$ равно 7 V . Определите силу тока, протекающую в этой цепи.
6. Определите длину медного провода площадью поперечного сечения $0,4 \text{ mm}^2$, если при приложенном к его концам напряжении $3,4 \text{ V}$ по нему протекает ток 2 A .

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

55
Тема

1 Определите длину никелинового провода площадью поперечного сечения $0,2 \text{ mm}^2$, если при приложенном к его концам напряжении $4,5 \text{ V}$ по нему протекает ток 300 mA .

Дано:	Формула:	Решение:
$S = 0,2 \text{ mm}^2 = 0,2 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$ $U = 4,5 \text{ V}$ $I = 300 \text{ mA} = 0,3 \text{ A}$ $\rho = 0,4 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$	$R = \rho \frac{l}{S}$. va $R = \frac{U}{I}$ $l = \frac{U \cdot S}{\rho \cdot I}$ $[l] = \frac{\text{V} \cdot \text{m}^2}{\Omega \cdot \text{m} \cdot \text{A}} = \frac{\text{V} \cdot \text{m}}{\frac{\text{V}}{\text{A}} \cdot \text{A}} = \text{m}$	$l = \frac{4,5 \cdot 0,2 \cdot 10^{-6}}{0,4 \cdot 10^{-6} \cdot 0,3} \text{ m} = 7,5 \text{ m}$ Ответ: $l = 7,5 \text{ m}$.
Найти: $l = ?$		

2 Напряжение на концах нихромового провода длиной 20 m и площадью поперечного сечения 2 mm^2 равно 44 mV . Определите силу тока, протекающую в этой цепи.

Дано:	Формула:	Решение:
$l = 20 \text{ m}$ $S = 2 \text{ mm}^2 = 2 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$ $U = 44 \text{ mV} = 44 \cdot 10^{-3} \text{ V}$ $\rho = 1,1 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$	$R = \rho \frac{l}{S}$. va $R = \frac{U}{I}$ $I = \frac{U \cdot S}{\rho \cdot l}$ $[I] = \frac{\text{V} \cdot \text{m}^2}{\Omega \cdot \text{m} \cdot \text{m}} = \frac{\text{V}}{\Omega} = \text{A}$	$I = \frac{44 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{-6}}{1,1 \cdot 10^{-6} \cdot 20} \text{ A} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ A}$ Ответ: $I = 4 \text{ mA}$.
Найти: $I = ?$		

3 Длина спирали лампочки накаливания равна 10 cm , площадь поперечного сечения – $0,006 \text{ mm}^2$. Амперметр, включенный последовательно лампочке, показывает $2,4 \text{ A}$. Определите напряжение на концах лампочки.

Дано:	Формула:	Решение:
$l = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$ $S = 0,006 \text{ mm}^2 = 6 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2$ $I = 2,4 \text{ A}$ $\rho = 0,055 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$	$R = \rho \frac{l}{S}$. va $I = \frac{U}{R}$ $U = I \cdot R = I \cdot \frac{\rho \cdot l}{S}$ $[U] = \text{A} \cdot \frac{\Omega \cdot \text{m} \cdot \text{m}}{\text{m}} = \text{A} \cdot \Omega = \text{V}$	$U = 2,4 \cdot \frac{0,055 \cdot 10^{-6} \cdot 0,1}{6 \cdot 10^{-9}} \text{ V} = 2,2 \text{ V}$ Ответ: $U = 2,2 \text{ V}$
Найти: $U = ?$		



Упражнение 33



- 1 При подаче напряжения 6 V через проводник за 5 s прошёл заряд, равный 20 C. Чему равно сопротивление проводника?
- 2 Какой ток протекает по концам нихромового проводника длиной 12 m и сечением $0,6 \text{ mm}^2$ при приложении напряжения 4,4 V?
- 3 Сопротивление провода длиной 5 m и сечением $0,5 \text{ mm}^2$ равно 4 Ω . Из какого материала изготовлен проводник?
- 4 Сколько электронов пройдет через проводник за 8 s, если на концы проводника сопротивлением 10 Ω подано напряжение 2,5 V?
- 5 Определите длину нихромового провода площадью поперечного сечения $0,1 \text{ mm}^2$, из которого изготовлен электронагреватель, если при приложенном к его концам напряжении 220 V по нему протекает ток 4 A.
- 6 Какое напряжение необходимо приложить к концам медного провода сопротивлением 1,7 Ω , чтобы получить ток 0,5 A? Какова длина этого провода, если площадь сечения равна $0,5 \text{ mm}^2$?
- 7 Напряжение на концах алюминиевого провода длиной 100 m и площадью поперечного сечения $0,5 \text{ mm}^2$ равно 7V. Определите силу тока, протекающую в этой цепи.
- 8 На специальном станке проволоку протянули так, что она стала в 2 раза длиннее и тоньше. Как изменится её сопротивление?
- 9 Вольтметр на аккумуляторе показал значение 12 V. Как изменится показание вольтметра, если один из полюсов аккумулятора заземлить?
- 10*. Две медные пластины в форме квадрата со сторонами a и b соединены в цепь, как показано на рис. 4.66. Сравните сопротивление пластин.

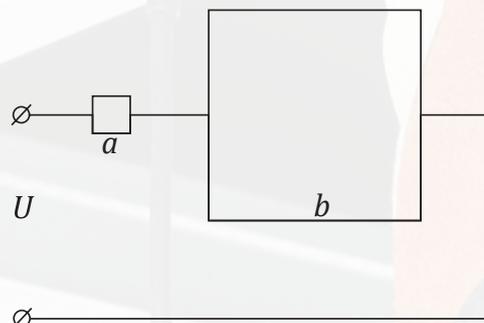


Рис. 4.66

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ

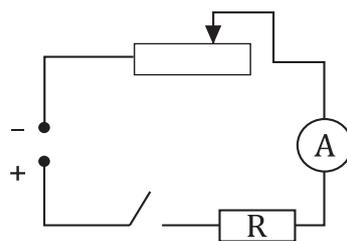
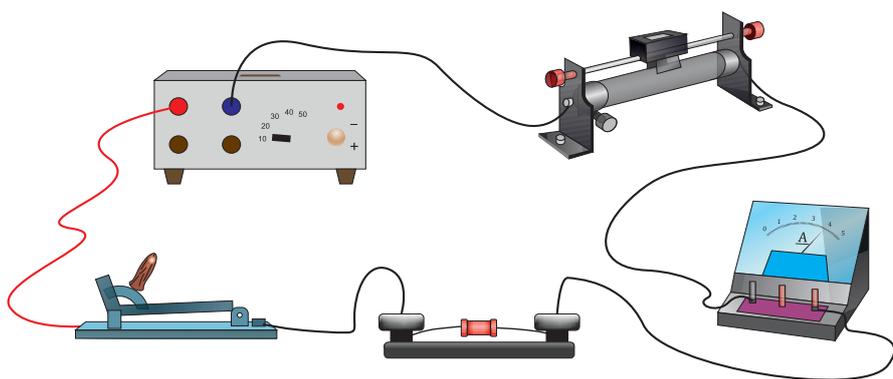
Регулирование силы тока при помощи реостата

56

Тема

Цель работы: изучение изменения силы тока в цепи с помощью реостата.

Необходимое оборудование: источник тока, реостат, амперметр, резистор сопротивлением 20Ω , ключ и соединительные провода.

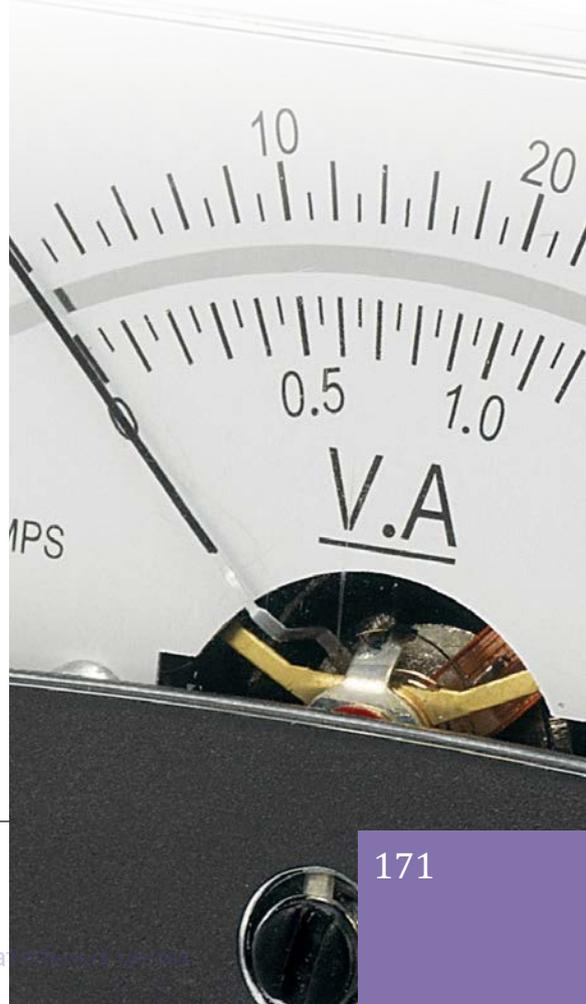


Перед выполнением работы перечертите данную таблицу в тетрадь.

Положение ползунка реостата	1	2	3	4
Сила тока (A)				

Ход работы:

1. Рассмотрите внимательно реостат и определите положение ползунка, при котором значение сопротивления наибольшее.
2. Соберите электрическую цепь, показанную на рисунке. Оставьте ключ открытым.
3. Подключите источник тока в цепь.
4. Источник тока установите на напряжение 8 V .
5. Замкните ключ и перенесите показания амперметра в тетрадь.
6. Разомкните ключ. Медленно передвигая ползунок, уменьшите немного сопротивление реостата.
7. Замкните ключ. Перенесите показания амперметра в тетрадь.
8. Медленно меняйте положения ползунка реостата, уменьшая сопротивление, и запишите показания амперметра в тетрадь.
9. По результатам эксперимента напишите свои выводы в тетради.



57

Тема

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

Изучение закона Ома

Цель работы: научиться измерять напряжение на концах проводника и проходящий по нему ток, а также уметь определять сопротивление проводника по закону Ома.

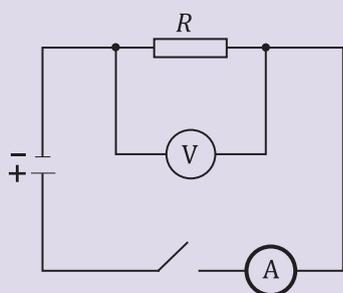
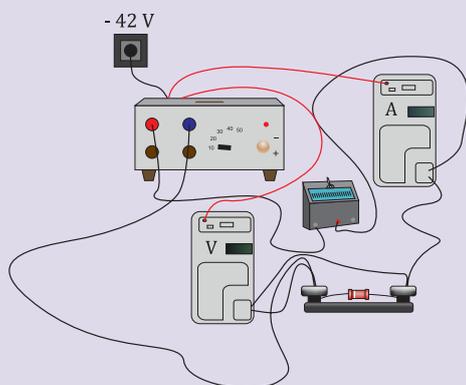
Необходимое оборудование: источник тока, миллиамперметр, вольтметр, резистор, ключ, соединительные провода.

Перед выполнением работы перечертите данную таблицу в тетрадь.

№	U, V	I, A	R, Ω	R_{cp}, Ω
1				
2				
3				
4				

Ход работы:

1. Соберите электрическую цепь, показанную на рисунке. Оставьте ключ открытым.
2. Источник тока установите на напряжение 4 V.
3. Замкните ключ и перенесите показания силы тока по миллиамперметру и показания напряжения на концах резистора по вольтметру в таблицу.
4. Разомкните ключ. Источник тока установите на напряжение 6 V. Повторите опыт, перенесите все показания в таблицу. Разомкните ключ.
5. Источник тока установите на напряжение 8 V, а затем на 10 V, и повторите опыт, перенося все показания в таблицу.
6. Вычислите сопротивление проводника по закону Ома и запишите в таблицу.
7. По формуле $R_{cp} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + R_4}{4}$ определите среднее значение сопротивления.
8. Запишите все значения в таблицу и сделайте выводы.



ЗАДАНИЯ ПО ГЛАВЕ НА ЛОГИЧЕСКОЕ МЫШЛЕНИЕ

МОЛНИЯ

Весной и осенью теплый и влажный воздух поднимается вверх. В результате происходит вихревое движение влажного воздуха. При движении вверх мелкие частицы воды и кристаллов заряжаются вследствие трения друг о друга. Со временем количество заряда увеличивается, и после достижения определённого значения происходит передача электрического заряда (молния) облако – облако или облако – земля. За счёт молнии мгновенно нагревается небольшой слой атмосферы, который на короткое время расширяется и издаёт грохочущий звук. Это называется громом.

Возникновение молнии между облаком и землёй считается чрезвычайно опасным для жизни человека, электрических сетей и устройств. Некоторые импульсы молнии длятся 50-100 микросекунд, в течение которых по воздуху от облака к земле или наоборот передаётся 20 С заряда.

Вопрос 1. Что из нижеуказанного защитит человека, идущего в открытом поле во время грозы, от удара молнии?

- А) нельзя быть в белой рубашке;
- В) спрятаться под деревом или под высоким кустом;
- С) спуститься в углубленное место на земле;
- Д) если рядом есть столб, встать под ним.

Вопрос 2. Определите наименьшую и наибольшую силу электрического тока между землёй и облаком, опираясь на информацию из текста:

- А) 200–400 А; В) 200–400 μ А;
- С) 200–400 мА; Д) 200–400 кА.

Вопрос 3. Максимальное значение тока, которое считается безопасным для жизни человека, равно 1мА, а наименьшее значение тока, причиняющего серьёзный вред организму, равно 0,1 А. Рассчитайте количество частиц с элементарным зарядом, прошедших через тело человека за 1 секунду при этих значениях тока.

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ С.}$$

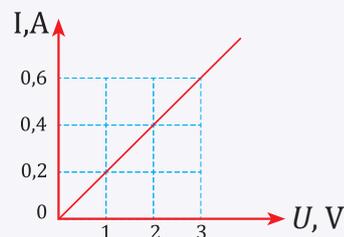
	Количество частиц, проходящих через тело человека за 1 секунду
1. Безопасное	А) $6,25 \cdot 10^{17}$
2. Опасное	В) $6,25 \cdot 10^{15}$
	С) $6,25 \cdot 10^{16}$

1 _____

2 _____

ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ ПО ГЛАВЕ IV

- 1 При трении двух тел они оба заряжаются. Масса какого из тел уменьшится?
 А) тело, получившее положительный заряд
 В) тело, получившее отрицательный заряд
 С) массы обоих тел.
- 2 Вокруг ядра атома кислорода вращается 8 электронов. Сколько протонов содержится в ядре атома кислорода?
 А) 4 В) 16 С) 8
- 3 Заряженное тело имеет $2,5 \cdot 10^8$ число лишних электронов. Чему равен заряд тела? (С)?
 А) $+4 \cdot 10^{-11}$ В) $-8 \cdot 10^{-11}$ С) $-4 \cdot 10^{-11}$
- 4 Как изменится сопротивление проводника при увеличении напряжения в два раза?
 А) увеличится в 2 раза
 В) уменьшится в 2 раза
 С) не меняется.
- 5 На проводнике какой формы электрический заряд распространяется равномерно по поверхности?
 А) куб В) шар С) параллелепипед
- 6 Какие условия необходимы для существования электрического тока?
 А) наличие свободных электронов
 В) наличие свободных электронов и внешнее электрическое поле
 С) наличие электронов и протонов.
- 7 Единица измерения удельного сопротивления вещества может выражаться в $\Omega \cdot \text{м}$ или $\Omega \cdot \text{мм}^2/\text{м}$. Во сколько раз они отличаются друг от друга?
 А) 10^6 В) 10^3 С) 10
- 8 Как изменится сопротивление провода при удлинении его в 2 раза?
 А) увеличится в 4 раза
 В) уменьшится в 2 раза
 С) не изменится
- 9 Длина одного провода равна 12,8 м, второго – 1,6 м. Материал и площадь сечения проводов одинаковы. Сопротивление какого провода больше и во сколько раз?
 А) первого, в 8 раз больше
 В) второго, в 8 раз больше
 С) первого, в 3,2 раза больше
- 10 Как изменится сопротивление провода, если его разделить на две равные части и обе части сложить вместе, положив друг на друга?
 А) уменьшится в 4 раза
 В) уменьшится в 2 раза
 С) не меняется
- 11 Заряд 15 С прошёл через проводник с электрическим сопротивлением 30 Ω за 30 секунд. Найдите напряжение на концах проводника (V).
 А) 15 В) 12 С) 6
- 12 Определите сопротивление по данному графику (Ω).



- А) 0,2 В) 1,8 С) 5

- 13 Напряжение на концах никелинового провода длиной 10 м и площадью поперечного сечения 2 мм^2 равно 8 В. Определите силу тока, протекающую в этой цепи. Удельное сопротивление никелина равно $4 \cdot 10^{-7} \Omega \cdot \text{м}$.

- А) 4 А В) 2 А С) 8 А

- 14 Заряд в 30 С проходит через спираль лампочки в электрической цепи в течение определённого времени, совершая работу 120 J. Под каким напряжением горела лампочка?

- А) 4 В В) 36 В С) 12 В

Глава V

ОПТИКА

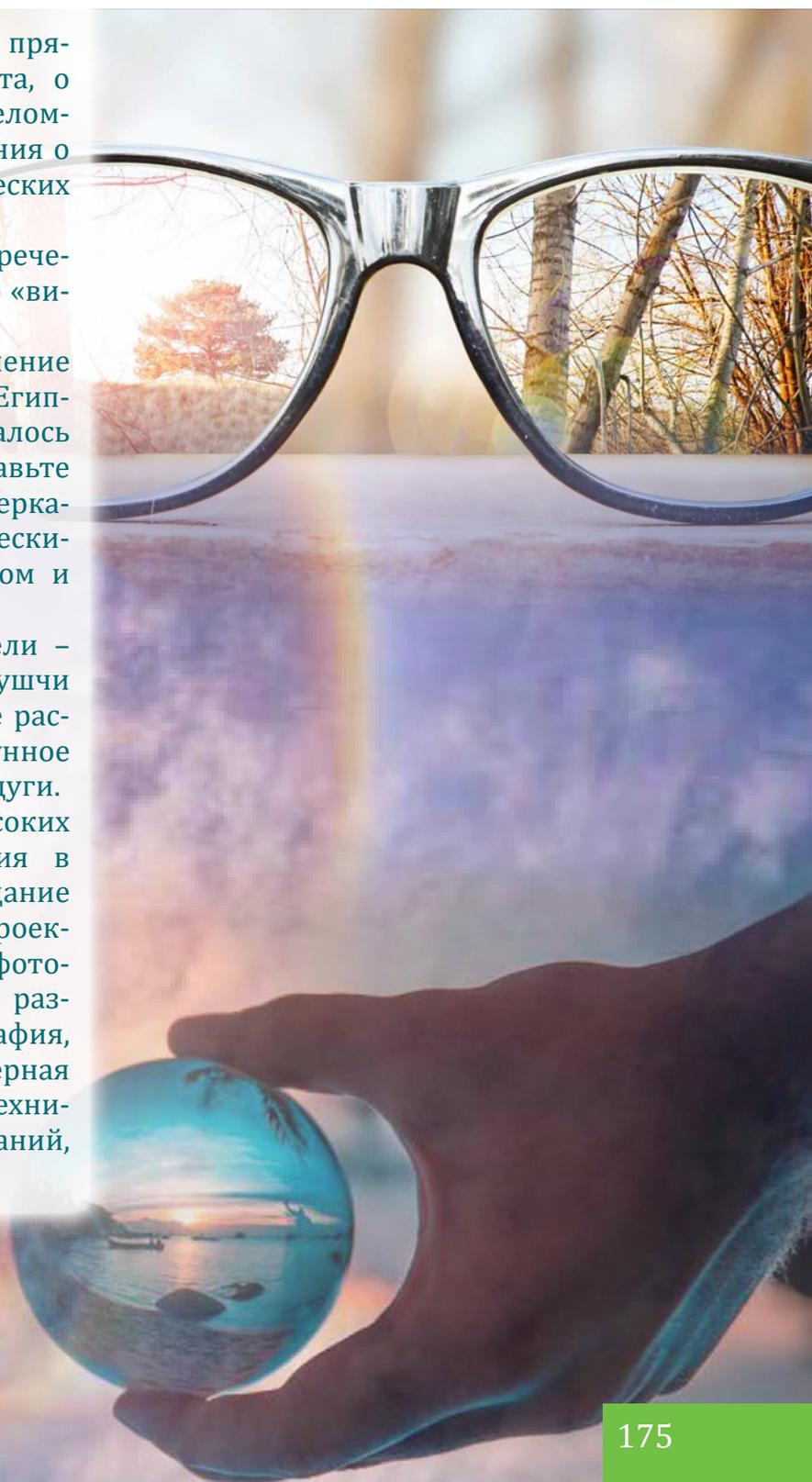
В разделе «Оптика» вы узнаете о прямолинейном распространении света, о тени и полутени, об отражении и преломлении света. Также получите сведения о линзах, являющихся основой оптических приборов.

Слово **оптика** произошло от греческого слова (оптикос), означающего «видимый», «зримый».

Прямолинейное распространение света было известно ещё в Древнем Египте, и это явление широко использовалось в строительных работах. Представьте себе, образование изображения в зеркале изучалось ещё в III в. до н.э. греческими учёными Аристотелем, Платоном и Евклидом.

В Средние века наши мыслители – Беруни, Ибн Сино, Улугбек, Али Кушчи и другие – изучали прямолинейное распространение света, солнечное и лунное затмение, причины образования радуги.

Мировые учёные добились высоких результатов, проводя исследования в различных областях оптики. Создание оптических приборов, таких как проекционные аппараты, микроскопы, фотоаппараты, телескопы, бинокли, и развитие таких областей, как фотография, телевидение, рентгенография, лазерная физика, волоконная оптика, гелиотехника, являются результатом исследований, проводимых в области оптики.



58

Тема

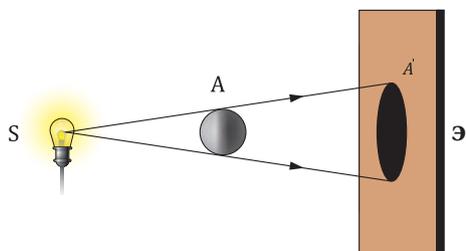
ПРЯМОЛИНЕЙНОЕ
РАСПРОСТРАНЕНИЕ СВЕТА*Почему в солнечные дни деревья и здания отбрасывают тень?*

Рис. 5.1

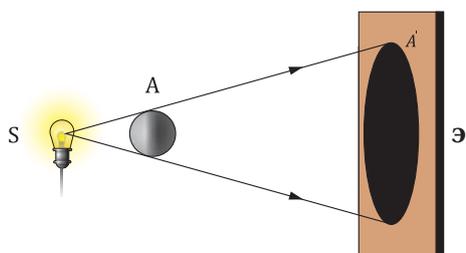


Рис. 5.2

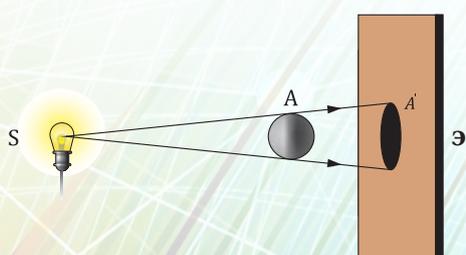


Рис. 5.3

Узкий пучок света получают путём размещения экрана с небольшим отверстием на пути лучей, выходящих из источника света. На основе наблюдений за лучом света можно сказать, что он распространяется вдоль прямой. Например, поместим между источником света S и экраном тело A (рис.5.1). Поскольку луч света распространяется вдоль прямой, тело A препятствует этому, в результате чего позади него мы увидим тёмный круг – тень. Свет, выходящий от источника S , не попадает ни в одну точку внутри этого тёмного круга. Поэтому на экране \mathcal{E} от тела A образовывается тень A' . Какую геометрическую форму ни имело бы тело (треугольник, четырёхугольник и пр.), форма тени будет такая же.

Размеры тени при приближении или отдалении тела от источника света меняются. При приближении тела к источнику света размеры тени увеличиваются (рис.5.2), а при отодвигании тела от источника света размеры тени уменьшаются (рис.5.3).

Если на пути распространения света поставить тело малых размеров, то на экране можно увидеть тень, показанную на рис.5.4. В этом случае центральная часть тени будет полностью тёмной, а внешняя – частично освещённой. Полностью затемнённая часть называется тенью, а частично освещённая – полутенью.

Образование теней деревьев и зданий в солнечные дни происходит в результате прямолинейного распространения света (рис.5.5). Тени предметов можно увидеть при наличии экрана или любой поверхности.

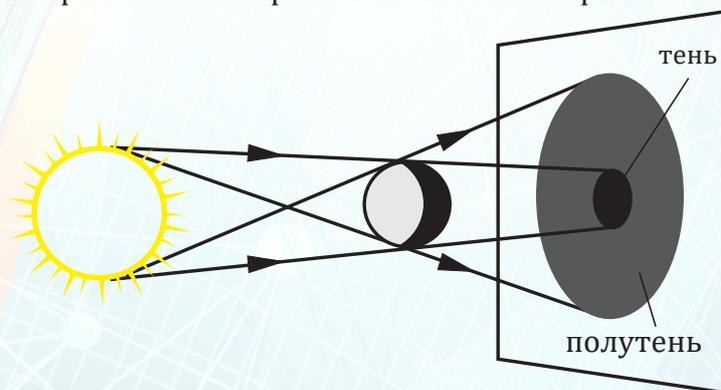


Рис. 5.4

Независимость света

Для обеспечения хорошей освещённости классной комнаты или большого здания устанавливают несколько источников света (рис.5.6). Луч света исходит от каждого источника, освещая пространство вокруг. Световые лучи при пересечении не возмущают друг друга. Это есть закон независимого распространения света.



Рис. 5.5

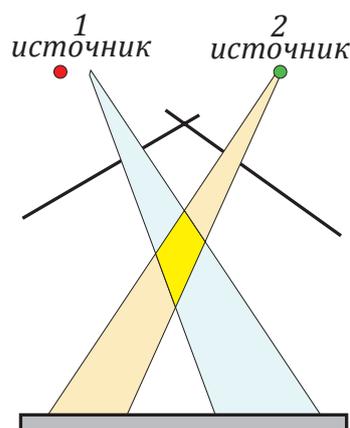


Рис. 5.6

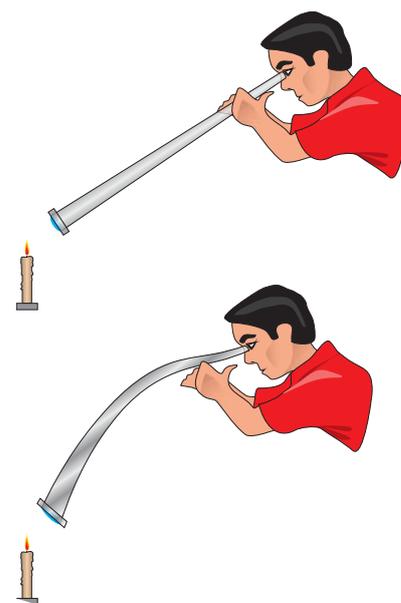


рис.5.7



1. Свет распространяется вдоль прямой.
2. Тень – пространство, в которое не попадает свет от источника.
3. Тени предметов наблюдаются на экране или любой поверхности.



1. Почему в пасмурный день нельзя увидеть тень?
2. Как можно изменить размеры тени? Приведите примеры.
3. В каком из случаев, указанных на рис.5.7, можно увидеть изображение свечи?



Практическое задание

Цель: изучение распространения света в прозрачных и непрозрачных телах.

Необходимое оборудование: фонарь, картон, прозрачная плёнка, цветная бумага, ножницы, скотч.

Вырежьте из картона рамку. С помощью скотча прикрепите прозрачную плёнку к рамке из картона, как показано на рис. 5.8. Из цветной бумаги вырежьте форму пиалы. Наклейте форму пиалы на плёнку. Направьте луч света на рамку и наблюдайте за распространением света сквозь них. Напишите вывод о своих наблюдениях.



Рис. 5.8

59

Тема

СОЛНЕЧНОЕ И ЛУННОЕ ЗАТМЕНИЯ

Вы слышали о солнечном и лунном затмениях. Как происходят эти природные явления?

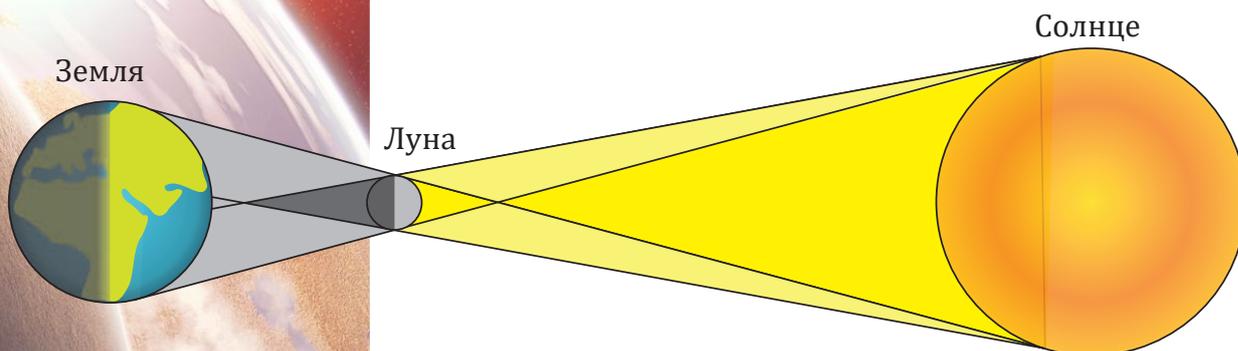
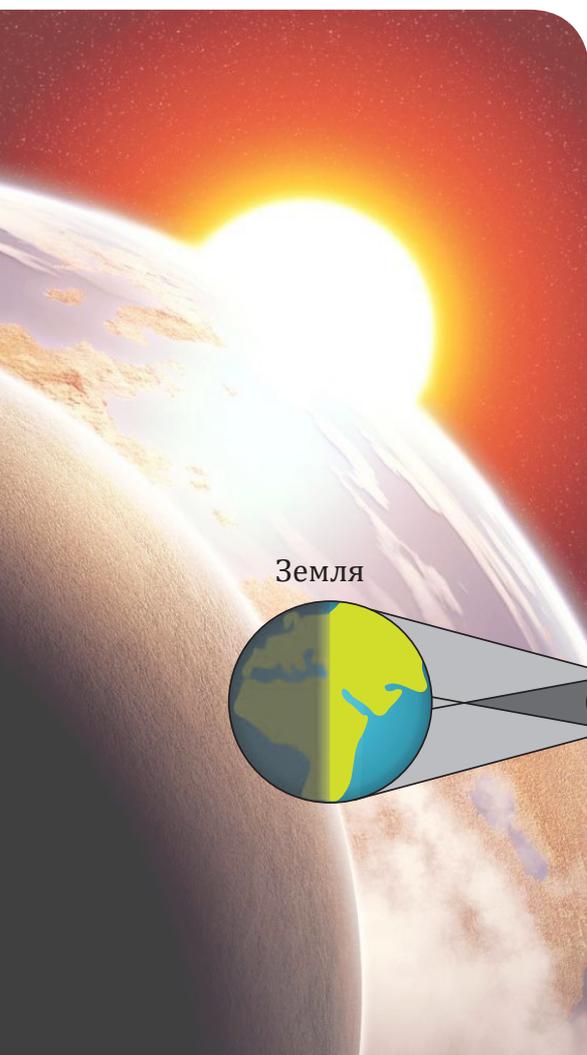


Рис. 5.9

Во время солнечного затмения на часть земной поверхности не попадают солнечные лучи и, несмотря на дневное время суток, наступает темнота подобно ночи. В это время Солнце будет выглядеть так, как показано на рис. 5.10.



Рис. 5.10

Солнечное затмение можно наблюдать несколько раз в году из разных мест Земли. Во время солнечного затмения расстояние от Луны до Солнца намного меньше расстояния от Земли до Солнца.

Во время солнечного затмения очень опасно смотреть на Солнце невооружённым глазом. Это может повредить наши глаза. Солнечное затмение наблюдают в специальных солнцезащитных очках или через затемнённое стекло.

Лунное затмение

Лунное затмение – это явление, возникающее при вращении Земли вокруг Солнца, когда Земля оказывается на линии между Солнцем и Луной (рис.5.11). Луна не является источником света. Она только отражает солнечные лучи.

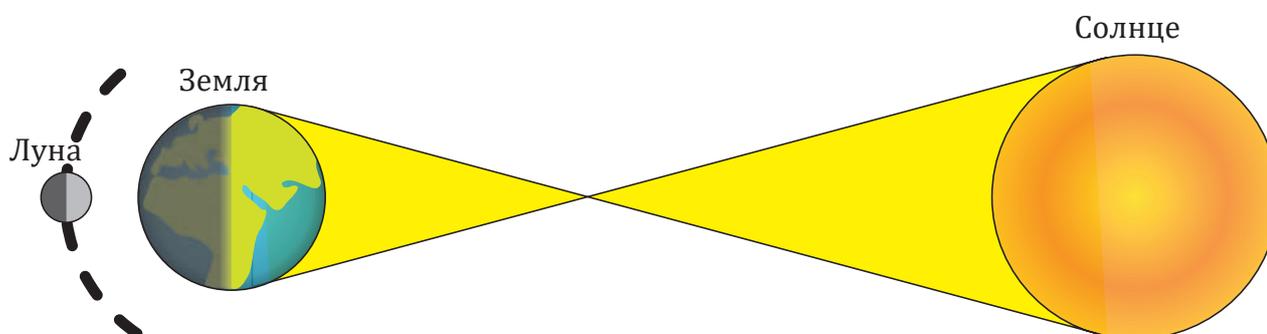


Рис. 5.11

Луну, вошедшую в тень Земли, можно потерять из поля зрения.

Земная атмосфера рассеивает солнечные лучи, и поэтому в этот период Луна окрашивается в алый цвет. Если бы не было земной атмосферы, мы бы не смогли увидеть Луну во время её затмения.

Наблюдаются полные и частичные виды лунного затмения. На рис.5.12 показан вид Луны во время затмения.

Вывод

Солнечное затмение наблюдается, когда Солнце – Луна – Земля оказываются на одной линии.

Когда Солнце – Земля – Луна оказываются на одной линии, наблюдается лунное затмение.

Солнечное затмение может быть полным – когда Луна полностью закрывает Солнце, или кольцевым – когда всё Солнце, кроме его короны, закрыто Луной. Будет ли оно полным или кольцевым, зависит от расстояния между этими тремя небесными телами. Земля вращается вокруг Солнца, как и Луна вокруг Земли, по эллиптической орбите. Поэтому между этими телами меняется расстояние. Когда Солнце находится в ближайшей точке от Земли, а Луна на самом дальнем расстоянии, то Луна кажется на небе меньше, чем Солнце. В таких случаях при солнечном затмении Луна не может полностью прикрыть солнечный диск, и на небе виден солнечный круг в виде кольца. Это и есть кольцевое затмение Солнца.



Рис. 5.12

Кольцевых лунных затмений не бывает, потому что Земля намного больше Луны, а её тень никогда не будет достаточно маленькой, чтобы образовалось кольцо. Однако Луна подвергается полному затмению. При полном лунном затмении Луна уходит в тень Земли (площадь полной тени) примерно на два часа. Наблюдатели замечают, что Луна обычно не темнеет полностью, а приобретает тёмно-красный окрас за счёт того, что красная часть солнечных лучей, проходящих к земной поверхности, рассеивается в атмосфере Земли, и из-за этого лучи частично достигают Луны.



1. Солнечное затмение наблюдается, когда Солнце – Луна – Земля оказываются на одной линии.
2. Когда Солнце – Земля – Луна оказываются на одной линии, наблюдается лунное затмение.
3. Если бы не было земной атмосферы, мы бы не смогли увидеть Луну во время её затмения.



1. Какие природные явления наблюдаются на Земле во время солнечного затмения?
2. Почему во время солнечного затмения нельзя смотреть на Солнце невооружённым глазом?
3. Какие природные явления наблюдаются на Земле во время лунного затмения?
4. Когда наблюдается лунное затмение?

ОТРАЖЕНИЕ И ПРЕЛОМЛЕНИЕ СВЕТА

*Вы вошли в тёмную комнату.
Увидите ли что-нибудь в ней?*

60
Тема

Отражение света

Световые лучи, излучаемые источниками света (солнце, лампа и др.), падая на стену, землю и другие предметы, отражаются. Отражённый луч попадает в наши глаза, при этом мы видим форму и цвет предметов. Это явление называется отражением света. Отражение света от предметов позволяет нам видеть тела, окружающие нас вокруг. Причина того, что мы не видим тела в темноте, заключается в отсутствии отражения света.

Гладкая поверхность, хорошо отражающая свет, называется зеркалом.

Если поверхность зеркала плоская, то его называют плоским зеркалом. Мы пользуемся плоским зеркалом, когда хотим увидеть своё отражение. Плоские зеркала используются в домах, салонах красоты, автомобилях и других местах.

Тыльная часть зеркала покрыта тонким слоем серебра или алюминия. Поскольку поверхность зеркала ровная, то отраженные от неё лучи отражаются равномерно. Пучок параллельных лучей, падающих на плоское зеркало, остаётся параллельным и после отражения от плоского зеркала (рис. 5.13). Поэтому изображение в плоском зеркале является симметричным (рис. 5.14).

Если мы протянем правую руку к зеркалу, то наше отражение протянет левую. Таким образом, в плоском зеркале левая и правая стороны взаимозаменяемы (симметричны). Изображение в зеркале не излучает свет. Изображение, получаемое в плоском зеркале, является мнимым изображением. Изображение предмета находится на таком же расстоянии за зеркалом, на каком предмет расположен перед зеркалом.

Отражение света от гладкой поверхности показано на рис.5.15.

Закон отражения света формулируется следующим образом:

Угол отражения света равен углу падения:

$$\angle \alpha = \angle \gamma$$

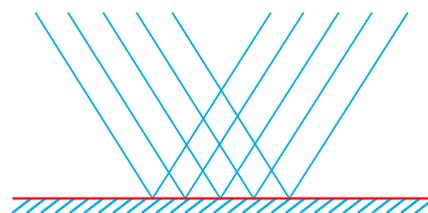


Рис. 5.13



Рис. 5.14

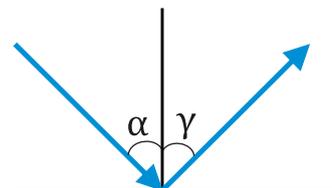


Рис. 5.15

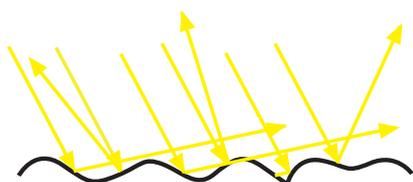


Рис. 5.16

Угол падения ($\angle \alpha$) – это угол, образованный между падающим лучом и перпендикуляром, восстановленным к точке падения. Угол, образованный между отражённым лучом и перпендикуляром, восстановленным к точке падения, называется углом отражения ($\angle \gamma$).

Если свет падает на неровную шероховатую поверхность, то после отражения он распространится во всевозможных направлениях. Такое отражение называется рассеянным или диффузным отражением. Благодаря рассеянному отражению света мы видим предметы. На рис.5.16 показано рассеянное отражение света.

Свет от неровной шероховатой поверхности отражается рассеянно.



Рис. 5.17

Преломление света

Карандаш, опущенный в стакан с водой, кажется нам преломлённым (рис.5.17). Как вы думаете, в чём причина?

Допустим, что в сосуд с водой падает луч света. Часть света отражается в первую среду (воздух), остальная часть света переходит во вторую среду (вода) и продолжает распространяться в ней (рис.5.18).

На границе двух сред, при переходе света из одной прозрачной среды в другую, он меняет своё направление. Это явление называется преломлением света.

Луч, перешедший во вторую среду, называется преломлённым лучом. Угол, образованный между преломлённым лучом и перпендикуляром, восстановленным к точке падения, называется углом преломления ($\angle \beta$).

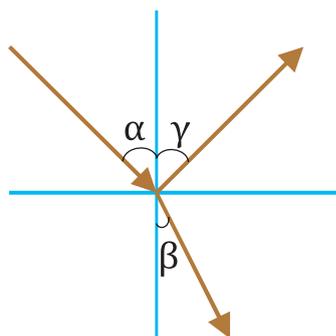


Рис. 5.18



1. Угол падения света равен углу отражения.
2. При переходе света из одной прозрачной среды в другую он меняет своё направление.
3. Изображение предмета, получаемое в плоском зеркале, всегда: мнимое, прямое, равное по размерам предмету и симметрично плоскости зеркала.



1. Какое изображение получается в плоском зеркале?
2. В чём причина рассеянного отражения света?
3. Какие виды зеркал вы знаете?
4. Почему погруженные в воду пальцы кажутся укороченными?



Упражнение 34

- 1 Угол между падающим и отражённым лучами равен 60° . Под каким углом луч падает на поверхность?
- 2 Мальчик стоит в 3-х метрах от зеркала. Каково расстояние между ребёнком и его изображением?
- 3 Мальчик находится в 2-х метрах от зеркала. На сколько уменьшится расстояние между мальчиком и его изображением в плоском зеркале, если он приблизится к зеркалу на 1 м?

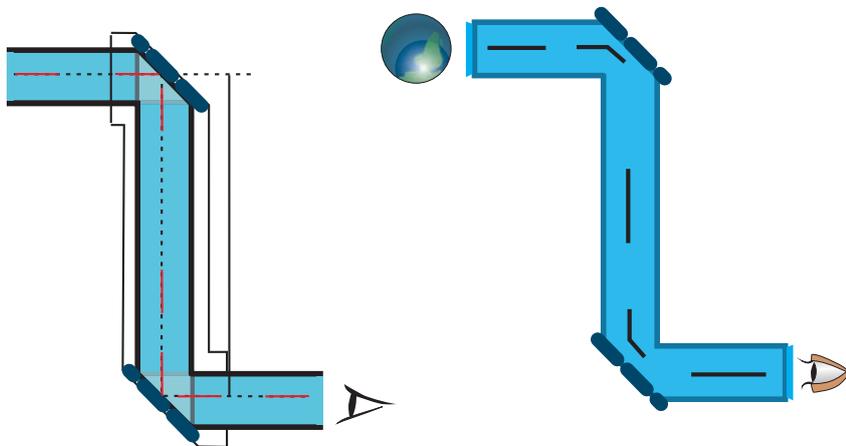


Практическое задание

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПЕРИСКОПА

Необходимое оборудование: 2 плоских зеркала, твёрдый картон, скотч, линейка.

Изготовьте перископ, как показано на рисунке, и проверьте его на практике. Где применяются перископы?



ИНТЕРЕСНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

В настоящее время для передачи определённых данных с очень высокой скоростью используются оптоволоконные кабели. Информация по оптоволокну передаётся со скоростью $300\,000\text{ km/s}$.

61

Тема

ЛИНЗЫ

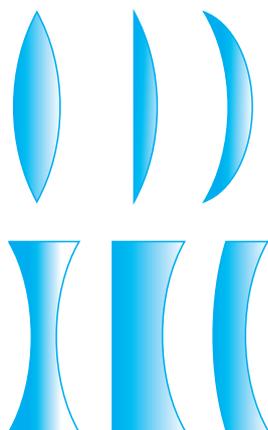


Рис. 5.19

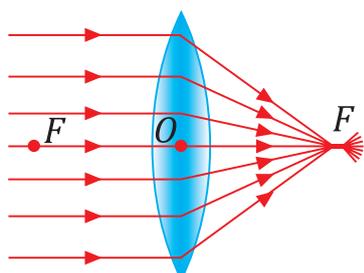


Рис. 5.20

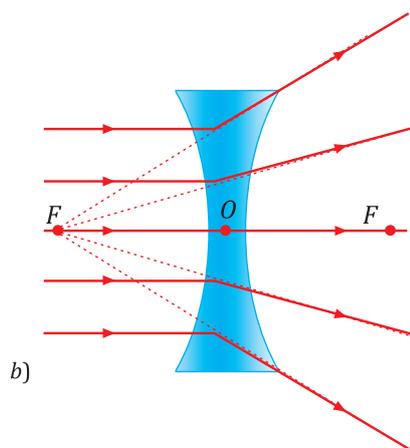


Рис. 5.21

Прозрачное тело, одна или обе стороны которого ограничены сферической поверхностью, называется линзой.

Линзы бывают выпуклыми или вогнутыми. Если середина толще, чем края – линза выпуклая, а если середина тоньше, чем края – линза вогнутая. У каждого вида линзы есть по три разновидности (рис.5.19).

Прямая, проходящая через центр линзы – точку O , называется главной оптической осью линзы (рис.5.20).

Если направить на выпуклую линзу лучи, параллельные её главной оптической оси, то эти лучи, проходя через линзу, соберутся в одной точке на главной оптической оси (точка F на рис.5.20). Эта точка F называется главным фокусом линзы. Выпуклую линзу также называют собирающей линзой, т.к. она имеет свойство собирать лучи в одной точке.

Если вместо выпуклой линзы поставить вогнутую линзу и направить параллельные лучи, то при выходе из линзы они равномерно рассеиваются (рис.5.21). Поэтому вогнутую линзу также называют рассеивающей линзой. Если лучи, прошедшие через рассеивающую линзу, продолжить в обратном направлении, то они соберутся в одной точке на главной оптической оси. Эта точка F называется мнимым фокусом вогнутой линзы.

У линз на главной оптической оси имеется два фокуса, расположенных на равном расстоянии от центра по обе стороны линзы. Расстояние от центра линзы до фокуса называется фокусным расстоянием линзы и обозначается буквой F .

Величина, обратная фокусному расстоянию, называется оптической силой линзы. Оптическая сила линзы обозначается буквой D . Из определения следует, что $D = 1/F$.

Чем меньше фокусное расстояние линзы, тем ближе к линзе собираются лучи. Оптическая сила такой линзы большая.

За единицу оптической силы линзы в Международной системе единиц (СИ) принята диоптрия (dptr). 1 диоптрия – это оптическая сила линзы, фокусное расстояние которой равно 1 м, т.е. $1 \text{ dptr} = 1/\text{m}$.

У собирающей линзы оптическая сила – положительная величина, а у рассеивающей линзы оптическая сила отрицательная.



1. Линза – это прозрачное тело, одна или обе стороны которого ограничены сферической поверхностью.
2. Линзы по своей природе бывают 2-х видов: собирающие и рассеивающие.
3. Параллельные лучи, падающие на собирающую линзу, собираются в её фокусе.
4. Оптическая сила линзы измеряется в диоптриях.



1. Какие виды линзы вы видели?
2. Если бы вам дали в руки две выпуклые линзы разной оптической силы, как бы вы различили их оптическую силу?
3. Что общего у таких приборов, как очки, микроскопы, телескопы?



Упражнение 35

1 Определите оптическую силу линз, фокусные расстояния которых равны: 50 см; 20 см; 12,5 см; -10 см; -25 см; - 40 см.

2 Оптические силы линз равны: +4 dptr; 2,5 dptr; 8 dptr; 10 dptr. Найдите их фокусные расстояния.

3 В горизонтально лежащую выпукло-вогнутую линзу залили прозрачную воду (рис. 5.22). Как при этом изменилась оптическая сила линзы?

4 На одну из двух параллельно расположенных линз с одинаковыми фокусными расстояниями падает пучок света, как показано на рис. 5.23. Каково расстояние между линзами?

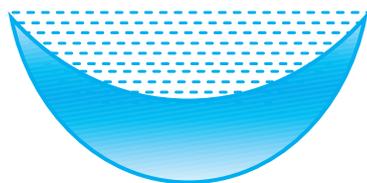


Рис. 5.22

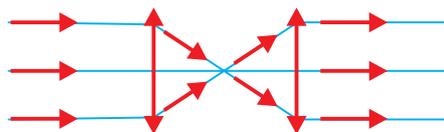


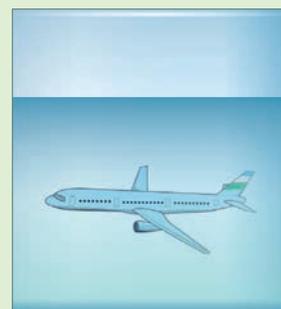
Рис. 5.23



Наклейте на цилиндрическую прозрачную ёмкость (например, стакан) какую-нибудь картинку, как показано на рисунке. Посмотрите внимательно на стакан со стороны без рисунка и попросите друга налить в него воду.

1. Какие изменения вы заметили в ходе наблюдения?

2. Попробуйте объяснить причину произошедшего явления.



62

Тема

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ

Изучение отражения света

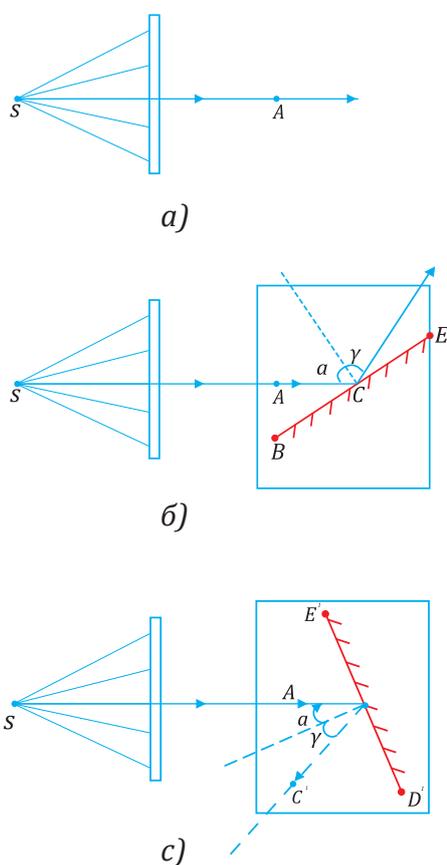
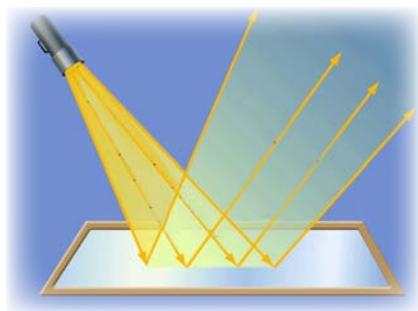


Рис. 5.24

Цель: изучить отражение света с помощью плоского зеркала.

Необходимое оборудование: зеркало, источник света, экран с щелью, транспортир, белый лист бумаги, карандаш.

Ход работы:

1. Напротив источника света расположите экран с щелью и положите белый лист бумаги. Поместите плоское зеркало на белый лист бумаги, как показано на рис. 5.24 -а.

2. Направьте от источника света S луч света на щель экрана. Проследите за ходом лучей на поверхности бумаги.

3. Определите место отражения луча света от зеркала и отметьте его карандашом.

4. Отметьте несколько точек по направлению падающего и отраженного лучей от зеркала. Соединив точки, начертите ход лучей света.

5. Обозначьте на рисунке падающий луч буквой A , точку падения луча на зеркало буквой B и отражённый луч буквой C . Проведите перпендикуляр (рис. 5.24-б) к точке падения (B).

6. С помощью транспортира измерьте угол падения и угол отражения.

7. Измените угол падения луча света на зеркало и повторите опыт (рис. 5.24 - с).

ЗАДАНИЯ НА ЛОГИЧЕСКОЕ МЫШЛЕНИЕ

УПРАВЛЯЕМЫЕ ОЧКИ

В этом задании дано описание очков, в которых с помощью жидкости корректируется форма линзы. Во время интерактивной части ученики узнают, как происходит коррекция формы линз жидкостью. Затем они изучают механизм коррекции линз на нормальный, дальнозоркий и близорукий глаз.

Новая технология, называемая управляемыми очками, призвана помогать людям, которые не могут обратиться к офтальмологу, чтобы скорректировать своё зрение. Внутри линз таких очков имеется жидкость. Форма линзы меняется за счёт изменения жидкости в ней.



Выберите один из вариантов ответа.

Идея с регулированием линз – это не новшество. Хрусталик человеческого глаза тоже регулируемая линза. Он корректируется с помощью мышц.

Почему важно корректировать хрусталик глаза?

- Чтобы хорошо видеть объекты разной яркости;
- Чтобы хорошо видеть объекты разных цветов;
- Видеть тела на разном расстоянии.

ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ ПО ГЛАВЕ V

- 1 Угол между падающим и отражённым лучами равен 2α . Определите угол отражения.
 А) 2 В) α С) $90^\circ - \alpha$
- 2 Чему равен угол падения луча света на зеркало, если угол между падающим и отражённым лучами равен 80° ?
 А) 45° В) 40° С) 35°
- 3 Угол между отражённым лучом и плоскостью зеркала равен 36° . Чему равен угол падения?
 А) 34° В) 54° С) 44°
- 4 Определите угол отражения, если угол между падающим лучом и плоскостью зеркала равен 25° .
 А) 65° В) 70° С) 55°
- 5 На какой угол отклонится угол отражения, если зеркало повернуть на 15° ?
 А) 15° В) 30° С) 55°
- 6 Мальчик приближается к зеркалу со скоростью $1,5 \text{ m/s}$. С какой скоростью (m/s) он приближается к своему изображению в зеркале?
 А) не меняется В) $1,5$ С) 3
- 7 Мальчик приблизился к вертикальной плоскости зеркала на $0,5 \text{ m}$. На сколько при этом уменьшилось расстояние между мальчиком и его изображением?
 А) не меняется В) $0,5 \text{ m}$ С) 1 m
- 8 Изображение предмета в плоском зеркале получилось на расстоянии 60 cm от зеркала. Каково расстояние между предметом и его изображением?
 А) 60 cm В) 120 cm С) 30 cm
- 9 Какова оптическая сила линзы (dptr), фокусное расстояние которой 8 cm ?
 А) 4 В) 2 С) $12,5$
- 10 Оптическая сила линзы равна $0,5 \text{ dptr}$. Чему равно фокусное расстояние линзы (m)?
 А) 2 В) 1 С) $0,5$
- 11 Какое изображение получается в плоском зеркале?
 А) действительное В) мнимое
 С) уменьшенное
- 12 Как ещё можно выразить единицу оптической силы диоптрию в других единицах измерения?
 А) m В) m^{-1} С) N
- 13 На каком физическом явлении основан принцип работы перископа?
 А) преломление света
 В) отражение света
 С) прямолинейное распространение света

ОТВЕТЫ К УПРАЖНЕНИЯМ

Упр. 1. 1. а) 1 единица; б) 4 единицы; в) 0; д) 1 единица. 2. 1,64 мм; 3. расстояние между городами А и В 90 км. 4. 100 м, 1100 м. 5(1). а) 2 единицы; б) 3 единицы; в) 6 единиц; д) 2 единицы; е) 6 единиц; ф) 1 единица. 5(2). а) 2 единицы; б) 0; в) 1 единица; д) 2 единицы; е) 1 единица; ф) 0.

Упр. 2. 1. $x_1 = 13$, $x_2 = -2$; 2. 150 м; 3. $x_1 = 60$ м; $x_2 = -40$ м.

Упр. 3. 1. $s = 50$ м, $s_n = 0$; 2. $s = 22$ м, $s_n = 6$ м; 3. $s = 3,15$ м, $s_n = 1,85$ м; 4. $s = 70$ м, $s_n = 10$ м.

Упр. 4. 1. $v = 3$ м/с; 2. $s = 80$ м; 3. $s = 15$ км.

Упр. 5. 1. $s = 3,6$ км; 2. $s = 900$ м. 3. $v = 1$ м/с; 4. $v = 16$ м/с; 5. 16250 км; 6. $t = 55$ с. 7. $t = 54$ с.

Упр. 6. 1. а) $s = 150$ м; б) $t = 14$ с; в) $v_{cp} = 10,7$ м/с; 2. $s = 600$ м, $s_n = 0$; 3. $t = 4,5$ ч. 4. $v = 20$ м/с; 5. $s = 265$ км, $s_n = 35$ км; 6. 600 км.

Упр. 7. 1. 200 км. 2. $v_{cp} = 8,5$ м/с; 3. $v_{cp} = 72$ км/ч; 4. $v_{cp} = 18$ км/ч; 5. $v_{cp} = 12$ м/с.

Упр. 8. 1. $T = 0,5$ с, $v = 2$ с⁻¹; 2. 60 раз; 3. $T = 30$ с; 4. $v = 20$ с⁻¹; 5. 6 раз; 6. $s = 48$ м.

Упр. 9. 1. $T = 0,05$ с, $v = 20$ с⁻¹; 2. $N = 500$ раз; 3. $T = 0,05$ с; 4. $t_1 = 15$ с, $t_2 = 25$ с; 5. $v = 60$ км/ч.

Упр. 10. 1. $m = 1,395$ кг; 2. $V = 2$ л. 3. $m = 371,52$ кг. 4. $m = 13,5$ т; 5. $m = 129,6$ г. 6. $V = 720$ см³.

Упр. 11. 2. $m = 1,0625$ кг; 3. неподвижна. 4. $m = 0,509$ кг; 5. $m = 32,62$ кг; 6. $F = 39,24$ кН.

Упр. 12. 2. $p = 105,948$ кПа; 3. $p = 1962$ Па. 4. $p = 735,6$ Па; 5. $p = 15,696$ кПа; 6. $p = 100$ Па.

Упр. 13. 1. $S = 50$ см²; 2. $p = 200$ кПа; 3. $p = 196,2$ МПа; 4. $F = 1$ Н; 5. $p_1 = 294,3$ кПа, $p_2 = 196,2$ кПа, $p_1 > p_2$; 6. $p = 39,24$ кПа; 7. $p = 392,4$ кПа; 8. $p = 817,5$ Па.

Упр. 14. 1. $S = 8$ см²; 2. $F = 2500$ Н. 3. $S = 200$ см².

Упр. 15. 1. $p_{\text{воды}} = 981$ Па, $p_{\text{раст.мас.}} = 912,33$ Па; 2. $p = 3924$ Па; 3. $h = 35$ м; 4. растительное масло.

Упр. 16. 1. $h = 14,98$ м; 2. $\Delta p = 10,045$ кПа; 3. Керосин или спирт; 4. $p_1 = 5886$ Па, $p_2 = 2943$ Па.

Упр. 17. 1. $p = 98716$ Па; 2. $h = 20,38$ м; 3. $p = 694$ мм Hg; 4. $p = 710$ мм Hg.

Упр. 18. 2. $A = 400$ Дж; 3. $F = 50$ Н; 4. $A = 14$ Дж; 5. $s = 8$ м.

Упр. 19. 1. $A = 22,5$ Дж; 2. $\Delta E = 8000$ Дж. 3. $m = 1,2$ кг. 4. $E_p = 147,15$ Дж. 5. $A = 60$ Дж.

Упр. 20. 1. $A = 981$ Дж; 2. $h = 8,15$ м; 3. $h = 20,38$ м; 4. $A = 20$ Дж; 5. $\Delta E_k = 225$ кДж. 6. $E_{\text{полн}} = 3,88 \cdot 10^9$ Дж; 7. $E_k = 10,38$ Дж.

Упр. 21. 2. $m = 1631$ кг; 3. $t = 30$ с; 4. $N = 100$ кВт; 5. $F = 1838$ Н.

Упр. 22. 1. $Q = 49280$ Дж; 2. $Q = 257032$ Дж; 3. Алюминий; 4. Медь; 5. $Q = 1638$ МДж; 6. $Q = 504$ кДж; 7. Свинец; 8. $t = 60$ °С.

Упр. 23. 1. $Q = 145$ МДж; 2. $m = 4,5$ кг; 3. $Q = 326,6$ МДж; 4. $Q = 38$ кДж; 5. $m = 4$ кг.

Упр. 24. 1. $Q = 3,45$ МДж; 2. $Q = 900$ кДж; 3. $Q = 345$ кДж; 4. $Q = 1,84$ МДж.

Упр. 25. 1. $Q = 50$ Дж; 2. $Q = 31,05$ МДж; 3. $m = 0,81$ кг; 4. $Q = 72320$ Дж; 5. алюминий \approx на 104 кДж больше.

Упр. 26. 1. Алюминий; 2. $Q = 660$ кДж; 3. $m = 200$ г; 4. $Q = 18$ кДж; 5. $Q = 1832,6$ Дж; 6. $m = 840$ г; 7. $Q = 912$ кДж; 8. $Q = 178$ кДж; 9. чугун; 10. сухие дрова.

Упр. 27. 1. $q = +9,6 \cdot 10^{-19}$ Кл, $m = 10^{-26}$ кг; 2. $q = +1,28 \cdot 10^{-18}$ Кл; 3. $q = -1,12 \cdot 10^{-6}$ Кл; 4. $\Delta m = 3,64 \cdot 10^{-17}$ кг; 5. $N = 3 \cdot 10^{10}$. 6. $\Delta m \approx 4,1 \cdot 10^{-22}$ кг.

Упр. 28. 1. $A = 9$ Дж; 2. $U = 4$ В; 3. $N = 5 \cdot 10^{18}$ та; 4. $U = 20$ В; 5. $N = 10$.

Упр. 29. 1. $I = 0,25$ А; 2. $N = 6 \cdot 10^{19}$ та; 3. $t = 20$ минут.

Упр. 30. 1. $m = 2,73 \cdot 10^{-9}$ кг; 2. $U = 5$ В; 3. $N = 4,5 \cdot 10^{20}$, $q = 72$ Кл; 4. $A = 1200$ Дж; 5. $U = 4$ В; 6. $I = 1,6$ А; 7. $q = 2$ Кл.

Упр. 31. 1. $R = 0,85$ Ом; 2. Никель; 3. Сопротивление первого провода больше в 300 раз; 4. $l = 2,5$ м.

Упр. 32. 1. $I = 0,1$ А; 2. $U = 100$ В; 3. $U_2 = 9$ В; 4. $R = 5$ Ом; 5. $I = 5$ А; 6. $l = 40$ м.

Упр. 33. 1. $R = 1,5$ Ом; 2. $I = 0,2$ А; 3. Никель 4. $N = 1,25 \cdot 10^{19}$ та; 5. $l = 5$ м; 6. $U = 0,85$ В, $l = 50$ м 7. $I = 1,25$ А 8. Увеличится в 4 раза; 9. Не изменится; 10. Сопротивления равны.

Упр. 34. 1. $\angle \alpha = 30^\circ$; 2. $d = 6$ м; 3. Изображение приблизится на 2 м.

Упр. 35. 1. 2 dpтр, 5 dpтр, 8 dpтр, -10 dpтр; -4 dpтр; -2,5 dpтр; 2. 25 см, 40 см; 12,5 см; 10 см; 3. Увеличится; 4. $F_1 + F_2$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Turdiyev N. Sh., Fizika, 6-sinf darsligi. – Toshkent: Niso Poligraf nashriyoti, 2017. – 176 b.
2. Lukashik V. I., Qiziqarli fizika. Savol va masalalar to‘plami. O‘rta maktabning 6–7-sinflari uchun. – Toshkent: G‘afur G‘ulom nomidagi nashriyot-matbaa ijodiy uyi, 2016. – 192 b.
3. Habibullayev P., Boydedayev A., Bahromov A., Burxonov S., Fizika, 7-sinf darsligi. – Toshkent: O‘zbekiston milliy ensiklopediyasi davlat ilmiy nashriyoti, 2017. – 176 b.
4. Habibullayev P., Boydedayev A., Bahromov A., Usarov J., Suyarov K., Yuldasheva M., Fizika, 8-sinf darsligi. – Toshkent: O‘qituvchi nashriyot-matbaa ijodiy uyi, 2019. – 176 b.
5. Habibullayev P., Boydedayev A., Bahromov A., Usarov J., Suyarov K., Yuldasheva M., Fizika, 9-sinf darsligi. – Toshkent: G‘afur G‘ulom nomidagi nashriyot-matbaa ijodiy uyi, 2019. – 176 b.
6. Исаченкова Л.А., Слесар И.Е., Физика, 6 класс. – Минск: Народная асвета, 2010. – С. 120.
7. Исаченкова Л.А., Лешинский Ю.Д., Физика, 7 класс. – Минск: Народная асвета, 2013. – С. 183.
8. Исаченкова Л.А., Лешинский Ю.Д., Физика, 8 класс. – Минск: Народная асвета, 2015. – С. 183.
9. Ergashev A.I., Suyarov K.T., G‘afurov N.B., Choriyev R.Q., Umumta‘lim maktablarida fizika fanidan laboratoriya ishlarini o‘tkazish bo‘yicha uslubiy qo‘llanma. – Toshkent: Talqin, 2003.
10. Kreativ fikrlashni baholash. – Toshkent: Ta‘lim sifatini baholash bo‘yicha xalqaro tadqiqotlarni amalga oshirish milliy markazining matbaa bo‘limi, 2021. – 92 b.
11. Xalqaro tadqiqotlarda o‘quvchilarning matematik savodxonligini baholash. – Toshkent: Sharq nashriyot-matbaa aksiyadorlik kompaniyasi bosh tahririyati, 2019. – 110 b.

O'quv nashri

FIZIKA

*Umumiy o'rta ta'lim maktablarining
7-sinfi uchun darslik
(Rus tilida)*

*Художник: Абдулвохидов Зайналобиддин
Редактор: Заре Сардарян
Художественный редактор: Сарвар Фармонов
Технический редактор: Акмал Сулаймонов
Дизайнер: Мамасолиев Акбарали
Корректор: Барно Турсуналиева
Вёрстка: Исакулов Рустам
Перевод: Джумаева Гулноза*

Подписано в печать ____ 2022. Формат 60x84 $\frac{1}{8}$.
Гарнитура «Cambria». Кегль 12. Печать офсетная.
Усл.печ.л. 22,32. Уч.изд.л. 17,94
Тираж _____ Заказ _____

Сведения о состоянии учебника, выданного в аренду

№	Имя, фамилия ученика	Учебный год	Состояние учебника при получении	Подпись классного руководителя	Состояние учебника при сдаче	Подпись классного руководителя
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						

Таблица заполняется классным руководителем при передаче учебника в аренду и возврате в конце учебного года. При заполнении таблицы используются следующие оценочные критерии:

Новый учебник	Состояние учебника при первой сдаче
Хорошо	Обложка цела, не оторвана от основной части книги. все страницы в наличии, не порваны, на страницах нет записей и помарок.
Удовлетворительно	Обложка не смята, слегка испачкана, края стёрты. Удовлетворительно восстановлен пользователем. Вырванные страницы восстановлены, но некоторые страницы исчерчены.
Неудовлетворительно	Обложка испачкана, порвана, корешок оторван от основной части книги или совсем отсутствует. Страницы порваны, некоторых вообще не хватает, имеющиеся исчерчены. Учебник к дальнейшему пользованию не пригоден, восстановить нельзя.