

Ministerul Educației al Republicii Moldova

Михай Маринчук
Мирча Миглей

ФИЗИКА

учебник для 6 класса



Știința, 2017

Manualul este elaborat conform Curriculumului disciplinar în vigoare, aprobat prin Ordinul ministrului educației (nr. 510 din 13 iunie 2011) și editat din sursele financiare ale *Fondului special pentru manuale*.

Contribuția autorilor:

Mihai Marinciuc – capitolele I, II (temele: 1, 2, 5–7); III (temele: 3–5); IV, V

Mircea Miglei – capitolele II (temele: 3, 4); III (temele: 1, 2)

Comisia de evaluare: *Nicolae Balmuș*, doctor în fizică, conferențiar, Universitatea Pedagogică de Stat „Ion Creangă”, mun. Chișinău; *Ion Albu*, profesor școlar, grad didactic superior, Liceul Teoretic „Mihai Eminescu”, or. Drochia; *Pavel Stratan*, profesor școlar, grad didactic I, Liceul Teoretic „Onisifor Ghibu”, or. Orhei

Traducere din limba română: *Claudia Șerban*

Responsabil de ediție: *Larisa Dohotaru*

Redactor: *Valentina Rîbalchina*

Lector: *Maria Volcovscaia*

Corectori: *Mariana Belenciuc, Maria Cornesco*

Redactor tehnic: *Nina Duduciuc*

Machetare computerizată, ilustrații și procesare imagini: *Vitalie Ichim, Valentin Vârtosu jr.*

Copertă: *Pavel Zmeev*

Întreprinderea Editorial-Poligrafică Știința,

str. Academiei, nr. 3; MD-2028, Chișinău, Republica Moldova;

tel.: (+373 22) 73-96-16; fax: (+373 22) 73-96-27;

e-mail: prini_stiinta@yahoo.com; prini@stiinta.asm.md;

www.editurastiinta.md

DIFUZARE:

În Societatea de Distribuție a Cărții PRO-NOI,

str. Alba-Iulia, nr. 75; MD-2051, Chișinău, Republica Moldova;

tel.: (+373 22) 51-68-17, 71-96-74; fax: (+373 22) 58-02-68;

e-mail: info@pronoim.md; www.pronoi.md

Toate drepturile asupra acestei ediții aparțin Întreprinderii Editorial-Poligrafice Știința.

Descrierea CIP a Camerei Naționale a Cărții

Маринчук, Михай

Физика: Учебник для 6 класса / Михай Маринчук, Мирча Миглей; trad. din lb. rom.: Claudia Șerban; Min. Educației al Rep. Moldova. – Ch.: I.E.P. Știința, 2017 (Tipogr. „BALACRON” SRL). – 108 p.

ISBN 978–9975–85–061–2

53 (075.3)

© *Mihai Marinciuc, Mircea Miglei*. 2011, 2017

© Traducere din limba română: *Claudia Șerban*. 2011

© Întreprinderea Editorial-Poligrafică Știința. 2011, 2017

ISBN 978–9975–85–061–2

СОДЕРЖАНИЕ

I. ФИЗИКА – НАУКА О ПРИРОДЕ

1. Что такое физика	6
2. Как проводятся исследования в физике	9
3. Как производятся измерения в физике	12
4. Как обрабатываются экспериментальные данные в физике.....	16
5. Определение площади прямоугольника (лабораторная работа)	18
Из истории физики	19
Обобщение	20
Тест для самооценивания	21

II. МЕХАНИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

1. Движение и покой	23
2. Взаимодействие тел. Сила	25
3. Инерция. Масса тела	28
4. Измерение объёма и массы тел (лабораторная работа)	31
5. Плотность вещества	32
6. Сила тяжести. Вес тела	35
7. Определение веса тела (лабораторная работа)	38
Из истории физики	40
Обобщение	41
Тест для самооценивания	42

III. ТЕПЛОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ

1. Молекулярное строение вещества	44
2. Диффузия в газах, жидкостях и твёрдых телах	47
3. Нагревание. Охлаждение. Тепловое равновесие	49
4. Измерение температуры тела при его охлаждении (лабораторная работа)	52
5. Тепловое расширение тел	54
Из истории физики	57
Обобщение	58
Тест для самооценивания	59

IV. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И МАГНИТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ

1. Электризация трением. Два вида электрических зарядов	61
2. Проводники и изоляторы. Электроскоп	65
3. Объяснение электризации тел. Сохранение электрического заряда	68
4. Электризация при соприкосновении. Электризация через влияние	70
5. Электрические явления в атмосфере	74
6. Магнитные взаимодействия. Магниты	77
Из истории физики	81
Обобщение	82
Тест для самооценивания	83

V. ОПТИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

1. Источники света. Прозрачные, непрозрачные и полупрозрачные тела	85
2. Прямолинейное распространение света. Световой пучок. Луч света	89
3. Тень и полутень. Солнечные и лунные затмения	93
Из истории физики	98
Обобщение	99
Тест для самооценивания	100

Тесты для итогового самооценивания	101
Приложение	103
Ваш первый физический словарь	104

Условные обозначения



Цели изучаемых тем.



Задания, которые помогут вам вникнуть в сущность физических явлений.



Вопросы, упражнения и задачи. Работа с ними позволит вам лучше понять физику, применять её законы в различных ситуациях.



Физические законы и понятия. Они составляют основу физики, необходимые для описания и объяснения явлений и свойств тел.



I ФИЗИКА – НАУКА О ПРИРОДЕ



Мир вокруг нас непрерывно изменяется: времена года чередуются друг за другом, день постоянно сменяет ночь. В солнечный день появляются тучи, начинает идти дождь, грохочет гром, вспышки молний пронизывают небо. Затем дождь прекращается, на небе вновь появляется Солнце и можно увидеть радугу. Все эти протекающие изменения – *явления природы*.

Но в окружающем мире происходят изменения и иного рода: выпавший из рук предмет падает, развешанное мокрое бельё высыхает, самолёты бороздят небо, нажатием кнопки включается телевизор или компьютер и т.д. Такие изменения являются результатом *человеческой деятельности*.

Все явления протекают согласно определённым законам, которые изучаются учёными. В том числе эти законы исследует физика.

1. *Что такое физика*
2. *Как проводятся исследования в физике*
3. *Как производятся измерения в физике*
4. *Как обрабатываются экспериментальные данные в физике*
5. *Определение площади прямоугольника (лабораторная работа)*

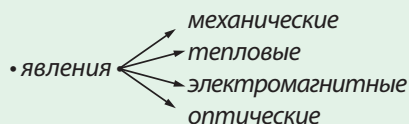


1. ЧТО ТАКОЕ ФИЗИКА



Изучив эту тему, вы сможете определять и различать наблюдаемые физические явления.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА



Слово **физика** происходит от греческого *physis*, что означает «природа». Это название подчёркивает, что **физика – наука о природе**.

Вы уже знаете, что существуют и другие науки о природе: биология, химия, география, астрономия. Чем же объясняется такое многообразие наук о природе? Только тем, что в природе наблюдается множество явлений и каждая наука использует свои методы их исследования.

Физика изучает физические явления и физические свойства тел.

Это определение физики ещё не очень много говорит для вас, оно станет более понятным по мере её изучения.

В свою очередь, явления, изучаемые в физике, также разнообразны, в чём вы убедитесь, рассмотрев ряд конкретных явлений, в том числе, проводя опыты. Разумеется, большинство из них мы не сможем объяснить, так как только начинаем изучать физику. Но, по мере проникновения в её тайны, мы сумеем это сделать.

Приведённые здесь и далее опыты призваны **пробудить вашу любознательность и стремление к их объяснению на основе ваших идей**.

Опыт – проводится вдвоём

Возьмите деревянную линейку и пуговицу или монету. Положите линейку на стол так, чтобы один из её концов выходил за край стола. Поместите пуговицу (монету) вблизи этого конца. Медленно поднимайте его, удерживая неподвижным противоположный конец (рис. 1.1). Что вы наблюдаете? Вначале пуговица поднимается вместе с линейкой (рис. 1.1. а), а затем вдруг начинает скользить вниз (рис. 1.1. б).



1.1. Поведение пуговицы на наклонной линейке

Опыт – проводится вдвоём

Возьмите два мяча для настольного тенниса и протяните сквозь каждый из них (как можно ближе к середине), с помощью иглы, нити. Завяжите одни концы нитей узлами, а другие прикрепите к горизонтально расположенному стержню так, чтобы мячи были подвешены на одном уровне, слегка соприкасаясь. Отклоните один из мячей в сторону, натянув немного нить так, чтобы обе нити подвеса находились в одной вертикальной плоскости; глядя сбоку, вы должны видеть, что нити перекрывают друг друга (рис. 1.2. а). Отпустите мяч и проследите за поведением обоих мячей. Поднятый мяч опускается

и ударяет находящийся в покое мяч, – тот начинает двигаться и поднимается вверх, натягивая свою нить подвеса (рис. 1.2. б). В какой-то момент он останавливается, затем движется вниз и т.д.

Опыт

Выполним другой вариант последнего опыта, используя игрушку-установку с 5-ю стальными шариками, подвешенными на нитях так, чтобы они соприкасались. Отклоним от первоначального положения один из крайних шариков (рис. 1.3. а), а затем отпустим. Что мы наблюдаем? Этот шарик движется до соударения с соседним шариком и останавливается. В результате произведённого удара шарик на противоположном конце начинает двигаться (рис. 1.3. б). Спустя какое-то время он останавливается, движется назад и соударяется с соседним; после этого начинает двигаться шарик на противоположном конце и т.д. Повторите опыт, отклонив от начального положения два соседних крайних шарика. Потом отпустите их и следите за последующим поведением системы шариков.

Вышеприведённые опыты – это примеры **механических явлений**.

Теперь проведём опыт иного рода.

Опыт – проводится вдвоём

Возьмите свечу и блюдце. Зажгите её (осторожно с огнём!) и наклоните так, чтобы пламя находилось над блюдцем (рис. 1.4). Внимательно следите за поведением материала свечи вблизи пламени. Воск (парафин) размягчается, начинает стекать и падает каплями, которые, попав в блюдце, затвердевают.

В этом опыте вы наблюдаете несколько **тепловых явлений**: нагревание и плавление воска под действием пламени и его затвердевание при соприкосновении с холодным телом.

Опыт

В вашем распоряжении гальванометр – прибор для регистрации электрического тока, присоединённый к катушке с достаточно большим количеством витков, и постоянный магнит. Следите за поведением стрелки гальванометра при введении и выведении магнита из катушки. Устанавливаем, что при введении магнита в катушку стрелка отклоняется в одну сторону, а при выведении – в другую. Если магнит движется быстрее, то стрелка отклоняется больше (рис. 1.5).



1.2. Поведение мячей, подвешенных на нитях



1.3. Соударение стальных шариков



1.4. Плавление свечи под действием пламени

Этот эксперимент демонстрирует один из методов получения электрического тока с помощью магнита, который был открыт в 1831 году английским физиком *Майклом Фарадеем* (1791–1867). Его практическое внедрение привело к революции в технике, поэтому XIX век часто называют «веком электричества».

Явление, наблюдаемое в этом опыте, называется **электромагнитным явлением**.

Приведём пример **оптических** или **световых явлений** (так называются явления, связанные со светом).



Возьмите цилиндрический стеклянный или пластиковый сосуд небольшого диаметра и заполните его водой. Держите его вертикально одной рукой и рассматривайте сквозь него горизонтально расположенный карандаш, прижатый другой рукой к стенке сосуда. Медленно отодвигайте карандаш от сосуда так, чтобы его изображение было чётко видно сквозь сосуд. В этом положении перемещайте карандаш вдоль, влево и вправо, пока он не выйдет из поля зрения. В каком направлении перемещается видимая сквозь сосуд часть карандаша? А часть вне сосуда? Продолжайте опыт. Отодвигайте карандаш от сосуда, пока вновь не увидите его чёткое изображение. Медленно перемещайте карандаш вдоль него, как в предыдущем случае (рис. 1.6). В каком направлении теперь перемещается видимая сквозь сосуд часть карандаша относительно наружной части?

Описанные опыты показывают, как широк круг изучаемых в физике явлений. В будущем вы рассмотрите много других опытов, которые будут объяснены с помощью определённых законов. Таким образом, вы постепенно будете углубляться в удивительный мир физики.



1.5. Получение электрического тока с помощью магнита



1.6. Наблюдение за карандашом сквозь сосуд с водой



Проверяем свои знания

Вспоминаем

1. Перепишите в тетрадь и дополните следующий текст:

- Плавление льда – это ... явление.
- Образование радуги – это ... явление.
- Горение электрической лампочки – это пример ... явления.
- Падение яблока с дерева – это ... явление.

2. Приведите по одному примеру каждого из явлений, описанных выше.

2. КАК ПРОВОДЯТСЯ ИССЛЕДОВАНИЯ В ФИЗИКЕ



В пределах этой темы вы ознакомитесь с основными методами исследования в физике, примете совместное участие в открытиях.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

- наблюдение
- опыт
- умозаключение
- тело
- вещество

Знания в области физики накапливались постепенно, в течение более 25 веков. Из любопытства человек стал внимательнее рассматривать окружающие тела, наблюдать за их поведением в различных условиях. Было установлено, что знания о природе могут быть получены только при наблюдении за окружающим миром.



Под **наблюдением** понимают процесс внимательного слежения за протеканием явлений и поведением тел, в них участвующих. В результате наблюдений формулируются **выводы**.

Физические явления происходят вокруг нас случайно, что затрудняет их изучение только на основе наблюдений. Поэтому учёные перешли к намеренным повторениям этих явлений. Так был разработан **экспериментальный** (от латинского *experimentum* – опыт) метод исследования, основанный на **опыте** – искусственном воспроизведении изучаемого явления. Первым начал широко использовать экспериментальный метод в физике итальянский учёный **Галилео Галилей** (1564–1642). Для изучения свободного падения тел и установления соответствующих закономерностей он бросал предметы с наклонной башни в городе Пиза (рис. 1.7). Он же исследовал скатывание шаров с наклонного жёлоба. В одной из серий опытов измерял расстояния, проходимые шарами, за последовательные равные промежутки времени. В других опытах изменял угол наклона жёлоба. Экспериментальный метод, предложенный Галилеем, стал методом исследований и в других естественных науках.

Проанализируем конкретный случай применения экспериментального метода исследования.



Опыт – проводится вдвоём

Положите на стол мелкие предметы: ключи, гвозди, монеты в 10 или 25 банов, скрепки (рис. 1.8. а). Проведите магнитом над телами на небольшом расстоянии от них. Что вы заметили?



1.7. Наклонная башня в г. Пиза

Некоторые из предметов притянулись магнитом, другие – нет (рис. 1.8. б).

Что общего в притянутых предметах?

Притянутые магнитом ключ, скрепки и гвозди сделаны из железа. Повторим опыт. Каков результат?

Он тот же, **магнит притягивает только предметы, содержащие железо.**

Продолжим эксперимент. Расположите на столе железные предметы, сверху поместите кусок картона. Опустите магнит на небольшое расстояние от картона, затем поднимите. Что вы заметили?

Магнит притягивает предметы из железа через лист картона (рис. 1.9).

Положите железные предметы на учебник физики и подвигайте магнитом под учебником, прикасаясь к нему. Что вы заметили?

Предметы двигаются согласно движению магнита.

Эти два опыта ясно показывают, что магнит действует на предметы из железа не только при соприкосновении с ними, но и через некоторые тела, которые магнитом не притягиваются.

Измените опыт. Положите два учебника один на другой. Поместите железные предметы на верхний учебник. Медленно двигайте магнит под нижним учебником. Видно, что теперь движутся только самые маленькие предметы. Если положить друг на друга ещё больше учебников, то заметим, что железные предметы больше не следуют за движением магнита под нижним учебником.

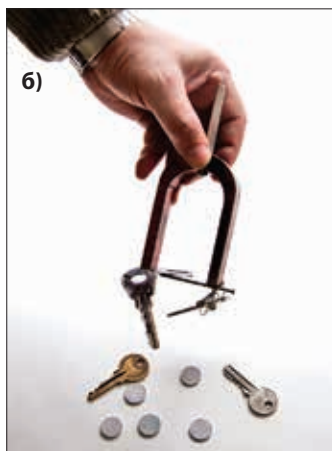
Исходя из этого опыта, делаем вывод, что действие магнита на предметы из железа ослабляется при увеличении расстояния между магнитом и телами. В этом мы можем убедиться, проведя простой опыт.

Будем перемещать магнит сверху вниз, к железным предметам, лежащим на книге.

Если расстояние от магнита до книги более 10 см, то предметы не реагируют на движение магнита. Когда же расстояние становится меньше, замечаем, что в какой-то момент маленькие предметы «оживают», слегка поднимаются, а затем «прыгают вверх», к магниту.

Следовательно, при уменьшении расстояния между магнитом и телами из железа действие магнита стало сильнее.

На основании этих опытов мы можем сформулировать вывод: **магнит притягивает лишь предметы, содержащие железо, но не только при непосредственном контакте, но и на расстоянии.**



1.8. Действие магнита на различные тела



1.9. Притягивание магнитом тел через картон

Действие магнита зависит от его расстояния до железных предметов: на малых расстояниях действие сильнее и наоборот.



Процесс получения выводов путём логического суждения называется **умозаключением**.



Как вы думаете, монета в 50 банов притянется магнитом или нет? Сделайте опыт. Что вы заметили? Как объяснить увиденное?

Предложите метод проверки объяснения. Осуществите его и подтвердите или опровергните данное объяснение.

Монета в 50 банов притягивается магнитом. Это можно объяснить, только допустив, что монета содержит железо. Убедиться в этом можно, удалив с помощью пилочки часть поверхностного слоя.

В описанном опыте вы продемонстрировали логическое суждение, сформулировали выводы путём умозаключения.

Таким образом, с помощью **наблюдений, опытов** и **умозаключений** были получены знания в области физики: законы, описывающие различные физические явления и свойства окружающих нас предметов.

Методы исследования, используемые в физике, оказались эффективными и применяются и в других науках о природе. В результате появились такие новые пограничные науки, как астрофизика, биофизика, физическая химия, геофизика и др.

В проведённых опытах вы использовали различные предметы, такие как магнит, ключи, гвозди, монеты, скрепки, книги и т.д. В физике различные предметы имеют общее название: **физические тела** или просто **тела**.

Один из выводов, на основе выполненных опытов, состоит в том, что магнит притягивает только тела из железа. Вокруг нас мы видим тела – столы, стулья, двери и т.д. – сделанные из дерева. Нас окружают тела из камня, глины, стекла, алюминия и др. Железо, дерево, камень и др. в физике объединены общим названием **вещества**. Вокруг нас существует огромное разнообразие веществ.



Проверяем свои знания

Вспоминаем

1. Перепишите в тетрадь и дополните следующий текст:

- а) Воспроизведение явлений в лабораторных условиях называется...
- б) Процесс внимательного прослеживания явлений, происходящих в природе, называется ...
- в) Получение выводов из экспериментов путём логического суждения называется ...

2. Напишите в двух столбцах по четыре примера тел и веществ, не упомянутых в тексте.

3. КАК ПРОИЗВОДЯТСЯ ИЗМЕРЕНИЯ В ФИЗИКЕ



Изучив эту тему, вы узнаете:

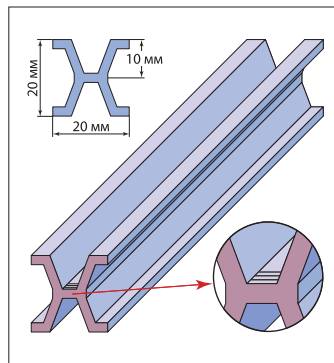
- суть процесса измерения физических величин;
- как читать показания на шкале измерительного прибора;
- как определяется точность измерительного прибора.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

- измерение
 - прямое
 - косвенное
- единица физической величины
- шкала измерительного прибора
- цена деления
- погрешность измерения
 - абсолютная
 - относительная

Большинство физических законов – количественные, они выражаются математическими формулами, связывающими определённые физические величины. Значение физической величины получают с помощью **измерения** – сравнения её с величиной той же физической природы, принимаемой за единицу. Вы уже знаете такие единицы, как *метр* (обозначение **м**) для длины, *секунда* (обозначение **с**) для времени, *градус Цельсия* (обозначение **°С**) для температуры. Их строгое определение, а также и единиц других физических величин, будет приведено позднее, при рассмотрении соответствующих тем.

Эталон метра, принятый в 1799 году, до настоящего времени хранится в Международном бюро мер и весов в г. Севр, под Парижем (Франция). Этот эталон представляет собой стержень специальной конструкции (рис. 1.10), имеющий на концах по 3 тонких штриха. Длина 1 м равна расстоянию между средними штрихами. С течением времени были разработаны другие способы определения метра, позволяющие изготавливать более точные эталоны метра.



1.10. Эталон метра

Измерения в физике бывают двух видов:

прямые и **косвенные**. В первом случае физическая величина непосредственно измеряется соответствующим прибором. При косвенных измерениях значение искомой величины вычисляется с помощью формулы, выражающей эту величину через другие величины, значения которых получают прямыми измерениями.



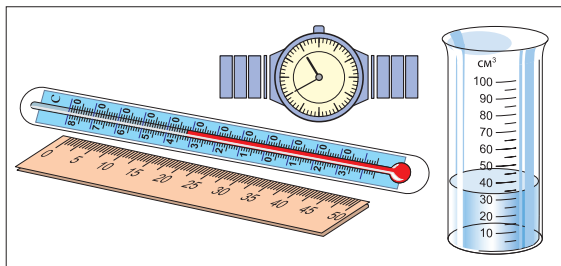
Измерим линейкой длину ребра куба. Какое это измерение: прямое или косвенное? А нахождение объёма куба по известной длине ребра?

Измерение физических величин осуществляется с помощью измерительных приборов. Вы уже знакомы с некоторыми из них: линейкой, рулеткой, мензуркой, часами, термометром, весами.



Внимательно посмотрите на приборы, изображённые на рисунке 1.11, и установите, что у них общего. Что вы обнаружили?

На всех приборах виден ряд штрихов, иногда вместо них – точки. Против некоторых штрихов написаны числа. Совокупность этих штрихов (или точек) и чисел представляет собой **шкалу измерительного прибора (инструмента)**. На некото-



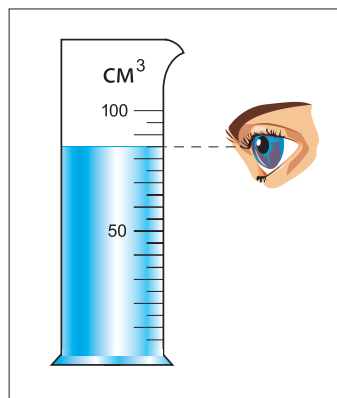
1.11. Измерительные приборы

рых приборах указана соответствующая единица, в других случаях единицы считаются хорошо известными и опускаются.

Рассмотрим на конкретном примере процесс измерения объёма жидкости с помощью мензурки (рис. 1.12). На мензурке сделана пометка см^3 (может быть мл; напомним, $1 \text{ мл} = 1 \text{ см}^3$). Числа на шкале мензурки показывают объём, выраженный в этих единицах.

Обратим внимание на то, как правильно снимать показания на шкале: **взгляд наблюдателя должен быть направлен перпендикулярно ей и вдоль свободной поверхности жидкости**.

Чему равен объём жидкости? Чтобы найти его, сначала нужно определить **цену деления**, то есть **величину объёма между двумя соседними штрихами**. На мензурке мы видим цифры 50 и 100. Объём жидкости между этими штрихами равен $(100 - 50) \text{ см}^3 = 50 \text{ см}^3$. Между этими штрихами 10 делений. Следовательно, одному делению соответствует объём $50 \text{ см}^3 : 10 \text{ делений} = 5 \text{ см}^3/\text{деление}$. Таким образом мы определили цену деления мензурки на рисунке 1.12.



1.12. Измерение объёма жидкости мензуркой

Объём жидкости равен 50 см^3 плюс объём её над соответствующим штрихом. Между ним и уровнем жидкости имеется 7 делений. Им соответствует объём, равный произведению цены деления на их число: $5 \text{ см}^3/\text{деление} \times 7 \text{ делений} = 35 \text{ см}^3$. Следовательно, объём жидкости в мензурке равен $50 \text{ см}^3 + 35 \text{ см}^3 = 85 \text{ см}^3$.

Некоторые приборы могут измерять физические величины только в определённом интервале. Например, лабораторный термометр на рисунке 1.11 может измерять температуру от -45°C до $+80^\circ\text{C}$. Это **пределы измерения** данного термометра.

Внимание! Избегайте использования измерительного прибора, если возможно превышение предельно допустимого значения измеряемой величины для этого прибора, так как он может выйти из строя.

Проанализируем ещё одну сторону измерительного процесса. Допустим, длина ребра тела, изображённого на рисунке 1.13, измерена дважды разными линейками. Чем отличаются линейки? Ценой деления. Цена деления линейки

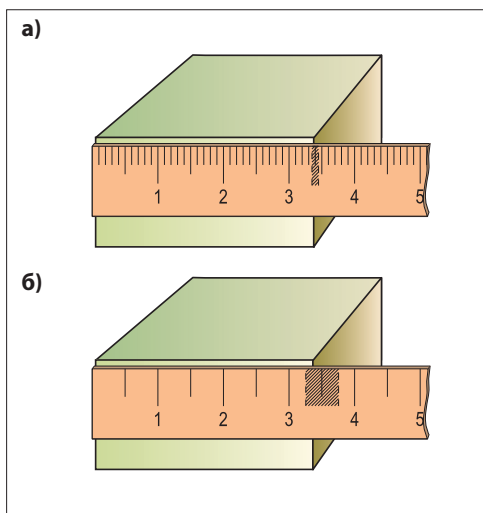
на рисунке 1.13. а равна 1 мм/деление, а на рисунке 1.13. б – 5 мм/деление.

В первом случае конец ребра находится между штрихами, соответствующими длинам 33 мм и 34 мм, ближе ко второму значению. Если считать длину ребра равной 34 мм, то это не будет точным значением длины. **Максимальную погрешность считают равной половине цены деления**, в нашем случае 0,5 мм. Таким образом, значение длины ребра находится между $(34,0 - 0,5)$ мм и $(34,0 + 0,5)$ мм. Пишем, что длина ребра имеет значение $l = (34,0 \pm 0,5)$ мм или $33,5 \text{ мм} \leq l \leq 34,5 \text{ мм}$ (на рисунке этот интервал заштрихован). При измерении второй линейкой рассматриваемый конец ребра на рисунке 1.13. б находится между штрихами 30 мм и 35 мм, ближе ко второму. Поэтому длину ребра принимаем равной 35 мм. Максимальная погрешность, допущенная при измерении, равна половине цены деления – 2,5 мм. Следовательно, длина ребра в данном случае находится в интервале от $(35,0 - 2,5)$ мм до $(35,0 + 2,5)$ мм или $32,5 \text{ мм} \leq l \leq 37,5 \text{ мм}$. Этот интервал также заштрихован на рисунке.

Во втором случае полученный интервал больше, чем в первом, следовательно, полученный результат менее точен. Рассмотренные выше погрешности длины выражаются в единицах длины и называются **абсолютными погрешностями**. Обычно их обозначают греческой буквой Δ (дельта) перед соответствующей величиной, в данном случае – Δl . Для двух линеек имеем $\Delta l_1 = 0,5$ мм и $\Delta l_2 = 2,5$ мм соответственно.

В последние годы всё чаще используются электронные измерительные приборы, например, часы, весы и др. (рис. 1.14). В них результат измерения появляется в виде числа на специальном экране. Измерительные приборы такого рода называются **цифровыми**.

Их абсолютные погрешности равны половине единицы последней цифры. Например, электронные часы показывают время $t = 31,7$ с с абсолютной



1.13. Измерение длины разными линейками



1.14. Электронные измерительные приборы (цифровые)

погрешностью $\Delta t = 0,05$ с. Абсолютные погрешности характеризуют измерительные приборы и называются **приборными погрешностями**.

Абсолютная приборная погрешность определяет точность измерительного прибора, а не значения измеряемой величины. Покажем это на конкретном примере. Абсолютная погрешность линейки $\Delta l = 0,5$ мм. Этой линейкой были измерены две разные длины: одна порядка 10 см и другая – порядка 1 см. Очевидно, что эта погрешность удовлетворительна для первого случая – длина $l_1 = (100 \pm 0,5)$ мм и не очень удовлетворительна для второго – длина $l_2 = (10 \pm 0,5)$ мм.

Характеристикой **точности** выполненных **измерений** служит **относительная погрешность** (ε). Она равна отношению абсолютной погрешности Δl к значению l измеряемой величины:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}.$$

Относительная погрешность является величиной безразмерной и обычно выражается в процентах.

Чтобы избежать применения чисел со многими цифрами, используют соответствующие кратные и дольные единицы измерения (см. Приложение б на стр. 103). Например, вместо 0,0182 м мы пишем 18,2 мм, вместо 18 400 м пишем 18,4 км и т.д.



Проверяем свои знания

Вспоминаем

1. Перепишите в тетрадь и дополните следующие предложения:

- а) Измерение физической величины состоит в ... с другой физической величиной той же физической природы, принятой ...
- б) Непосредственное измерение физической величины измерительным прибором называется ... измерением.
- в) Значение физической величины, соответствующее интервалу между двумя соседними штрихами измерительного прибора, называется ...
- г) Максимальная погрешность измерения измерительного прибора равна ...

Применяем свои знания

2. Внимательно посмотрите на лабораторный термометр, изображённый на рисунке 3.9 (стр. 50). Чему равна цена деления? Какую температуру показывает термометр? Чему равна его приборная погрешность? А медицинского термометра?

3. Вычислите и запишите в тетради:

- а) $0,47 \text{ м} + 23 \text{ см} = \dots \text{ см};$
- в) $1,6 \text{ кг} + 800 \text{ г} = \dots \text{ кг};$
- б) $1 \text{ ч. } 45 \text{ мин.} + 33 \text{ мин.} = \dots \text{ мин.};$
- г) $1500 \text{ дм}^2 + 1 \text{ м}^2 = \dots \text{ м}^2.$

4. КАК ОБРАБАТЫВАЮТСЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ В ФИЗИКЕ



Изучив эту тему, вы узнаете порядок:

- обработки данных прямых измерений;
- вычисления среднего значения данной величины;
- вычисления абсолютной погрешности и средней относительной погрешности;
- представления окончательного результата.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

- средняя абсолютная погрешность
- средняя относительная погрешность

Покажем порядок обработки данных, полученных в результате *прямых измерений* физической величины на примере решения практической задачи.

Требуется измерить длину поверхности классной парты, имея в распоряжении миллиметровую линейку длиной 30 см. Как измерить какую-то длину линейкой, которая намного её короче? Положим линейку вдоль соответствующей стороны поверхности парты цифрой 0 на один конец стороны. Отметим на поверхности положение цифры 30 тонким штрихом (карандашом или мелом). Переместим линейку вдоль стороны так, чтобы 0 находился у сделанной отметки. Отметим новое положение цифры 30. Продолжаем до тех пор, пока отметка 30 не окажется вне поверхности парты. Складываем соответствующие длины по 30 см и последнюю длину. Так мы получим значение l измеренной величины.

Повторяем измерение данной длины несколько раз, начиная измерения с одного и с другого конца по очереди. Допустим, мы получили 5 значений: $l_1 = 121,1$ см; $l_2 = 119,8$ см; $l_3 = 120,2$ см; $l_4 = 122,9$ см и $l_5 = 119,0$ см. Истинное значение длины ближе всего к среднему арифметическому полученных результатов. Оно равно сумме всех значений измеренной величины, делённой на их число:

$$\bar{l} = \frac{l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5}{5}; \quad \bar{l} = 120,6 \text{ см.}$$

Для нахождения погрешности, допущенной при определении среднего значения, в первую очередь вычислим абсолютные погрешности отдельных измерений Δl_i . Согласно определению, $\Delta l_i = |l_i - \bar{l}|$. В нашем случае $\Delta l_1 = |l_1 - \bar{l}| = 0,5$ см; $\Delta l_2 = |l_2 - \bar{l}| = 0,8$ см; $\Delta l_3 = 0,4$ см; $\Delta l_4 = 2,3$ см и $\Delta l_5 = 1,6$ см. **Средняя абсолютная погрешность**, характеризующая точность определения длины, равна среднему арифметическому абсолютных погрешностей отдельных измерений:

$$\Delta \bar{l} = \frac{\Delta l_1 + \Delta l_2 + \Delta l_3 + \Delta l_4 + \Delta l_5}{5}; \quad \Delta \bar{l} = 1,12 \text{ см.}$$

Результат измерения длины записывается в виде: $l = \bar{l} \pm \Delta \bar{l}$. Это означает, что **истинное значение** длины поверхности парты находится в интервале $\bar{l} - \Delta \bar{l} \leq l \leq \bar{l} + \Delta \bar{l}$. В конкретном случае истинная длина $l = (120,6 \pm 0,7)$ см, то есть $119,9 \text{ см} \leq l \leq 121,3 \text{ см}$. Относительная погрешность измерения длины:

$$\varepsilon = \frac{\Delta \bar{l}}{\bar{l}}, \text{ то есть } \varepsilon = \frac{1,12}{120,6} = 0,0093 = 0,93\%.$$

Погрешность удовлетворительна.

Очевидно, что точность измерения не может быть выше точности измерительного прибора, то есть абсолютная погрешность измерения физической величины не может быть меньше, чем абсолютная приборная погрешность. Абсолютную погрешность берут равной большему значению этих двух погрешностей.

Рассмотрим обработку данных при *косвенных измерениях*. Измеряемая величина вычисляется по формуле, определяющей её через другие величины, полученные прямым измерением. Подставив их средние значения в формулу и выполнив соответствующие вычисления, мы получим среднее значение искомой величины. Вычисление ошибок при косвенных измерениях осуществляется по той же формуле. Здесь мы сформулируем два легко запоминающихся правила, которые применимы во многих простых случаях (подробнее с вычислением погрешностей вы познакомитесь в старших классах).



- 1. Средняя абсолютная погрешность** суммы или разности двух независимых физических величин равна сумме средних абсолютных погрешностей величин при прямых измерениях.
- 2. Относительная погрешность** произведения или частного двух независимых физических величин равна сумме относительных погрешностей этих величин.

Рассмотрим конкретный случай: нужно определить периметр фигуры прямоугольной формы. Очевидно, прямыми являются измерения длин a и b сторон прямоугольника, далее вычисляется периметр $p = 2(a + b)$. В результате прямых измерений находим средние значения \bar{a} и \bar{b} , а также средние абсолютные погрешности $\Delta\bar{a}$ и $\Delta\bar{b}$. Среднее значение периметра равно: $\bar{p} = 2(\bar{a} + \bar{b})$. Применяя правило для средней абсолютной погрешности суммы, получим $\Delta(\bar{a} + \bar{b}) = \Delta\bar{a} + \Delta\bar{b}$. Следовательно, средняя абсолютная погрешность периметра $\Delta\bar{p} = 2(\Delta\bar{a} + \Delta\bar{b})$, а средняя относительная погрешность:

$$\varepsilon_p = \frac{\Delta\bar{p}}{\bar{p}} = \frac{\Delta\bar{a} + \Delta\bar{b}}{\bar{a} + \bar{b}}.$$

Второе правило будет применено в нижеследующей лабораторной работе.



Проверяем свои знания

Вспоминаем

1. В каких единицах выражается средняя абсолютная погрешность?

Применяем свои знания

2. Два ученика измеряли время, за которое шар, брошенный из окна, достигает земли, и получили значения: 1,22 с; 1,29 с; 1,18 с; 1,24 с; 1,28 с. Вычислите среднее время падения и соответствующие средние погрешности.

5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОЩАДИ ПРЯМОУГОЛЬНИКА (лабораторная работа)

Цель работы:

Приобретение навыков определения площади прямоугольника (поверхности классной парты) и обработки данных измерений.

Приборы и принадлежности: линейка с миллиметровой шкалой.

ХОД РАБОТЫ

- 1 Нарисуйте в тетради следующую таблицу измерений, в которой длины сторон поверхности парты обозначены a и b .

Измерение, номер	a (дм)	Δa (дм)	b (дм)	Δb (дм)	S (дм ²)	ΔS (дм ²)
1						
2						
3						
Среднее значение						

- 2 Измерьте длину стороны a (как описано в предыдущем параграфе). Впишите полученное значение в таблицу.
- 3 Измерьте эту длину ещё 2 раза (можете начинать измерения с противоположного конца). Впишите полученные значения в тот же столбец.
- 4 Подобным образом измерьте три раза длину стороны b и впишите данные в соответствующий столбец.
- 5 Вычислите средние значения \bar{a} и \bar{b} измеренных длин.
- 6 Вычислите среднее значение площади поверхности парты: $\bar{S} = \bar{a} \cdot \bar{b}$.
- 7 Вычислите абсолютные погрешности отдельных измерений: $\Delta a_i = |a_i - \bar{a}|$ и $\Delta b_i = |b_i - \bar{b}|$.
- 8 Вычислите средние абсолютные погрешности $\Delta \bar{a}$ и $\Delta \bar{b}$.
- 9 Вычислите среднюю относительную погрешность площади поверхности парты:

$$\varepsilon_s = \varepsilon_a + \varepsilon_b = \frac{\Delta \bar{a}}{\bar{a}} + \frac{\Delta \bar{b}}{\bar{b}}.$$

- 10 Вычислите среднюю абсолютную погрешность площади:

$$\Delta \bar{S} = \varepsilon_s \cdot \bar{S}.$$

- 11 Запишите окончательный результат

$$S = \bar{S} \pm \Delta \bar{S}$$

и укажите среднюю относительную погрешность ε_s .



Во все времена люди изобретали различные устройства, облегчающие труд и улучшающие условия жизни. Около 5000 лет до н.э. стали использовать простые механизмы: рычаг, наклонную плоскость, а спустя 1500 лет изобрели колесо. Позже изобрели первые измерительные приборы: примерно 2800 лет до н.э. появились весы (две чаши, подвешенные к горизонтальному коромыслу с осью вращения в середине). За 1500 лет до н.э. появились первые клепсидры (водяные часы). К этому же периоду относятся и первые солнечные часы.

В VII–VI веках до н.э. **Фалес Милетский** впервые описал наблюдения электрических и магнитных явлений, а в V–IV веках до н.э. **Демокрит** выдвинул гипотезу о существовании мельчайших неделимых частиц – атомов, из которых состоят все тела. В III веке до н.э. **Архимед** добился выдающихся результатов в изучении механических явлений, а **Евклид** исследовал оптические явления. Таким образом, уже в те времена изучались самые разные физические явления.

Бурное развитие физики как науки началось с работ итальянского физика и астронома **Галилео Галилея**. По одной из легенд, присутствуя на литургии в кафедральном соборе города Пиза и наблюдая за движением канделябра, он заметил, что продолжительность его движения туда–обратно не зависит от размаха колебаний канделябра. Для измерения времени Галилей использовал собственный пульс. Наблюдая за движением тел, подвешенных на нитях разной длины, он установил, что продолжительность движения туда–обратно тел, подвешенных на нитях одинаковой длины, не зависит от их размеров. На основании этих наблюдений Галилей изобрёл прибор для сравнительного измерения человеческого пульса, который назвал «пульсиологиумом» (пульсомером). Благодаря исследованиям Галилея, Кристиан Гюйгенс (1629–1695) изготовил первые часы с маятником.



Галилео Галилей (1564–1642)

Галилей провёл обширные исследования механического движения тел, изобрёл «термоскоп» – прообраз термометра, подзорную трубу, которая позволила осуществить ряд астрономических наблюдений: он установил, что у планеты Юпитер четыре спутника, что на поверхности Луны есть горы и впадины, а Млечный Путь, по существу, – это громадное скопление звёзд.

Галилей первым начал широко использовать математику для изучения физических явлений, придав физическим законам математическое выражение.

Этот учёный считается одним из основателей современной физики, её экспериментального метода.

Обобщение

- **Физика** – это наука о природе, изучающая физические явления и физические свойства тел.
- **Наблюдение** – это внимательное отслеживание протекания явлений, поведения участвующих в них тел.
- **Опыт** – это намеренное воспроизведение изучаемого явления, как правило, в лабораторных условиях.
- **Умозаключение** – процесс получения выводов с помощью логического суждения.
- **Измерение** физической величины состоит в сравнении её с величиной той же природы, принятой за единицу измерения.
- Измерения в физике бывают **прямые** и **косвенные**.
- **При прямом измерении** физическая величина определяется непосредственно соответствующим измерительным прибором.
- **В случае косвенного измерения** значение искомой величины вычисляется по формуле, выражающей эту величину, через другие величины, значения которых получают прямым измерением.
- **Шкала измерительного прибора (инструмента)** представляет собой ряд штрихов или точек с цифрами против них и указанием единицы измерения.
- При снятии показаний на шкале взгляд наблюдателя должен быть направлен перпендикулярно ей.
- **Цена деления измерительного прибора** равна значению физической величины, приходящемуся на интервал между соседними штрихами.
- **Пределы измерения прибора** – это наименьшее и наибольшее значения физической величины, которые можно измерить этим прибором.
- **Максимальная абсолютная погрешность** прямого измерения равна половине цены деления шкалы прибора.
- Для получения более точных результатов необходимо использовать измерительные приборы, имеющие меньшую цену деления.
- **Абсолютные погрешности** выражаются в тех же единицах, что и соответствующие величины.
- **Относительная погрешность равна отношению абсолютной погрешности к измеряемой величине.**
- **Относительная погрешность – величина безразмерная, она обычно выражается в процентах.**
- **Средняя абсолютная погрешность суммы или разности двух независимых физических величин равна сумме средних абсолютных погрешностей этих величин.**
- **Средняя относительная погрешность произведения или частного двух независимых физических величин равна сумме средних относительных погрешностей этих двух величин.**



Тест для самооценивания

1. Возьмите зеркало и поставьте его на пути солнечного света таким образом, чтобы на стене получился солнечный зайчик. Медленно поворачивайте зеркало то в одну, то в другую сторону. Как ведёт себя солнечный зайчик? Какое физическое явление вы наблюдаете?

2. Подготовьте 3 пластилиновых шарика с разными радиусами. Уроните их одновременно с одинаковой высоты на пол. Что вы можете сказать о их падении? Сделайте вывод.

3. Положите на стол несколько железных гвоздиков так, чтобы они не соприкасались. Возьмите магнит (от старого громкоговорителя или от мебели), поднесите к одному из гвоздиков, он притянется к магниту. Затем магнит с гвоздиком по очереди поднесите к остальным гвоздикам. Запишите свои наблюдения.

4. Перепишите и дополните соотношения.

а) ... м = ... дм = 41 см = ... мм;

б) ... кг = 44 г = ... мг;

в) ... ч ... мин. = 88 мин. = ... с.

5. Вычислите:

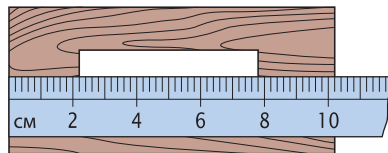
а) $0,84 \text{ м} + 57 \text{ см} = \dots \text{ см}$;

б) $1,4 \text{ кг} + 320 \text{ г} = \dots \text{ кг}$;

в) $2 \text{ ч } 18 \text{ мин.} - 56 \text{ мин.} = \dots \text{ мин.}$

6. Перепишите колонки со словами. Покажите стрелками связь между измерительными инструментами и измеряемыми величинами:

термометр	время
мензурка	высота
часы	объём
линейка	температура
	ширина



1.15. Измерение длины

7. На рисунке 1.15 показано уменьшенное изображение линейки и куска фанеры с отверстием. Определите:


а) цену деления линейки;

б) длину всего куска фанеры и длину отверстия.


Самооценивание. За каждый правильный ответ даётся: на задания 1–3 – по 1 баллу, на задания 4–7 – по 1,5 балла. К полученной сумме добавляется ещё один балл.



II МЕХАНИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ



Механическое движение – изменение положения тела относительно других тел или его частей относительно друг друга – самая распространённая форма движения в природе. Вы идёте из дома в школу, транспорт движется относительно Земли, перемещаются детали в различных механизмах. Планеты вращаются вокруг Солнца, спутники – вокруг планет, вся Солнечная система движется во Вселенной. Очевидна важность изучения механического движения, его форм и характеристик, причин, обуславливающих тот или иной его вид.

1. Движение и покой
 2. Взаимодействие тел. Сила
 3. Инерция. Масса тела
 4. Измерение объёма и массы тел
(лабораторная работа)
 5. Плотность вещества
 6. Сила тяжести. Вес тела
 7. Определение веса тела
(лабораторная работа)
- 

1. ДВИЖЕНИЕ И ПОКОЙ



Изучив эту тему, вы будете знать:

- как определяется положение тела;
- что такое механическое движение и покой;
- в чём заключается относительность механического состояния тела.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

- положение тела
- тело отсчёта
- покой
- движение

В повседневной жизни мы часто используем слова *покой* и *движение*, исходя из нашей практической деятельности. Здесь же мы дадим строгое определение этих понятий. Для начала уточним понятие **положение тела**.



Под **положением тела** мы понимаем место, занимаемое им в пространстве.



Положите на стол тетрадь по физике, на неё – учебник, а справа – шариковую ручку (рис. 2.1). Ответьте на вопрос: «Где находится тетрадь?» Какие могут быть ответы?

- Тетрадь лежит на столе.
- Тетрадь находится под учебником.
- Тетрадь находится слева от ручки.



2.1. Положение тетради

Все ответы верны. Почему же нет однозначного ответа?

• Потому, что не указано тело, относительно которого определяется положение тетради.



Тело, относительно которого определяется положение рассматриваемого тела, называется **телом отсчёта**.

Теперь можем дать определение понятиям, перечисленным в начале темы.



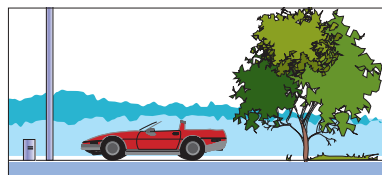
Тело находится **в покое** в течение определённого промежутка времени, если оно занимает одно и то же положение относительно выбранного тела отсчёта.

Механическое движение – это изменение положения некоторого тела относительно тела отсчёта с течением времени.

Покой и **движение** являются **механическими состояниями тела**.

Тело отсчёта может быть выбрано произвольно, но его выбирают так, чтобы описание механического движения рассматриваемого тела относительно тела отсчёта было наиболее простым.

Например, при движении автомобиля по шоссе (рис. 2.2) телом отсчёта может быть километровый указатель, дерево, придорожный столб и др. Телом отсчёта можно выбрать и грузовик, движущийся по шоссе, но описывать движение нашего автомобиля относительно него гораздо сложнее. Проанализируем механическое состояние пассажира какого-либо автомобиля. Что мы можем сказать о его состоянии, если автомобиль покоится относительно шоссе? Пассажир находится в состоянии покоя и относительно автомобиля, и относительно шоссе. А теперь допустим, что автомобиль движется по шоссе. Каким является механическое состояние пассажира относительно автомобиля? Относительно шоссе? Относительно автомобиля он находится в покое, а относительно шоссе – в движении. Какой вывод следует из этого анализа?



2.2. Автомобиль на шоссе

! Механическое состояние тела – покой или движение – зависит от выбора тела отсчёта, то есть **механическое состояние тела относительно**.

! Внимательно изучите приведённую таблицу и впишите соответствующее состояние в последний столбец.

Исследуемое тело	Тело отсчёта	Механическое состояние
Трибуны стадиона	а) Земля	
	б) Луна	
	в) болельщик, сидящий на трибуне	
	г) спортсмены, бегущие 400-метровку	



Проверяем свои знания

Вспоминаем

1. Перепишите в тетрадь и дополните следующий текст:

- а) Телом отсчёта называется
 б) Тело, не изменяющее своего положения относительно тела отсчёта, находится

Подумаем

2. Охарактеризуйте механическое состояние пуговицы на линейке (рис. 1.1, стр. 6) относительно линейки и стола при различных положениях поднятого конца линейки.
 3. Назовите тело отсчёта, относительно которого здание школы находится в движении.

2. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТЕЛ. СИЛА



Изучив эту тему, вы узнаете:

- что такое взаимодействие тел;
- что представляют собой статический и динамический эффекты взаимодействия;
- что мерой взаимодействия является сила;
- каким прибором измеряют силу.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

- взаимное действие
- взаимодействие
- эффекты взаимодействия
- сила
- динамометр

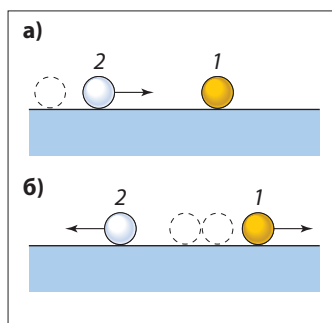
Из предыдущей темы вы знаете, что тела могут находиться в двух механических состояниях – движении и покое.

С помощью опытов выясним, каким образом изменяются эти состояния.

Опыт – проводится вдвоём

Возьмите два мяча для настольного тенниса. Мяч 1 через небольшое отверстие заполните воском (парафином или пластилином). Положите оба мяча на стол на расстоянии 10 см друг от друга. Ударьте мячом 2 по мячу 1 (рис. 2.3. а). Что вы заметили?

Мяч 2 соударяется с заполненным мячом 1. В результате мяч 1 выходит из состояния покоя, начинает двигаться, а мяч 2 изменяет направление своего движения (рис. 2.3. б).

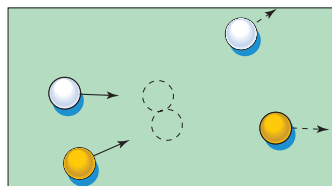


2.3. Взаимодействие мячей

Опыт – проводится вдвоём

Положите на стол два одинаковых мяча на расстоянии 10–15 см друг от друга и толкните их так, чтобы они соударились (рис. 2.4). Каков результат соударения?

После столкновения мячи движутся в других, по сравнению с первоначальными, направлениях, то есть изменились их состояния движения.



2.4. Изменение состояния движения мячей

В каждом из рассмотренных опытов участвуют два тела, которые, действуя друг на друга, взаимно изменяют состояние движения. Таким образом, **действие тел взаимно**.

Взаимное действие тел друг на друга называется **взаимодействием**.

На основе выше проведённых опытов мы установили, что **взаимодействие изменяет состояние движения тел**. Это и есть **динамический эффект взаимодействия**.

Рассмотрим опыты другого рода.

Опыт – проводится вдвоём

Положите на стол две книги на расстоянии примерно 20 см одна от другой, а на них – металлическую линейку. Поместите на линейку, посередине между книгами, металлическое тело (например, гирю массой 20–50 г). Какой была форма линейки до помещения данного тела (рис. 2.5. а) и какой стала после этого (рис. 2.5. б)?

Под действием тела, положенного на линейку, линейка изогнулась, изменила свою форму, то есть деформировалась.

Опыт – проводится вдвоём

Прикрепите к горизонтальному стержню один конец пружины или резиновой ленты (рис. 2.6. а), а к другому её концу подвесьте груз, поддерживая его ладонью. Медленно опускайте ладонь, пока груз перестанет её касаться (рис. 2.6. б). Как изменилась длина пружины?

Пружина удлинилась, то есть деформировалась.

В данных опытах происходит взаимодействие двух тел: линейки, с лежащим на ней телом, и пружины, с подвешенным грузом. В результате линейка и пружина деформировались. После прекращения внешнего действия линейка и пружина возвращаются в первоначальное состояние. Такие деформации называются **упругими**. Если же после прекращения этого действия тело остаётся деформированным, то деформация называется **пластической** или **неупругой**, например, при сгибании алюминиевой проволоки.

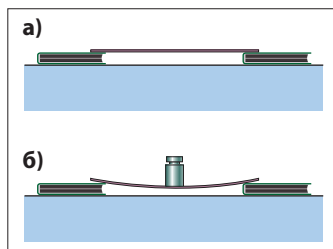
Итак, **при взаимодействии тела могут деформироваться** – это **статический эффект взаимодействия**.

! Обобщив всё вышеизложенное, приходим к выводу: **в результате взаимодействия тел наблюдается динамический эффект – изменяется их состояние движения или статический эффект – тела деформируются.**

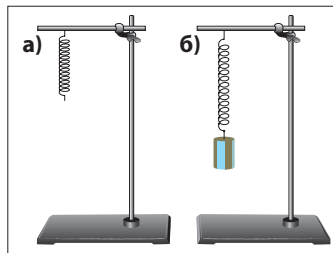
Опыт

Тележку привяжем упругой нитью к неподвижной стойке и придвинем к ней как можно ближе (нить не растянута). Оттолкнём тележку от стойки (рис. 2.7). Что вы заметили?

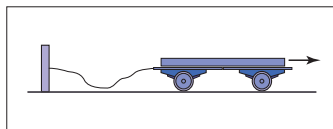
В какой-то момент нить натягивается. Но тележка продолжает двигаться, и нить растягивается (деформируется) всё больше. Затем тележка останавливается и начинает двигаться в обратном направлении – к стойке.



2.5. Деформация металлической линейки



2.6. Деформация пружины



2.7. Взаимодействие тележки с упругой нитью



Назовите эффекты взаимодействия на каждом этапе опыта.

В результате взаимодействий тело может более или менее изменять своё движение в том или ином направлении, по-разному деформироваться в зависимости от характера взаимодействия.



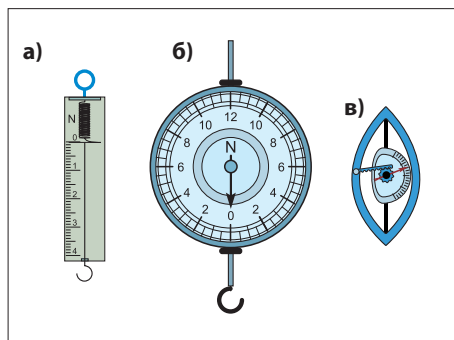
Физическая величина, характеризующая взаимодействие и определяющая его эффекты, называется **силой**.

Сила характеризуется не только величиной, но и **направлением**. В физике вы встретите много других величин с такими свойствами. Они называются **векторными** и обозначаются соответствующими буквами со стрелками над ними.

Сила обозначается буквой \vec{F} .

Единица силы в Международной системе единиц называется **ньютоном** в честь английского физика Исаака Ньютона (1642–1727). Обозначается буквой **Н**, то есть $[F] = \text{Н}$.

Силы измеряют с помощью специальных приборов, **динамометров**. Они имеют различную конструкцию (рис. 2.8). Динамометр а) измеряет силу, приложенную к крючку; динамометр б) – силу, приложенную к одному из концов стержня, а также сумму или разность сил, приложенных одновременно к обоим концам стержня; динамометр в) – силу, сжимающую его пружину. Динамометры градуируются в ньютонах или в кратных и дольных частях ньютона.



2.8. Динамометры



Проверяем свои знания

Вспоминаем

1. Перепишите в тетрадь и дополните следующий текст:

а) Взаимодействием тел называется

б) Деформация тела – это

в) Физическая величина, которая характеризует взаимодействие и определяет его эффекты, называется

Подумаем

2. Приведите пример опыта, в котором результатом взаимодействия является деформация тел.

3. Определите цену деления динамометра на рисунке 2.8. а, а также величину погрешности, допускаемой при измерении им.

3. ИНЕРЦИЯ. МАССА ТЕЛА



Изучив эту тему, вы узнаете, что собой представляют:

- явление инерции;
- инертность – свойство тел;
- масса тела – мера инертности;
- единица массы и её эталон.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

- инерция
- инертность
- масса
- эталон массы



Представьте себе, что вы вошли в автобус, стоите, руки у вас заняты. В одной руке у вас ранец, в другой – сумка со спортивной формой. Что произойдёт, если автобус резко тронется с места?

Вы отклонитесь назад, к задней части автобуса.

А теперь представьте себе, что автобус резко поворачивает направо. Что произойдёт?

Вы наклонитесь к боковым стёклам с левой стороны.

На следующей остановке автобус резко тормозит. Теперь что случится? Вы наклонитесь вперёд, к ветровому стеклу.

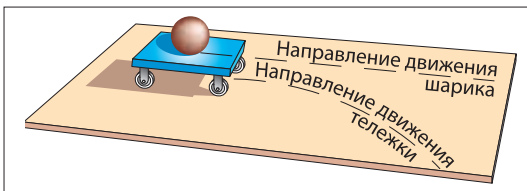
Чтобы избежать подобных неприятных эффектов, автобус должен маневрировать плавно.

Движущийся автомобиль после выключения двигателя не останавливается мгновенно, а продолжает движение и ещё проезжает какое-то расстояние, прежде чем остановиться.

Внимание при переходе улиц! Движущийся транспорт не может резко остановиться, чтобы избежать аварии.



Положите шарик на тележку, движущуюся прямолинейно. Затем резко измените направление её движения (рис. 2.9). Что вы заметили? Как теперь движется шарик?



2.9. Тележка с шариком

Шарик стремится сохранить движение в первоначальном направлении.



Явление сохранения телом состояния покоя или прямолинейного движения, пока на него не оказывается внешнее воздействие, называется **инерцией**. Свойство тел сохранять соответствующее состояние называется **инертностью**.

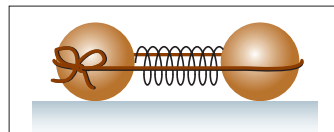


Подберите три сферических тела примерно одинакового размера, но из разных материалов, например, два деревянных шара и мяч для настольного тенниса.

а) Положите одинаковые деревянные шары на гладкий стол. Зажмите между ними лёгкую пружину, связав всё нитью (рис. 2.10). Пережгите нить. Что вы заметили?

Пружина падает на стол, а от неё в противоположных направлениях катятся шары.

Оба шара приведены в движение и удаляются от пружины одинаково быстро. Отсюда делаем вывод, что оба шара одинаково инертны, они обладают одинаковой инертностью.



2.10. Шары и пружина, тесно связанные нитью



б) Возьмите два разных сферических тела: деревянный шар и теннисный мяч и повторите опыт. Что теперь вы заметили? Какое из тел начинает движение медленнее? Какие выводы можете сделать?

Деревянный шар начинает движение медленнее. Его инертность больше.

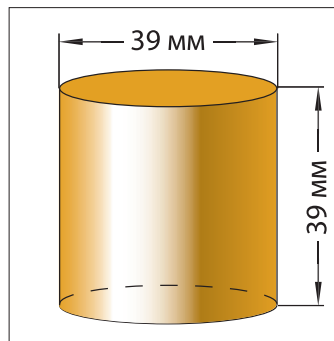


Физическая величина, характеризующая инертность тела – свойство сопротивляться изменению состояния своего движения – называется **массой**. Тело с большей инертностью имеет и большую массу.

Единица массы в Международной системе единиц называется **килограмм** и обозначается **кг**:

$$[m] = \text{кг}.$$

В качестве **эталоны килограмма** была выбрана масса цилиндра из платино-иридиевого сплава с диаметром и высотой, равными по 39 мм. Он называется **эталоном массы** (рис. 2.11) и хранится во Франции в г. Севр, под Парижем, в специальных условиях. Масса тел определяется взвешиванием, с помощью **весов**.



2.11. Эталон массы

Взвешивание состоит в сравнении неизвестной массы данного тела с известными массами других тел. Тела с маркированными массами (гири) хранятся в специальных коробках, оберегающих их от пыли и влаги. Такая коробка, как правило, прилагается к лабораторным весам и содержит гири в 100, 50, 20, 20, 10, 5, 2, 2 и 1 г. С их помощью можно взвесить тело с массой от 1 до 210 г. Гири меньше 1 г – это алюминиевые пластинки массами 500, 200, 200, 100, 50, 20, 20 и 10 мг. Для облегчения пользования ими и защиты их от загрязнений применяют пинцет.

Если весы находятся в равновесии, то массы тел, лежащих на чашах весов, равны (рис. 2.12).



Проверяем свои знания

Вспоминаем

1. Перепишите в тетрадь и дополните следующий текст:

а) После выключения двигателя автомобиль стремится сохранить

б) Лист бумаги можно резко вытащить из-под неподвижного стакана с водой, так как стакан стремится сохранить

в) Свойство тела сохранять состояние покоя или прямолинейного движения, если на него не оказывают внешнего воздействия, называется

Объясняем

2. На рисунке 2.13 показан способ установки ножа рубанка в нужном положении. Почему при ударе по ножу он входит в рубанок, а при ударе по корпусу (колодке) выходит из него?

3. На рисунке 2.14 показаны способы насадки лопаты на черенок и молотка на рукоятку. Объясните их.

4. Почему при чистке одежды от пыли её встряхивают или выбивают?

5. Почему запрещено буксировать автокары с помощью тросов?

6. Как сбивают столбик ртути медицинского термометра?

Вычисляем

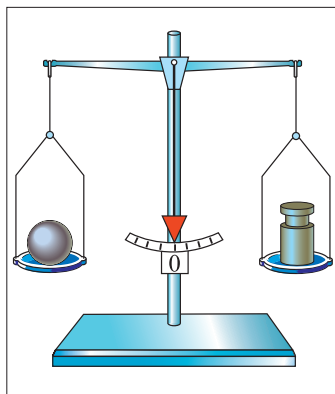
7. Выразите в граммах и килограммах следующие массы: 450 г 500 мг; 150 г 700 мг; 50 г 200 мг.

8. Выполните действия:

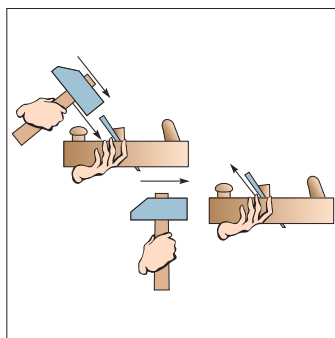
а) $3 \text{ кг } 800 \text{ г} + 2 \text{ кг } 700 \text{ г} = \dots \text{ кг } \dots \text{ г}$;

б) $70 \text{ г } 20 \text{ мг} - 49 \text{ г } 130 \text{ мг} = \dots \text{ г } \dots \text{ мг}$;

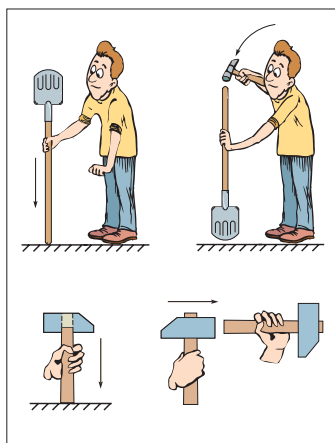
в) $24 \text{ кг } 200 \text{ г} - 12 \text{ кг } 800 \text{ г} = \dots \text{ кг } \dots \text{ г}$.



2.12. Весы находятся в равновесии



2.13. Перестановка ножа рубанка



2.14. Способы насадки лопаты на черенок и молотка на рукоятку

4. ИЗМЕРЕНИЕ ОБЪЁМА И МАССЫ ТЕЛ (лабораторная работа)

Цель работы:

Приобретение навыков измерения объёма жидкого или твёрдого тела и измерения массы с помощью рычажных весов.

Приборы и принадлежности: мензурка, сосуд с жидкостью, стеклянный лабораторный стакан, моток алюминиевой проволоки, весы, коробка с гирями (разновесами).

а) Измерение объёма жидкости

- 1 Определите цену деления мензурки.
- 2 Налейте в мензурку определённый объём воды и запишите его значение в тетрадь $V_{\text{ж}} = \dots$.

б) Измерение массы жидкости

- 1 Уравновесьте весы перед взвешиванием. Для этого на более лёгкую чашу, поднятую выше, положите маленькие кусочки бумаги.
- 2 Поставьте на левую чашу весов стеклянный лабораторный стакан. На правую чашу кладите гири до тех пор, пока стрелка весов не остановится на делении 0. Сумма масс всех гирь равна массе стакана. Запишите полученное значение $m_{\text{с}} = \dots$.
- 3 Налейте в стакан жидкость из мензурки. Взвесьте стакан с жидкостью и запишите их массу $m_{\text{с.ж.}} = \dots$ в тетрадь.
- 4 Вычислите массу жидкости $m_{\text{ж}} = m_{\text{с.ж.}} - m_{\text{с}}$. Получаем $m_{\text{ж}} = \dots$.

в) Измерение массы твёрдого тела

- 1 Положите на левую чашу уравновешенных весов моток алюминиевой проволоки.
- 2 Кладите на правую чашу гири до тех пор, пока стрелка весов не остановится на делении 0. Посчитайте их массу. Она равна массе тела (мотка проволоки) $m_{\text{т}} = \dots$.

г) Измерение объёма твёрдого тела неправильной формы

- 1 Налейте в мензурку какое-то количество жидкости (до определённого деления) и запишите соответствующее значение объёма в тетрадь: $V'_{\text{ж}} = \dots$.
- 2 Осторожно опустите в мензурку моток проволоки, держа его за нить. Измерьте общий объём $V_{\text{об}}$ тела вместе с жидкостью. Запишите в тетрадь $V_{\text{об}} = \dots$.
- 3 Вычислите объём тела $V_{\text{т}} = V_{\text{ж}} - V'_{\text{ж}}$. $V_{\text{т}} = \dots$.

5. ПЛОТНОСТЬ ВЕЩЕСТВА



Изучив эту тему, вы познакомитесь с понятием плотности вещества и его применением для решения задач.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

• плотность



Перечертите приведённую таблицу в тетрадь. Внесите в неё результаты, полученные разными группами учеников при выполнении лабораторной работы.

Внимание! Масса и объём в каждом столбце должны соответствовать одному и тому же твёрдому или жидкому телу.

Вещество	Алюминий			Жидкость		
Тела	1	2	3	1	2	3
Масса m (г)						
Объём V (см ³)						
Отношение $\frac{m}{V}$ ($\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$)						

Вычислите величину отношения $\frac{m}{V}$ для каждого столбца.

Что вы установили?

Отношение массы к объёму оказалось примерно равным для тел из одинакового вещества. Это отношение является одной из характеристик вещества.



Отношение массы тела к его объёму называется **плотностью вещества**.

Плотность обозначается греческой буквой ρ (читается ро):

$$\rho = \frac{m}{V}.$$

В Международной системе единиц измерения (СИ) единица плотности

$$[\rho] = \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

Зная плотность ρ и объём V тела, можно найти его массу:

$$m = \rho \cdot V.$$

Если тело массой m имеет плотность ρ , то его объём равен:

$$V = \frac{m}{\rho}.$$

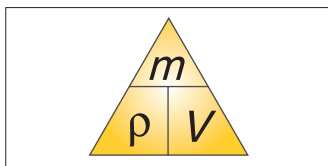
Эти формулы легко запоминаются с помощью треугольника запоминания (рис. 2.15). Закрывая пальцем величину, которую хотим узнать, получаем соотношение между двумя другими. Например, закрыв ρ , получим

$\rho = \frac{m}{V}$ (рис. 2.16. а), закрыв m , найдём $m = \rho \cdot V$ (рис. 2.16. б); закрыв V , найдём

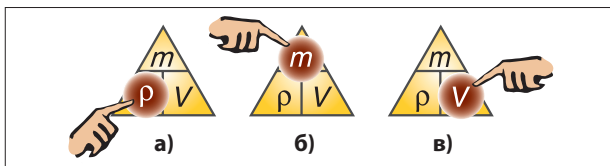
$V = \frac{m}{\rho}$ (рис. 2.16. в). Часто плотность выражают в г/см³. Установим связь:

$$1 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = \frac{1\,000 \text{ г}}{(100 \text{ см})^3} = 0,001 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}.$$

В качестве примера приведём плотности некоторых веществ: плотность алюминия равна 2,7 г/см³; железа – 7,8 г/см³; воды – 1 г/см³; керосина – 0,8 г/см³; ртути – 13,6 г/см³ и т.д. (см. Приложение а на стр. 103 учебника).



2.15. Треугольник запоминания



2.16. Применение треугольника запоминания

Для определения плотности жидкости используют специальный прибор – **ареометр**. Он представляет собой стеклянную трубку с воздухом. В нижней части трубки в небольшом резервуаре находятся песок, камешки, свинцовая дробь и т.д., которые обеспечивают устойчивое вертикальное положение трубки. В верхней части трубки имеется шкала, которая показывает плотность в г/см³ (рис. 2.17). В зависимости от плотности жидкости ареометр погружается на ту или иную глубину. Уровень, до которого погружается ареометр, показывает величину плотности, которая читается по шкале.



2.17. Ареометр

Примеры решения задач

Задача 1

Мраморная плита (параллелепипед) имеет размеры: $a = 40$ см, $b = 20$ см, $c = 2$ см. Чему равна плотность мрамора, если масса плиты равна 4,48 кг?

Дано:	СИ:
$a = 40$ см	0,4 м
$b = 20$ см	0,2 м
$c = 2$ см	0,02 м
$m = 4,48$ кг	
$\rho - ?$	

Решение:

Плотность вещества $\rho = \frac{m}{V}$.

Объём плиты $V = a \cdot b \cdot c$. Следовательно,

$$\rho = \frac{m}{a \cdot b \cdot c} = \frac{4,48 \text{ кг}}{0,4 \text{ м} \cdot 0,2 \text{ м} \cdot 0,02 \text{ м}} = 2\,800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

Ответ: $\rho = 2\,800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

Задача 2

Масса железного куба с ребром длиной 50 см равна 50 кг. Чему равен объём пустот в кубе? Плотность железа $\rho = 7\,800 \text{ кг/м}^3$.

Дано: **СИ:**

$$a = 50 \text{ см} \quad 0,5 \text{ м}$$

$$m = 50 \text{ кг}$$

$$\rho = 7\,800 \text{ кг/м}^3$$

$$V_0 = ?$$

Решение:

Обозначим: $V = a^3$ – объём куба; V_0 – объём пустот; $V_{\text{ж}} = \frac{m}{\rho}$ – объём железа.

Объём пустот в кубе равен разности всего объёма куба и объёма, занимаемого железом в кубе: $V_0 = V - V_{\text{ж}} = a^3 - \frac{m}{\rho}$.

$$\text{Следовательно, } V_0 = (0,5 \text{ м})^3 - \frac{50 \text{ кг}}{7\,800 \text{ кг/м}^3} = 0,119 \text{ м}^3.$$

Ответ:

Объём пустот $V_0 = 0,119 \text{ м}^3$.



Проверяем свои знания

Вспоминаем

1. Перепишите в тетрадь и дополните следующий текст:

а) Отношение массы тела m к его объёму V называется ... и записывается в виде $\frac{m}{V} = \dots$.

б) Если известны масса m тела и плотность ρ , то объём тела равен ...

Решаем

2. Плотность железного тела равна $7,8 \text{ г/см}^3$, а алюминиевого – $2\,700 \text{ кг/м}^3$. У какого из тел плотность больше?

3. Масса цилиндра равна $4,52 \text{ кг}$, а объём – 400 см^3 . Чему равна плотность цилиндра? Из какого материала он сделан?

Выполняем опыт

4. Определите плотность растительного масла, имея в распоряжении стакан масла, шприц (без иглы) объёмом 20 мл , весы и разновесы. Сравните полученное значение с табличным (стр. 103 учебника).

6. СИЛА ТЯЖЕСТИ. ВЕС ТЕЛА



Изучив эту тему:

- вы ознакомитесь с понятиями *сила тяжести*, *вес тела*;
- узнаете, чем они отличаются, какая связь существует между ними и массой тела.



Возьмите лёгкий предмет, например, шариковую ручку и удерживайте её неподвижно двумя пальцами (рис. 2.18), а затем отпустите. Что вы наблюдаете?

Ручка падает вертикально.

Проанализируем это наблюдение, опираясь на знания, полученные при изучении предыдущих тем. Ручка первоначально находилась в состоянии покоя. Предоставленная самой себе, она начинает двигаться, то есть изменяет своё механическое состояние. Это изменение произошло вследствие взаимодействия с определённым телом. Таким телом может быть только Земля, к которой движется (падает) ручка.

Подобным образом падают на Землю и другие тела, предоставленные самим себе.

Делаем вывод, что **на тела, находящиеся вблизи поверхности Земли, с её стороны действует сила притяжения.**



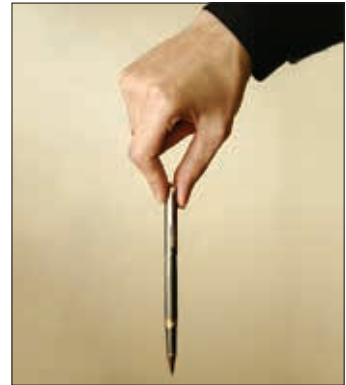
Сила, с которой Земля притягивает любое тело, находящееся около неё, называется **силой тяжести**. Она обозначается буквой \vec{G} .

Графически силу тяжести, действующую на тело, изображают стрелкой, направленной к Земле. Она начинается в определённой точке тела, которая называется **точкой приложения силы тяжести** или **центром тяжести** тела (рис. 2.19).

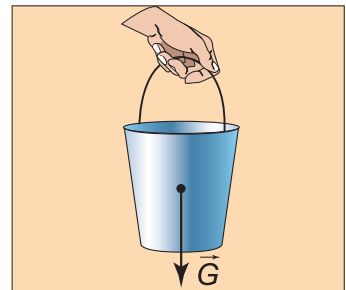
Поскольку действие тел взаимно, то не только Земля притягивает тела, расположенные вблизи неё, но и эти тела притягивают Землю (рис. 2.20).

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

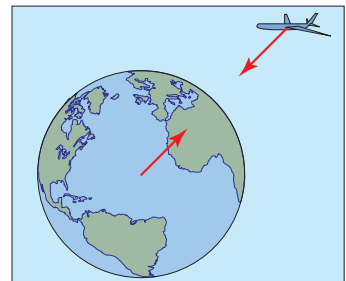
- сила тяжести
- центр тяжести
- вес
- ускорение свободного падения



2.18. Шариковая ручка в состоянии покоя

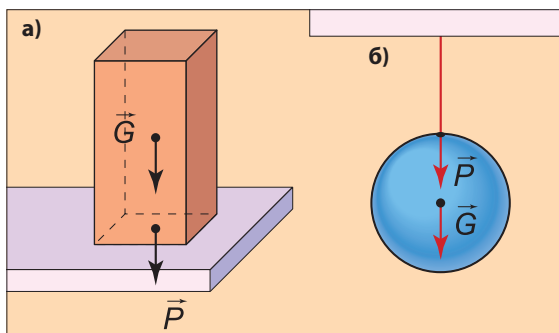


2.19. Сила тяжести



2.20. Взаимное действие тел друг на друга

Рассмотрим два покоящихся тела: одно находится на горизонтальной опоре (рис. 2.21. а), другое – подвешено на нити (рис. 2.21. б). На тела действуют силы тяжести, они, в свою очередь, действуют на тела, удерживающие их в покое и препятствующие падению. Например, тело, находящееся на горизонтальной опоре, действует на неё с силой, направленной вертикально вниз и численно равной силе тяжести, но приложенной к опоре (рис. 2.21. а). Эта сила называется **весом** тела и обозначается \vec{P} . Таким же образом подвешенное на нити тело (рис. 2.21. б) натягивает нить подвеса, действуя на неё весом \vec{P} .



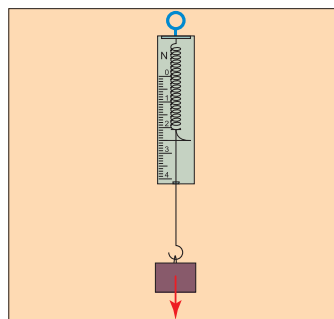
2.21. Сила тяжести \vec{G} и вес тела \vec{P}

Сила, с которой тело действует на горизонтальную опору или вертикальную нить, препятствующую его падению, называется **весом** тела и обозначается буквой \vec{P} . Вес приложен к опоре или нити подвеса. Он численно равен силе тяжести, $P = G$, если тело покоится относительно Земли.

Вес тела и силу тяжести измеряют динамометром, подвесивая тело к его крючку (рис. 2.22). Стрелка прибора показывает соответствующее значение измеренной силы.



Закрепим динамометр в вертикальном положении в лапке штатива. Подвешиваем к его крючку (рис. 2.22) поочередно тела известной массы (гири из набора разновесов) и записываем в таблицу значения силы тяжести, показанные динамометром.



2.22. Измерение веса тела динамометром

Тело	Масса, m (кг)	Сила тяжести, G (Н)	Отношение, $g = \frac{G}{m}$ (Н/кг)
1	0,1		
2	0,2		
3	0,3		

Вычислив отношение в последнем столбце для каждого из опытов, убеждаемся, что оно является величиной постоянной для данного места Земли.



Отношение силы тяжести, действующей на тело к его массе, называется

ускорением свободного падения: $g = \frac{G}{m}$, его единица $[g] = \frac{[G]}{[m]} = \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$.

Объяснение этого названия будет дано в старших классах.

Из выражения для g получаем **$G = mg$** , то есть **сила тяжести, действующая на тело, прямо пропорциональна его массе**.

Детальные исследования показали, что значение ускорения свободного падения немного увеличивается при перемещении от экватора к полюсам Земли. На экваторе оно равно примерно 9,78 Н/кг, на широте города Кишинэу – около 9,81 Н/кг, на Северном полюсе – 9,83 Н/кг.

При решении задач это значение, как правило, округляют до $g = 10 \text{ Н/кг}$.

На других небесных телах ускорение свободного падения имеет различные значения. Например, на Луне оно равно около 1,6 Н/кг, на Венере – 8,8 Н/кг, на Марсе – 3,8 Н/кг.

Между небесными телами также существуют силы взаимного притяжения. Благодаря этим силам планеты вращаются вокруг Солнца, спутники вокруг планет и т.д.



Проверяем свои знания

Вспоминаем

1. Перепишите в тетрадь и дополните следующий текст:

- Сила, с которой тело, находящееся вблизи Земли, притягивается к ней, называется
- Точка приложения силы тяжести называется
- Весом тела называется сила
- Вес тела ... массе этого тела.

Применяем свои знания

2. Определите вес тела, подвешенного к крючку динамометра на рисунке 2.22. Укажите погрешность измерения динамометра.

Решаем

- Вычислите силу тяжести, действующую на тело массой 250 г. Считать $g = 10 \text{ Н/кг}$.
- Чему равна масса тела, вес которого равен 196 Н? Принять $g = 9,8 \text{ Н/кг}$.
- Определите силу тяжести, действующую на тело на Луне, если сила тяжести на Земле равна 29,4 Н. Принять $g_3 = 9,8 \text{ Н/кг}$, $g_л = 1,6 \text{ Н/кг}$.

7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕСА ТЕЛА (лабораторная работа)

Цель работы:

Приобретение навыков определения веса тела с помощью динамометра.

Приборы и принадлежности: школьный динамометр, два различных тела, снабжённых крючками, штатив с муфтой и лапкой.

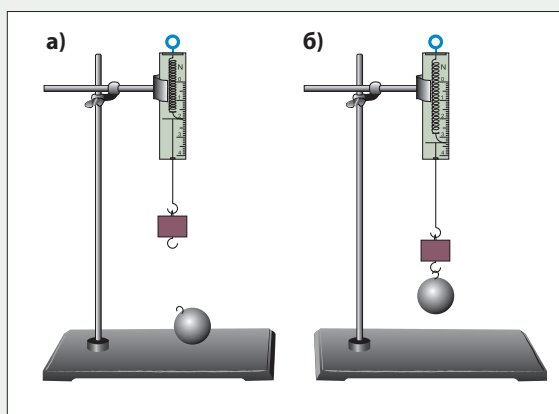
ХОД РАБОТЫ

- 1 Изучите устройство динамометра.
- 2 Определите значение силы, соответствующее одному делению шкалы динамометра. Для этого разность между двумя показаниями шкалы разделите на число делений между ними.
- 3 Укрепите динамометр вертикально в лапке штатива так, чтобы его пружина двигалась свободно.

- 4 Снимите показание ненагруженного динамометра.

Если это значение не равно нулю, то его нужно будет каждый раз вычитать (или прибавлять) из показаний нагруженного динамометра.

- 5 Подвесьте к крючку динамометра одно из тел (рис. 2.23. а). Определите его вес P_1 и занесите полученное значение в таблицу, образец которой приведён ниже.



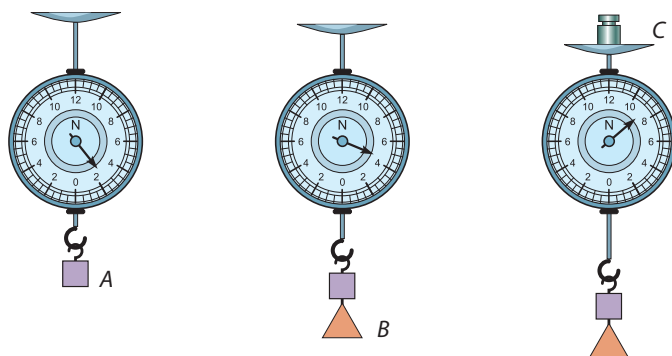
2.23. Определение веса тела с помощью динамометра

Номер измерения	P_1 (Н)	P_2 (Н)	P (Н)
1			
2			
3			
Среднее значение			

- 6 Повторите опыт ещё два раза, каждый раз вновь подвешивая тело к крючку.
- 7 Определите подобным образом (три раза) вес P_2 второго тела.
- 8 Подвесьте к крючку динамометра одновременно оба тела (рис. 2.23. б) и определите их общий вес P .
- 9 Вычислите средние значения $P_{1\text{ср}}$, $P_{2\text{ср}}$, $P_{\text{ср}}$ для соответствующих тел. Для этого сложите три значения, внесённые в каждый столбец, и разделите полученную сумму на их число (3).
- 10 Сравните среднее значение $P_{\text{ср}}$ и сумму средних значений ($P_{1\text{ср}} + P_{2\text{ср}}$) и сделайте вывод.

Контрольные вопросы

1. Между значениями 1 Н и 3 Н динамометра находятся 20 делений. Чему равна величина силы, приходящейся на одно деление?
2. Между значениями 2Н и 3Н шкалы динамометра находятся 10 делений. Сколько делений находится между значениями 1Н и 4Н?
3. При подвешивании некоторого тела к крючку динамометра последний показывает вес 1,6 Н, а при одновременном подвешивании двух тел показание динамометра равно 2,8 Н. Какой вес покажет динамометр, если к его крючку будет подвешено только второе тело?
4. На рисунке 2.24 видны показания динамометра после подвешивания к его крючку тела A , затем тела B и, наконец, после помещения на его верхнюю платформу тела C . Найдите:
 - а) цену деления динамометра;
 - б) максимальное значение силы, которое можно измерить этим динамометром;
 - в) массы тел A , B , C . Считать $g = 10 \text{ Н/кг}$.



2.24. Измерение веса тел



Из истории физики

Знания о механических явлениях накапливались учёными разных стран в течение длительного времени.

Одним из первых следует отметить **Архимеда** (287–212 до н.э.), греческого учёного, который считается выдающимся математиком и физиком античности. Ему принадлежит изобретение ряда простых механизмов (зубчатого колеса, подвижного блока и др.) и разработка их теории. Архимед установил условие равновесия рычага, сформулировал соответствующее правило, в связи с которым ему приписывают утверждение: «Дайте мне точку опоры и я подниму Землю!» Архимед изучал также действие жидкости на погружённое в неё тело и сформулировал закон, описывающий это действие.

Английский учёный **Роберт Гук** (1635–1703) исследовал зависимость деформаций твёрдых тел от внешних факторов, их обуславливающих. Для упругих деформаций (так называются деформации, которые исчезают после прекращения внешнего воздействия) установил соответствующий закон, в настоящее время известный как **закон Гука**. Именно он лежит в основе работы динамометра.

Особый вклад в развитие механики внёс блестящий английский учёный **Исаак Ньютон**. В его основном труде «Математические начала натуральной философии» изложены три закона механики, позволяющие объяснять явления из этой области.

В данной работе сформулирован также закон всемирного тяготения, объясняющий движение планет вокруг Солнца, комет, а также Луны вокруг Земли, спутников вокруг других планет. Благодаря этому полностью и окончательно была закреплена победа гелиоцентрической системы Коперника. С помощью этого закона Ньютон объяснил приливы и отливы – периодические поднятия и опускания уровня Мирового океана, сплюснутость Земли на полюсах.

Французский философ Вольтер распространил легенду, которую, по его утверждению, ему рассказала внучка Ньютона. Согласно легенде, мысль о всемирном тяготении осенила Ньютона в родной деревне, где он спасался от эпидемии чумы (август 1665–март 1667). Увидев падающее с дерева яблоко, он предположил, что сила, с которой яблоко притягивается к Земле, той же природы, что и сила, удерживающая Луну в её вращении вокруг Земли. Соответствующий закон был изложен в отмеченной работе после почти 20 лет размышлений и исследований.

Дальнейшее развитие физики происходило под преобладающим влиянием труда Ньютона, а механика, созданная на основе сформулированных в нём законов, называется *ньютоновской* или *классической*.



Исаак Ньютон (1642–1727)

- Тело, относительно которого определяется положение рассматриваемого тела, называется **телом отсчёта**.
- Тело находится в **покое** на протяжении рассматриваемого промежутка времени, если оно непрерывно занимает одно и то же положение относительно выбранного тела отсчёта.
- Если положение тела изменяется относительно выбранного тела отсчёта, то говорят, что оно находится в состоянии **механического движения**.
- **Покой** и **движение** являются **механическими состояниями тела**.
- **Механическое состояние тела – покой или движение – относительно, оно зависит от выбранного тела отсчёта**.
- Действие тел взаимно, оно называется **взаимодействием**.
- **Изменение состояния движения** тел является **динамическим эффектом** взаимодействия, а **деформация тел**, то есть изменение их формы и размеров, – **статическим эффектом взаимодействия**.
- **Сила** – это физическая величина, характеризующая взаимодействие тел и его эффекты. Она определяется не только величиной, но и точкой приложения и направлением действия. Сила – **величина векторная**.
- Единица силы – **ньютон**, обозначается буквой **Н**. Пишется $[F] = \text{Н}$.
- Явление сохранения телом состояния покоя или прямолинейного движения, пока оно не подвержено внешнему взаимодействию, называется **инерцией**. Свойство тела сохранять это состояние называется **инертностью**.
- **Масса** характеризует инертность тела и обозначается латинской буквой m . Единица массы в Международной системе единиц – килограмм: $[m] = \text{кг}$.
- Операция измерения массы какого-либо тела называется **взвешиванием**. Взвешивание производится с помощью весов и тел известной массы (гирь).
- Отношение массы тела к его объёму называется **плотностью вещества** и является его характеристикой:

$$\rho = \frac{m}{V}; [\rho] = \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

- Сила, с которой Земля притягивает любое тело, находящееся вблизи её поверхности, называется **силой тяжести**.
- Сила, с которой тело действует на горизонтальную опору или вертикальную нить, препятствующую его падению, называется **весом** тела.
- Сила тяжести приложена к телу, а вес – к горизонтальной опоре, на которой находится тело, или к нити подвеса.
- **Сила тяжести и вес тела, находящегося в состоянии покоя относительно Земли, пропорциональны его массе:**

$$G = P = mg,$$

где g – это **ускорение свободного падения**.



Тест для самооценивания

1. Может ли тело двигаться и находиться в состоянии покоя одновременно? Подкрепите ответ примером, которого нет в учебнике.

2. Анжелика движется относительно Луминицы, которая, в свою очередь, движется относительно Дана. Может ли Анжелика находиться в состоянии покоя относительно Дана? Обоснуйте ответ.

3. Определите цену деления и верхний предел измерения силы динамометром на рисунке 2.25.

4. Запишите значение силы, измеренной динамометром на рисунке 2.25, указав погрешность измерения.

5. Масса жидкости, налитой в мензурку на рисунке 2.26. а, равна 24 г. Чему равна её плотность?

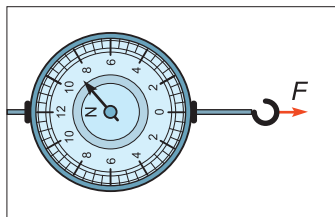
6. После опускания твёрдого тела в мензурку (рис. 2.26. б) общая масса тела и жидкости стала равной 45,5 г. Определите плотность вещества, из которого изготовлено тело.

7. К крючку динамометра подвешивают по очереди два тела. После того, как подвесили первое тело, динамометр показал 1,6 Н, а после подвешивания второго – 3,8 Н. Каковы массы этих тел? Принять $g = 10 \text{ Н/кг}$.

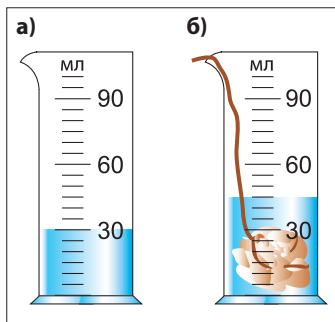
8. Определите силу тяжести, действующую на тело массой 0,4 кг на экваторе и полюсе. Какая сила больше и на сколько? Величины ускорения свободного падения взять из учебника.

9. Вычислите массу тела, вес которого на Луне равен весу тела массой 320 г на Земле. Принять $g_3 = 10 \text{ Н/кг}$, $g_{\text{л}} = 1,6 \text{ Н/кг}$.

Самооценивание. За каждый правильный ответ даётся по 1 баллу. К полученному результату добавляется ещё 1 балл. Это и есть окончательная оценка.



2.25. Измерение силы

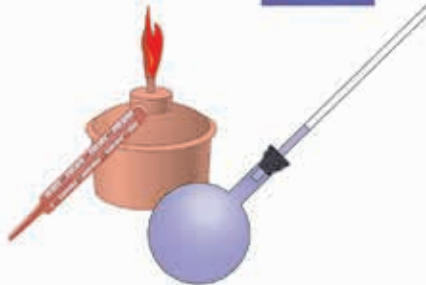


2.26. Определение объёма с помощью воздуха



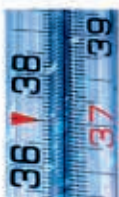
III

ТЕПЛОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ



Знание внутреннего строения вещества позволило учёным объяснить различные физические явления и получить вещества с новыми свойствами, необходимыми человеку: синтетический каучук, пластмассы, твёрдые сверхпрочные материалы, медицинские препараты и многое другое. Слова тёплый, холодный, горячий нам известны с детства. Мы часто говорим, что чай горячий, вода в ванне тёплая и т.д. Вокруг мы наблюдаем различные явления: замерзание воды в озере с наступлением зимы, таяние снега и льда весной и др. Мы замечаем, что вывешенное на улицу влажное бельё через некоторое время высыхает даже зимой. Знаем, что при горении дров в доме становится теплее, что автомобили, тракторы и другие транспортные средства движутся за счёт сгорания бензина, солярки, природного газа.

В главе *Тепловые явления* вы будете изучать перечисленные и другие явления подобного рода.

1. Молекулярное строение вещества
 2. Диффузия в газах, жидкостях и твёрдых телах
 3. Нагревание. Охлаждение. Тепловое равновесие
 4. Измерение температуры тела при его охлаждении (лабораторная работа)
 5. Тепловое расширение тел
- 



1. МОЛЕКУЛЯРНОЕ СТРОЕНИЕ ВЕЩЕСТВА



Изучив эту тему, вы углубите знания, полученные ранее о:

- молекулах и атомах;
- агрегатных состояниях вещества.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

- молекула
- атом
- вещества
 - простые
 - сложные
- тела
 - газообразные
 - жидкие
 - твёрдые

Вы уже знаете, что окружающие нас предметы называются телами, а они, в свою очередь, состоят из вещества.



Назовите несколько тел из классной комнаты. Найдите тела, сделанные из одного и того же вещества.

Задавались ли вы когда-либо вопросом: из чего состоит **вещество**? Над ним задумывались люди с самых древних времён. Более 2 500 лет тому назад античный греческий философ Демокрит, наблюдая различные явления природы, выдвинул гипотезу, что все окружающие нас тела состоят из мельчайших неделимых частиц, названных **атомами**. В переводе с греческого *атом* означает «неделимый».



Возьмите кусок алюминиевой проволоки. Разрежьте его пополам. Из какого вещества сделана каждая половина? Продолжайте опыт и разрезайте каждый полученный кусок пополам. Таким образом, каждый раз получаем всё меньший и меньший кусок алюминия.

По мнению Демокрита, в какой-то момент, в результате деления, получается частичка, которая больше не делится. В данном случае это атом алюминия.

Атомы – одинаковые или разные – образуют **молекулы**. Некоторые вещества состоят из одинаковых атомов. Они называются **простыми веществами**. Другие вещества образованы молекулами, которые содержат разные атомы. Такие вещества являются **сложными** (например, вода).



Молекула – это наименьшая частица вещества, определяющая все его свойства.

В настоящее время известны более 100 различных видов атомов, при соединении которых образуются молекулы огромного разнообразия веществ. Молекулы имеют очень малые размеры. Они могут быть обнаружены только

с помощью самых современных приборов. Однако в их существовании можно убедиться косвенным путём.

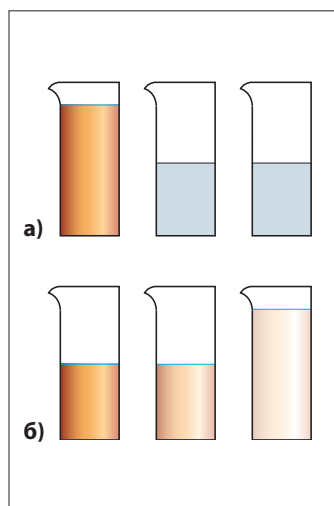


Возьмите три прозрачных стакана. В первый налейте жидкость тёмного цвета, например, крепкий чай или вишнёвый компот, а другие наполовину заполните водой (рис. 3.1. а). Наполните второй стакан жидкостью из первого, затем третий стакан – жидкостью из второго (рис. 3.1. б). Сравните цвета жидкостей в стаканах. Что вы заметили?

В каждом наполняемом стакане цвет жидкости светлее, чем в предыдущем. Можете ли вы объяснить изменение цвета жидкости с учётом существования молекул?

Деление тел, смешивание жидкостей и многие другие явления экспериментально подтверждают существование молекул в веществе.

Было установлено, что **молекулы одного и того же вещества одинаковы**. Например, молекулы воды в молоке, соке или морской (солёной) воде не отличаются друг от друга. Молекулы же разных веществ отличаются друг от друга.



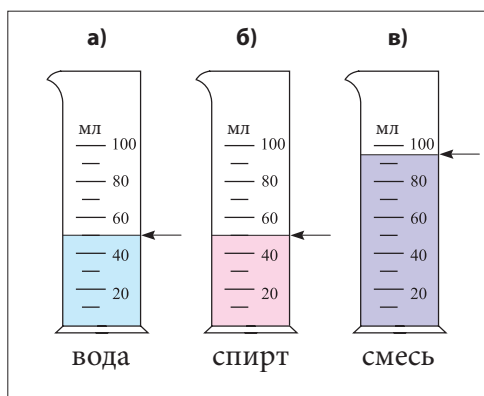
3.1. Стаканы с жидкостью



В два мерных стакана налейте 50 мл воды и 50 мл спирта соответственно (рис. 3.2. а, б). Содержимое одного из стаканов вылейте в другой и хорошенько перемешайте (рис. 3.2. в). Что вы обнаружили?

Объём смеси вода–спирт равен примерно 95 мл, а не 100 мл (рис. 3.2. в). Куда «исчезли» 5 мл жидкости?

Для ответа на этот вопрос проводим опыт.



3.2. Смешивание воды и спирта



Возьмите два одинаковых стакана. Один из них заполните мелкими камешками, а другой – сухим песком. Высыпьте содержимое обоих стаканов в заранее приготовленный сосуд. Смешайте камешки с песком и насыпьте эту смесь в оба стакана. Что вы заметили? Равен ли объём смеси сумме объёмов первоначального содержимого стаканов?

Песок заполняет свободное пространство между камешками. Так же молекулы воды заполняют пространство между более крупными молекулами спирта.



Между молекулами жидкости есть свободное пространство.



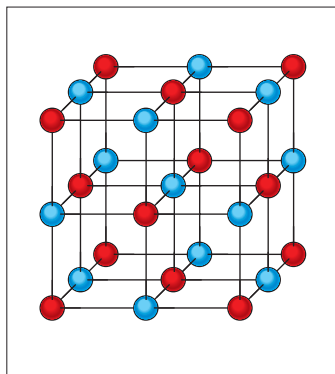
Возьмите одноразовый шприц и, потянув за поршень, заполните его воздухом. Закройте выходное отверстие пальцем и сожмите воздух в шприце.

Вы сумели сжать воздух? Чем вы объясните существенное уменьшение объёма воздуха?

В газах молекулы находятся на больших расстояниях друг от друга, поэтому они легко сжимаются.

В отличие от газов частицы (атомы, молекулы) жидкостей и твёрдых тел находятся на очень малых расстояниях друг от друга, поэтому твёрдые и жидкие тела имеют определённый (собственный) объём. Твёрдые тела обладают ещё и собственной формой. В некоторых из них частицы расположены упорядоченно. Такие тела называются **кристаллами**. Упорядоченное расположение частиц образует **кристаллическую решётку**.

На рисунке 3.3 показана часть кристаллической решётки поваренной соли.



3.3. Расположение атомов в кристаллической решётке



Твёрдые тела имеют собственные форму и объём; **у жидкостей** нет собственной формы (они принимают форму сосудов, в которые налиты); **газы** не имеют ни собственной формы, ни объёма (они занимают весь объём сосудов, в котором находятся, и принимают их форму).



Проверяем свои знания

Вспоминаем

Перепишите в тетрадь и дополните следующий текст:

- Тела состоят из
- Наименьшая частица ..., определяющая свойства данного вещества, называется
- Вещество состоит из ... и
- Между молекулами вещества есть свободное
- Газы ... сжимаются, так как
- ... имеют собственный объём, но не имеют собственной формы.
- Кристаллической решёткой обладают только ... тела.

2. ДИФфуЗИЯ В ГАЗАХ, ЖИДКОСТЯХ И ТВЁРДЫХ ТЕЛАХ



Изучив эту тему, вы познакомитесь с явлением диффузии и его особенностями.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

• диффузия в

- газах
- жидкостях
- твёрдых телах



Поставьте на стол флакон с духами и откройте его. Через некоторое время во всём классе ощущается их аромат. Как это происходит?

И молекулы духов, и молекулы воздуха движутся беспорядочно (хаотически), поэтому они перемешиваются между собой.



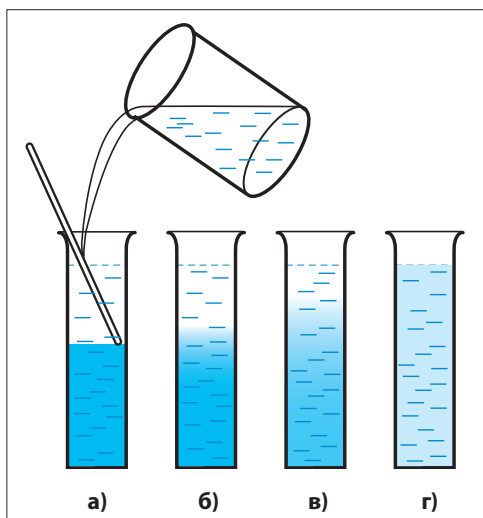
Взаимное проникновение молекул одного вещества в промежутки между молекулами другого вещества называется **диффузией**.



Высокий прозрачный сосуд наполовину заполните насыщенным раствором медного купороса*. По наклонной линейке, касающейся поверхности раствора, аккуратно налейте чистой воды и осторожно выньте линейку из сосуда. Что вы наблюдаете? Прозрачный слой воды находится над раствором медного купороса (рис. 3.4. а).

В начале опыта видна чёткая граница между водой и раствором медного купороса (рис. 3.4. а). И только спустя одну–две недели она становится расплывчатой (рис. 3.4. б, в). Жидкости перемешались сами по себе. Попробуйте объяснить это явление. Молекулы жидкостей, как и газов, непрерывно хаотически движутся, но находятся они очень близко друг от друга, поэтому **жидкости перемешиваются гораздо медленнее, чем газы**.

Благодаря движению молекулы воды и медного купороса, находящиеся вблизи поверхности раздела,



3.4. Диффузия воды и сульфата меди

* Медный купорос (сульфат меди) используется для опрыскивания плодовых деревьев и виноградов. Это токсичное вещество, поэтому, выполняя опыт, надо соблюдать осторожность.



меняются местами, и граница раздела становится нечёткой, превращаясь в разделительный слой. Следовательно, молекулы воды проникают в промежутки между молекулами раствора медного купороса и наоборот. Постепенно жидкости перемешиваются, и разделительный слой исчезает совсем (рис. 3.4. 2).

Явление диффузии играет важную роль в жизни растений, в переносе питательных веществ и кислорода в теле человека и животных.

Диффузия происходит и в твёрдых телах, но гораздо медленнее. Результаты диффузии в них видны только спустя несколько лет.

Диффузия широко применяется в технике, например, в пищевой промышленности: при извлечении сахара из свёклы, при консервировании овощей и фруктов (рис. 3.5).



Явление диффузии в газах, жидкостях и твёрдых телах доказывает, что молекулы и атомы находятся в непрерывном движении.



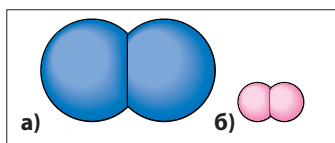
Домашнее задание

1. Изготовление моделей молекул кислорода и водорода. Сделайте два не очень больших шарика из пластилина тёмного цвета и соедините их (рис. 3.6. а). Получилась модель молекулы кислорода. Подобным образом сделайте два маленьких шарика из светлого пластилина и соедините их (рис. 3.6. б). Получилась модель молекулы водорода.

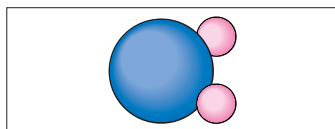
2. Изготовление модели молекулы воды. Прилепите к шарiku из тёмного пластилина два маленьких шарика из светлого пластилина, как показано на рисунке 3.7. Таким образом получилась модель молекулы воды.



3.5. Использование диффузии при консервировании



3.6. Модель молекулы кислорода (а) и водорода (б)



3.7. Модель молекулы воды



Проверяем свои знания

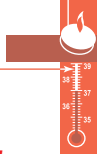
Объясняем

1. Рука золотой статуэтки, находящейся в одном из храмов древней Греции, к которой десятилетиями прикладывались губами прихожане, заметно «похудела». Объясните это явление (на основе гипотезы Демокрита).

Вспоминаем

2. Наполните доверху стакан водой, затем аккуратно, ложечкой, насыпьте немного поваренной соли. Вода не проливается. Как объяснить это явление?

3. Приведите два примера явления диффузии из повседневной жизни.



3. НАГРЕВАНИЕ. ОХЛАЖДЕНИЕ. ТЕПЛОВОЕ РАВНОВЕСИЕ



Изучив эту тему, вы узнаете:

- о характеристике степени нагретости тел;
- о способе измерения температуры.



Зима. На улице всё бело. Дует пронзительный и холодный ветер, но Дан с приятелями вышел поиграть. Они построили снежную крепость. Разделились на две команды: осаждающих и защитников. После нескольких часов игры Дан отряхнулся от снега и вошёл в дом. Разулся, разделся и сел перед телевизором, воскликнув: «Как тепло в доме!»

Его младшая сестрёнка Леночка в это время мылась в ванной. Выйдя из неё, расположилась у телевизора смотреть мультфильм и воскликнула: «Как холодно в доме!»

Как видите, утверждения детей противоречивы. Кто же прав? Чтобы прояснить ситуацию, проделаем опыт. (Хорошо бы повторить его дома.)



Спыт – проводится вдвоём

Возьмите три сосуда по 2-3 литра и обозначьте их буквами А, В, С (рис. 3.8). В сосуд А налейте воду из коловца или крана. В сосуд С налейте подогретую воду, а в сосуд В – равные количества той и другой воды. Правую руку опустите в сосуд А, левую – в сосуд С (рис. 3.8. а). Что вы установили? Вода в сосуде А холодная, а в сосуде С – тёплая! Спустя 2-3 минуты выньте обе руки и погрузите их одновременно в сосуд В (рис. 3.8. б). Теперь что вы ощущаете? Правой руке кажется, что вода тёплая, а левой – что холодная.

Наши ощущения могут быть обманчивыми, не позволяя объективно сравнивать степень нагретости тел.



Для оценки степени нагретости тел была введена физическая величина, которая называется **температурой**. Она измеряется с помощью **термометра**.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

- температура
- термометр
- тепловой контакт
- тепловое равновесие

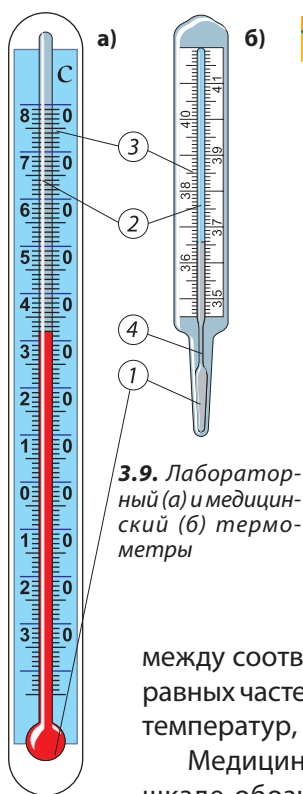


3.8. Оценка степени нагретости с помощью ощущений может быть ошибочной



В переводе с греческого *thermos* – тёплый, *metron* – измерять.

Таким образом, **температура характеризует степень нагретости тела – его тепловое состояние – и позволяет сравнивать тепловые состояния различных тел.**



3.9. Лабораторный (а) и медицинский (б) термометры



Возьмите ртутный или спиртовой термометр и изучите его устройство (рис. 3.9. а).

В нижней части термометра имеется резервуар с жидкостью – ртутью или окрашенным спиртом (1). Продолжением его, в верхней части, является узкая прозрачная трубка из стекла, закрытая сверху (2). Воздух из пространства над жидкостью в трубке откачан. Вдоль трубки находится термометрическая шкала (3). Значение температуры читается на уровне жидкости в трубке. Шкала термометра градуируется определённым образом. В настоящее время чаще всего используется *стоградусная шкала*, или *шкала Цельсия*, предложенная в 1742 году шведским физиком Андерсом Цельсием (1701–1744). В качестве опорных точек были взяты: температура тающего льда (ноль градусов Цельсия, обозначается 0 °C) и температура кипения воды (100 °C). Расстояние между соответствующими уровнями жидкости разделено на 100 равных частей (делений). Каждое деление соответствует интервалу температур, равному 1 °C. Температуры ниже 0 °C отрицательны.

Медицинский термометр (рис. 3.9. б) содержит ртуть и на его шкале обозначены температуры от 35 до 42 °C через каждые 0,1 °C. Особенностью такого термометра является наличие узкого перешейка (4) между резервуаром и трубкой со ртутью. В начале шкалы трубка изогнута. Благодаря такому устройству термометра, ртуть, после падения температуры, не может возвратиться в резервуар. Медицинский термометр сохраняет значение измеренной температуры человеческого тела. Чтобы использовать термометр вновь, его нужно встряхнуть.



Необходимо знать нормальную температуру человеческого тела – она равна +36,6 °C. Используя термометр, имейте в виду, что он сделан из тонкого стекла и очень хрупок!

Не применяйте термометр в качестве мешалки!

Будьте осторожны с ртутными термометрами – ртуть очень токсична!

В дальнейшем вы познакомитесь и с другими видами термометров.

Для измерения температуры какого-либо тела нужно привести его в контакт с термометром. Термометр должен находиться в **тепловом контакте** с телом, температура которого измеряется.

Налейте холодной воды в какой-либо сосуд и измерьте её температуру. Не вынимая термометра из сосуда, опустите в него горячее металлическое тело. Следите за показаниями термометра. Что вы установили?

Уровень жидкости в термометре поднимается, а затем останавливается. Термометр показывает определённую температуру.

Что произошло в сосуде? Вода нагрелась, тело остыло и все тела в сосуде, включая термометр, имеют одинаковую температуру. В сосуде установилось состояние **теплового равновесия**.



Показание термометра нужно снимать **после установления теплового равновесия** между термометром и телом, температура которого измеряется.

В заключение попробуем ответить на вопрос: чем отличаются два различных тепловых состояния одного и того же тела? Ведь молекулы, из которых состоит тело, не изменились при нагревании?!

Обратимся к хорошо известному наблюдению. Вы не раз сыпали сахар в чай. В каком чае сахар растворяется быстрее: в тёплом или в горячем? Безусловно, в горячем.

Как это можно объяснить? При нагревании молекулы воды движутся быстрее, их столкновения с крупинками сахара становятся более интенсивными, сахар растворяется быстрее.



Проверяем свои знания

Вспоминаем

1. Перепишите в тетрадь и дополните следующий текст:

- а) Физическая величина, характеризующая степень нагретости тел, называется
- б) ... тела измеряется с помощью термометра.
- в) Молекулы ... тела движутся медленнее.

Объясняем

- 2. Ученик хочет измерить температуру чая в чашке. Он опускает термометр в чашку, держит там 3-4 секунды, вынимает и читает его показания. Правильно ли поступил ученик? Обоснуйте свой ответ.
- 3. Почему при измерении температуры термометр нужно держать несколько минут?
- 4. Температура тела увеличилась от -12°C до $+21^{\circ}\text{C}$. На сколько градусов оно нагрелось?





4. ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ТЕЛА ПРИ ЕГО ОХЛАЖДЕНИИ (лабораторная работа)

Цель работы:

- а) Приобретение навыков измерения температуры с помощью лабораторного термометра.
- б) Построение графика изменения температуры тела со временем.

Приборы и принадлежности: лабораторный термометр, пустой сосуд, штатив с мufтой и лапкой, сосуд с горячей водой, часы.

ХОД РАБОТЫ

- 1 Осторожно закрепите термометр в лапке штатива так, чтобы его резервуар находился примерно в 1 см от дна сосуда (рис. 3.10).
- 2 Запишите показания термометра. Это комнатная температура $t_{\text{к}}$. При снятии показаний располагайте глаз на уровне жидкости в трубке термометра.
- 3 Аккуратно налейте в сосуд горячей воды так, чтобы её уровень был примерно на 1 см выше резервуара термометра.
- 4 Наблюдайте за показаниями термометра.
- 5 После установления теплового равновесия, когда термометр показывает максимальную температуру, записывайте значения температуры через каждые 2 минуты в таблицу, подобную приведённой ниже: «0» – начальный момент времени.



3.10. Установка для лабораторной работы

Время, мин.	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
Температура, °C											

- 6 Постройте график изменения температуры в сосуде со временем, используя полученные вами данные.
- 7 Проанализируйте построенный график. Найдите, на сколько уменьшилась температура за первые 6 мин., за последние 6 мин. Когда быстрее уменьшается температура: при наибольшей или наименьшей разности температур между комнатной и той, что в сосуде с водой?

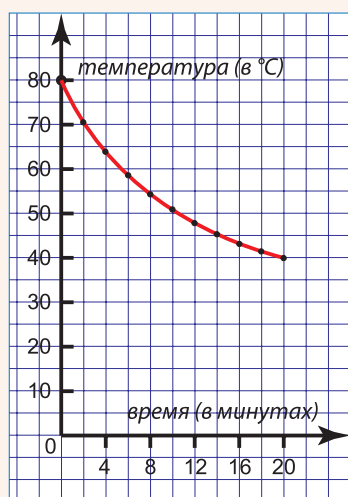
Ниже приведён образец таблицы с данными конкретного опыта и соответствующий график (рис. 3.11).

Время, мин.	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
Температура, °C	80	71	64	59	55	52	49	46	44	42	40

В этой лабораторной работе вы построили график зависимости температуры тела от времени. В дальнейшем, по мере изучения физики, вы встретите много самых различных графиков.

Почему мы пользуемся графиком? Каковы его преимущества? Ведь он строится по табличным данным.

Чтобы выяснить, как изменяется какая-либо величина, пользуясь таблицей, нужно сравнить значения из каждой пары соседних клеточек и определить: каждое последующее значение больше или меньше предыдущего? С помощью графика эта проблема решается много проще: достаточно взглянуть на график, чтобы увидеть, поднимается или опускается соответствующая кривая. Таким образом, график даёт наглядное представление об изменении какой-либо величины, о её связи с другими величинами.



3.11. График изменения температуры воды при остывании

Домашнее задание

В течение недели следите за метеосводками и записывайте максимальные и минимальные значения температуры для каждого дня. Постройте графики изменения максимальной и минимальной температур в течение этого периода.

В последние годы всё чаще используются цифровые термометры. Значение температуры высвечивается на специальном экране (рис. 3.12).



3.12. Цифровые термометры



5. ТЕПЛОВОЕ РАСШИРЕНИЕ ТЕЛ



Изучив эту тему, вы познакомитесь с явлением изменения размеров тел при изменении их температуры.



Для проведения опыта воспользуемся установкой с кольцом и шариком, подвешенным на цепочке (рис. 3.13). При комнатной температуре шарик свободно проходит сквозь кольцо (рис. 3.13. а). Нагреем шарик в пламени спиртовки и убедимся, что теперь он не проходит через кольцо (рис. 3.13. б). Как это можно объяснить?

С кольцом ничего не произошло, диаметр отверстия остался прежним. Делаем вывод, что шарик не проходит через кольцо, так как при нагревании его диаметр (а значит, и объём) увеличился.

Остыв, шарик вновь проходит сквозь кольцо, то есть его диаметр уменьшился. Таким образом, вы открыли новое физическое явление.



Увеличение размеров тела при нагревании называется **тепловым расширением**, а уменьшение при охлаждении – **тепловым сжатием**.



Возьмите биметаллическую пластину – две пластины одинаковых размеров, но из разных металлов (например, железа и цинка). Пластины скреплены друг с другом с помощью заклёпок. Закрепите один конец горизонтально расположенной пластины (рис. 3.14). Поместите под ней горящую спиртовку. Что вы наблюдаете?

Цинковая пластина расширяется больше, чем железная, поэтому пластина изгибается в её сторону. Следовательно, различные вещества расширяются по-разному.

Например, метровый цинковый стержень при нагревании на $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ удлиняется на 2,9 мм, алюминиевый – на 2,4 мм, железный – на 1,2 мм.

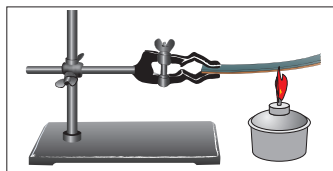
Удлинение тел при нагревании становится существенным для тел большой длины, таких как железнодорожные рельсы, металлические мосты, различные трубопроводы и т.д.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

- тепловое расширение
- тепловое сжатие



3.13. Расширение шарика при нагревании



3.14. Изгибание биметаллической пластины



3.15. Зазоры между железнодорожными рельсами



Во избежание их разрушения при смене времён года, между железно-дорожными рельсами предусмотрены специальные зазоры (рис. 3.15), а у металлических трубопроводов (рис. 3.16) – компенсирующие (от латинского *compenso* – уравниваю) петли.



Возьмите стеклянную колбу и заполните её доверху подкрашенной водой. Закройте хорошо подогнанной пробкой, через которую проходит тонкая стеклянная трубка. Уровень воды несколько выше пробки (рис. 3.17. а). Осторожно опустите колбу в сосуд с горячей водой (рис. 3.17. б). Что вы наблюдаете?



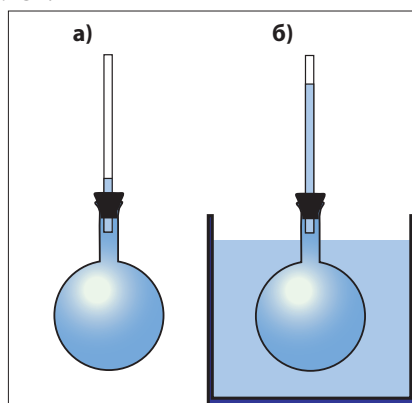
3.16. Компенсирующая петля теплотрассы

Уровень воды в тонкой трубке поднялся. Вода расширилась при нагревании.



Возьмите ещё одну колбу со стеклянной трубкой, такую же, как в предыдущем опыте. Заполните вторую трубку бензином. Убедитесь, что уровни жидкостей в обеих колбах одинаковы. Поместите обе колбы в сосуд с горячей водой (рис. 3.18. а, б).

Что вы установили? Каковы уровни жидкостей в трубках? Какой вывод можно сделать?

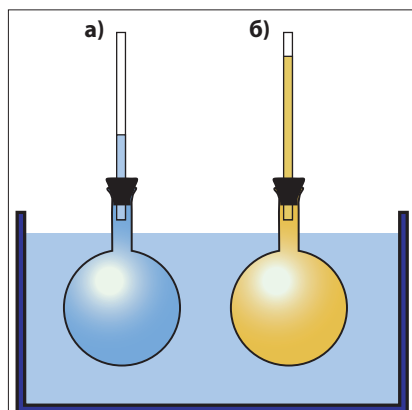


3.17. Тепловое расширение жидкости

Бензин расширяется больше, чем вода. Различные жидкости расширяются по-разному. Например, при нагревании на 10 °С объём литра бензина увеличивается на 15 см³, литра ртути – на 1,8 см³. Какое физическое явление лежит в основе работы ртутного или спиртового термометра?

Вы знаете, что плотность ρ вещества равна отношению массы m тела к его объёму V ; то есть $\rho = \frac{m}{V}$. При нагревании объём V увеличивается, а значит, плотность ρ уменьшается.

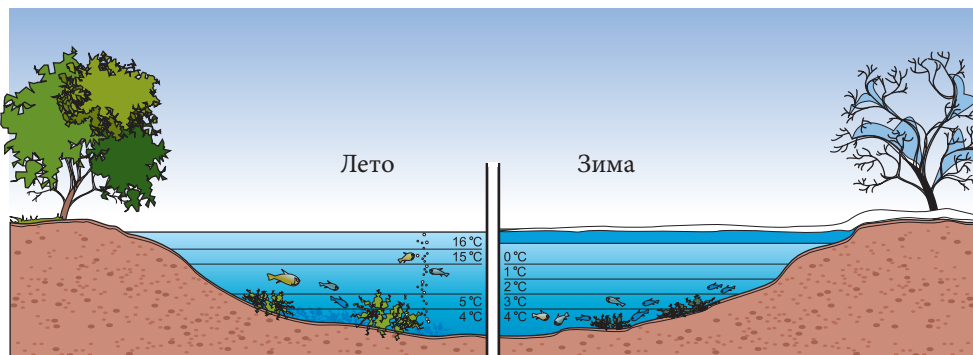
Вода является исключением с точки зрения расширения. При нагревании воды от 0 до +4 °С её объём уменьшается, а плотность увеличивается. При нагревании выше +4 °С объём воды увеличивается, а плотность уменьшается. Плотность воды при +4 °С максимальна. С наступлением холодов слои воды с температурой ниже +4 °С, имеющие меньшую плотность, располагаются ближе к поверхности. Таким образом, температура воды уменьшается в направлении



3.18. Различные жидкости расширяются по-разному



дно—поверхность, где может замёрзнуть (рис. 3.19). Лёд, имея меньшую плотность, находится на поверхности водных бассейнов. Поэтому в прудах и озёрах биологическая жизнь возможна и зимой при самых низких температурах!



3.19. Распределение температуры воды в озере

Спыт

Закройте стеклянную колбу хорошо подогнанной пробкой, через которую проходит стеклянная трубка, согнутая под прямым углом. В её горизонтальной части находится капля окрашенной жидкости (рис. 3.20). Нагрейте колбу руками. Что вы заметили?

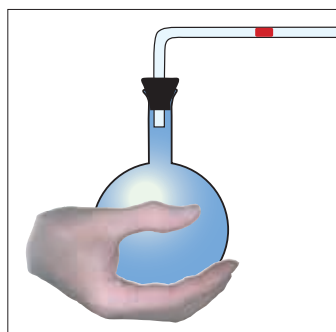
Воздух в колбе расширяется при нагревании и толкает каплю жидкости наружу.

Экспериментально было доказано, что **газы расширяются**.

Различные газы расширяются одинаково.

При нагревании одного кубического дециметра любого газа на 10°C его объём возрастает на 37 см^3 .

Тепловое расширение у газов более выражено, чем у жидкостей.



3.20. Тепловое расширение воздуха



Проверяем свои знания

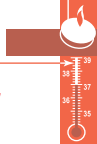
Вспоминаем

1. Перепишите в тетрадь и дополните следующий текст:

- Увеличение размеров тел при ... называется тепловым расширением.
- При возрастании температуры плотность большинства жидкостей....
- При нагревании твёрдые тела из разных веществ расширяются ... , а ... расширяются одинаково.

Объясняем

2. Когда сильнее стучат вагонные колёса: летом или зимой? Обоснуйте ответ.

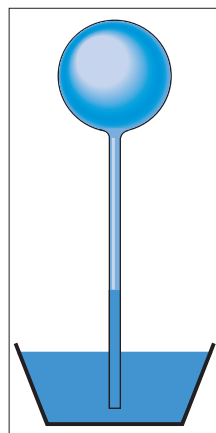


Основателями атомистической теории считаются древнегреческий философ **Демокрит** и его предшественники, в учении которых содержатся элементы атомистической концепции. Согласно Демокриту все тела содержат четыре вида атомов: атомы воздуха (холодные и лёгкие), атомы воды (тяжёлые и мокрые), атомы камня (сухие и тяжёлые) и атомы огня (подвижные и тёплые). Атомы не появляются и не исчезают.

Учение Демокрита было дополнено **Эпикуром** (341–270 до н.э.). Как и Демокрит, Эпикур считал, что всё состоит из атомов и пустых промежутков. Атомы – это мельчайшие неделимые частички, которые движутся хаотически, подобно пылинкам, видимым в луче света, проникающего в тёмную комнату.

Великий итальянский учёный **Галилео Галилей** (1564–1642) развил учение античных атомистов. По мнению Галилея, все тела содержат огромное число мельчайших неделимых частиц, между которыми имеется большое число очень маленьких пустот. Все изменения в природе происходят благодаря движению и перераспределению этих частиц, которые не возникают и не исчезают.

Глубокое изучение тепловых явлений стало возможным только после изобретения и изготовления прибора, позволяющего объективно измерять температуру тел. Первый прибор такого рода – **термоскоп** – был сконструирован Галилеем в 1592 году. Стекло́нная колба с узкой трубкой сначала нагревается, а затем открытый конец трубки погружают в сосуд с водой. По мере охлаждения воздуха в колбе до комнатной температуры, вода поднимается в узкую трубку. Изменение температуры в комнате, а значит и воздуха в колбе, сопровождается перемещением уровня воды в трубке. При нагревании воздух в колбе расширяется, уровень воды понижается, при охлаждении – наоборот.



Термоскоп Галилея

В 1615 году термоскоп Галилея был дополнен шкалой с делениями. В 1628 году появилось название «термометр», которое постепенно вытеснило прежнее «термоскоп».

Начиная с 1630 года стали изготавливать жидкостные термометры, чаще всего с водой. В 1701 году Ньютон сконструировал термометр, используя льняное масло. В то время не существовало единой термометрической шкалы – каждый создатель термометра использовал свою шкалу.

В начале XVIII века, во Франции, физик **Р. Реомюр** (1683–1757) предложил термометрическую шкалу, имеющую в качестве опорных точек температуру таяния льда и температуру кипения воды. Этим температурам были присвоены значения 0 и 80 градусов.

В 1708 году немецкий физик **Г. Фаренгейт** (1686–1736) продолжил усовершенствование термометров. Он улучшил качество используемого стекла, а с 1717 года стал изготавливать ртутные термометры. Ввёл термометрическую шкалу, широко используемую до настоящего времени в англоязычных странах. Температура таяния льда по этой шкале равна 32 °F, а кипения воды – 212 °F.



Обобщение

- **Все** окружающие нас **тела** состоят из атомов или молекул. Между молекулами вещества имеется свободное пространство. Молекулы находятся в непрерывном движении.
- Расстояние между **молекулами газов** гораздо больше их размеров. Газы легко сжимаются. Они занимают объём сосуда, в котором находятся. **Газы не имеют ни собственного объёма, ни собственной формы.**
- **Молекулы жидкостей** расположены очень близко друг от друга. Молекулы всё время движутся, но будучи окружёнными другими молекулами, беспорядочно «суетятся» около определённых положений. **Жидкости обладают собственным объёмом, но не имеют собственной формы.** Жидкости легко переливаются в другой сосуд и принимают его форму.
- **В твёрдых телах молекулы** (атомы) не могут покидать занимаемых позиций. В кристаллах они располагаются в идеальном порядке. **Твёрдые тела сохраняют как свою форму, так и объём.**
- Взаимное проникновение молекул одного вещества в промежутки между молекулами другого вещества называется **диффузией**.
- **Температура** – это физическая величина, характеризующая **степень нагретости** тела, **тепловое состояние**, в котором оно находится.
- **Термометр** – это прибор для измерения температуры.
- Для измерения температуры часто используют стоградусную шкалу или **шкалу Цельсия**. Опорными точками этой шкалы являются: 0°C – температура таяния льда и 100°C – температура кипения воды.
- При измерении температуры тела оно приводится в **тепловой контакт** с термометром. После установления **теплового равновесия** тело и термометр имеют одинаковую температуру.
- При увеличении температуры тела движение его молекул становится более интенсивным.
- **Тепловое расширение** – это увеличение размеров тела при возрастании его температуры. При уменьшении температуры тела **сжимаются**, их размеры уменьшаются.
- Расширение твёрдых тел и жидкостей зависит от природы вещества, из которого они сделаны. Расширение жидкостей более выражено, чем расширение твёрдых тел.
- Изменение температуры тел приводит к изменению их плотности. При тепловом расширении тела его плотность уменьшается, а при сжатии – увеличивается.
- Расширение воды является исключением: при нагревании от 0°C до $+4^{\circ}\text{C}$ её объём уменьшается, а при нагревании выше $+4^{\circ}\text{C}$ объём воды увеличивается.
- Вода имеет максимальную плотность при $+4^{\circ}\text{C}$.
- Расширение газов ещё более выражено, чем расширение жидкостей.
- Различные газы расширяются одинаково.



Тест для самооценивания

1. Выберите верные утверждения: молекулы имеют очень большие размеры; молекулы не имеют размеров; размеры молекул газов очень малы по сравнению с расстояниями между ними; все молекулы одного и того же вещества абсолютно одинаковы; атомы не движутся в твёрдых телах; в любом теле атомы находятся в непрерывном движении.

2. Начертите в тетради приведённую таблицу и внесите в неё свойства твёрдого, жидкого или газообразного тела: сохраняет форму и объём; сохраняет только объём; не сохраняет ни формы, ни объёмы; течёт; легко сжимается; не сжимается.

Тело	Газообразное	Жидкое	Твёрдое
Свойства			

3. Определите агрегатное состояние следующих тел: мел, губка, вода в сосуде, молоко в чашке, воздух в комнате, ключ, лимонад, дым, карандаш.

4. При приведении в контакт двух тел их тепловые состояния не изменились. Что можно утверждать относительно их температур?

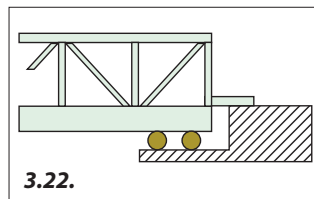
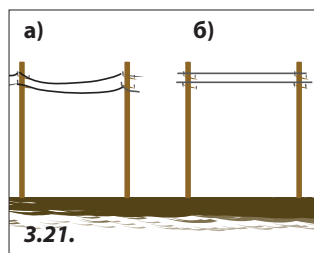
5. В один стакан налита холодная вода, в другой – тёплая. В каком из стаканов молекулы воды движутся быстрее?

6. На рисунке 3.21 схематически показана линия электропередачи зимой и летом. Какое из изображений соответствует зимнему периоду?

7. Гайку с болта легче свинтить летом, чем зимой. Что можно утверждать относительно расширения металлов, из которых изготовлены гайка и болт?

8. На рисунке 3.22 показана опора конца металлического моста. Чем объясняется необходимость такой конструкции?

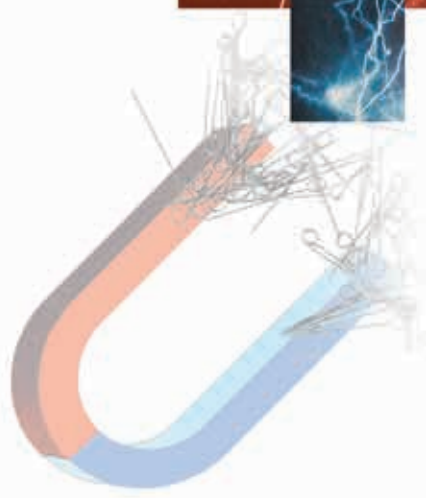
9. Две полосы одинакового размера при 20°C , одну из алюминия, другую из железа, скрепили заклёпками. Получившуюся биметаллическую пластину расположили горизонтально и один конец закрепили, как на рисунке 3.14 (стр. 54). Эту установку вынесли на сильный мороз. В каком направлении сместится свободный конец пластины при её охлаждении: вниз или вверх? Известно, что полоска из алюминия расположена сверху железной.



Самооценивание. За каждый правильный ответ даётся по 1 баллу, к полученному результату добавляется ещё 1 балл. Это и есть окончательная оценка.



IV ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И МАГНИТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ



Электричество и магнетизм находят самое широкое применение в повседневной жизни: при освещении и обогреве зданий, хранении продуктов питания, вентиляции воздуха. Без электрических и магнитных явлений не работают телевизор, компьютер, телефон. Электрический ток приводит в движение транспортные средства, а современную промышленность вообще невозможно представить без электрических и магнитных явлений.

1. Электризация трением.

Два вида электрических зарядов

2. Проводники и изоляторы. Электроскоп

3. Объяснение электризации тел.

Сохранение электрического заряда

4. Электризация при соприкосновении.

Электризация через влияние

5. Электрические явления в атмосфере

6. Магнитные взаимодействия. Магниты



1. ЭЛЕКТРИЗАЦИЯ ТРЕНИЕМ. ДВА ВИДА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЗАРЯДОВ



Изучив эту тему, вы будете знать:

- одно из простейших электрических явлений;
- как взаимодействуют наэлектризованные тела;
- два рода электрических зарядов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

- электричество
- тело
 - наэлектризованное
 - нейтральное
- электризация трением
- электрический заряд
 - положительный
 - отрицательный

Спыт – проводится вдвоём

Порвите бумагу на кусочки размером около 2 × 5 мм и уложите их горкой. Разберите простую шариковую ручку. Возьмите корпус ручки – пластиковую трубку – и поднесите один его конец к бумажным кусочкам, не касаясь их. Воздействует ли пластиковая трубка на эти бумажные кусочки?

Вместо трубки можно использовать пластмассовую расчёску.

Потрите один конец трубки о кусок сухой шерстяной ткани и медленно поднесите к кусочкам бумаги. Что вы наблюдаете теперь?

Бумажные кусочки «оживают» и «прыгают» навстречу пластиковой трубке (рис. 4.1). Таким образом, в результате трения трубка приобрела свойство притягивать лёгкие тела.



Проведите рукой по поверхности пластиковой трубки и повторите опыт. Что вы заметили?

Трубка больше не притягивает бумажки.

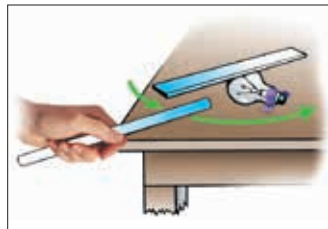
Спыт – проводится вдвоём

Прикрепите к столу с помощью липкой ленты электрическую лампочку так, чтобы она не качалась. Положите на неё горизонтально деревянную (пластмассовую или из другого материала) линейку. Поднесите к одному из её концов пластиковую трубку, не натирая её предварительно. Линейка остаётся неподвижной. А теперь потрите трубку кусочком шерстяной ткани и повторите опыт. Что вы наблюдаете? Линейка начинает вращаться, приближаясь к натёртому концу трубки. Медленно перемещая трубку в горизонтальной плоскости, вы заметите вращение линейки вслед за движением трубки (рис. 4.2).

Поднеся трубку к противоположной стороне линейки, вы увидите, что линейка сначала остановится, а затем начнёт вращаться в обратном направлении.



4.1. Пластиковая трубка, потёртая о шерстяную ткань, притягивает кусочки бумаги



4.2. Линейка вращается под влиянием пластиковой трубки, потёртой о шерстяную ткань

Первый из описанных опытов был известен ещё в древности. Фалес из Милета (624–547 до н.э.) заметил, что янтарь*, потёртый о шерстяную ткань, притягивает лёгкие тела. Янтарь по-древнегречески – **электрон**, отсюда происходят слова: **электричество, электрический, наэлектризованный** и др.



Какие выводы можно сделать из вышеописанных опытов?

В результате трения пластиковая трубка приобрела новое свойство – притягивать другие тела.



Натёртые тела, обладающие свойством притягивать другие тела, называются **наэлектризованными телами**.



Степень электризации тела характеризуется физической величиной, которая называется **электрическим зарядом**.

Он обозначается греческой буквой **q (кю)**. Ненаэлектризованное тело **нейтрально**, его электрический заряд равен нулю ($q = 0$).



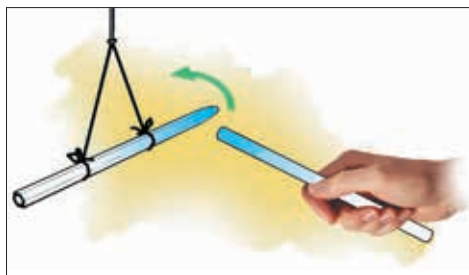
Переход тела из нейтрального состояния в наэлектризованное путём трения его о другое тело называется **электризацией трением**.

Итак, в результате трения некоторые тела электризуются, то есть «заряжаются» (приобретают электрический заряд). Например, янтарь, пластиковые трубка и расчёска, эбонит**, потёртые о шерстяную ткань, стекло, потёртое о шёлковую ткань, переходят из нейтрального состояния в наэлектризованное. Возникает естественный вопрос: перечисленные выше тела приобретают электрический заряд одного вида или существует несколько видов электрических зарядов? Ответ может быть получен только опытным путём.



Опыт – проводится вдвоём

Возьмите две пластиковые трубки. Одну из них подвесьте горизонтально с помощью нити (рис. 4.3). Наэлектризуйте один конец подвешенной трубки и один из концов второй трубки трением о шерстяную ткань. Медленно поднесите наэлектризованный конец трубки, которую держите в руке, к наэлектризованному концу висящей трубки. Что вы наблюдаете?



4.3. Наэлектризованная пластиковая трубка отталкивается


Наэлектризованные трубки **отталкиваются**! Таким образом, трубки

* Янтарь – окаменевшая смола хвойных деревьев жёлтого цвета.

** Эбонит – твёрдый пластический материал чёрного цвета; получается добавлением в натуральный каучук большого количества серы.

из одного и того же материала, потёртые одной и той же тканью, приобрели электрические заряды одного вида.

Электрические заряды одного вида отталкиваются.

 *Поднесите к подвешенной трубке поочередно наэлектризованные расчёску и эбонитовую палочку. Что вы обнаружили?*


Пластиковая трубка отталкивается. Следовательно, все эти предметы наэлектризованы электрическими зарядами одного вида.

Опыт – проводится вдвоём

Наэлектризуйте подвешенную пластиковую трубку и поднесите к ней стеклянную палочку, потёртую о шёлковую ткань. Что вы наблюдаете?

Она притягивается стеклянной палочкой (рис. 4.4).

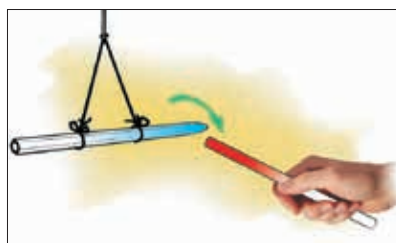
Поведение трубки отличается от описанного ранее. Стеклянная палочка наэлектризовалась иначе, чем пластиковая трубка или эбонитовая палочка, потёртые о шерсть. Таким образом, существует и другой вид электрических зарядов.

 *Проделайте предыдущий опыт, используя две стеклянные палочки или пробирки. Что вы наблюдаете?*

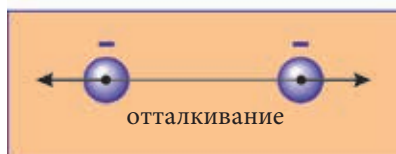
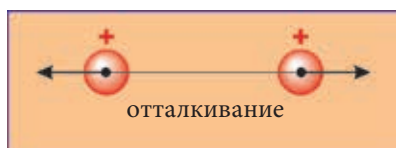
На основе сделанных опытов мы установили, что существует два вида электрических зарядов.


Чтобы их различать, условились называть **положительным электрическим зарядом** тот, которым заряжается *стеклянная палочка*, потёртая о *шёлковую ткань*. **Отрицательный электрический заряд** приобретают *эбонитовая* (янтарная) палочка или пластмассовая расчёска, потёртые о *шерстяную ткань*.

Эти названия электрическим зарядам были предложены американским учёным и политическим деятелем Бенджаминем Франклином (1706–1790).



4.4. Наэлектризованная стеклянная палочка притягивает наэлектризованную пластиковую трубку



 Существуют **положительные (+) и отрицательные (-) электрические заряды**. Электрические заряды **одного знака отталкиваются**, а **противоположного – притягиваются** (см. рисунки).



Проверяем свои знания

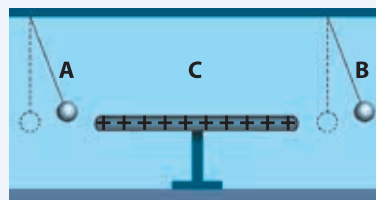
Вспоминаем

1. Перепишите в тетрадь и дополните следующие предложения:

- Тела, обладающие свойством притягивать лёгкие предметы, находятся в ... состоянии. Ненаэлектризованные тела являются ... телами.
- ... характеризует степень электризации тела.
- Электрический заряд нейтрального тела равен
- В результате трения о кусок ткани пластиковая трубка
- Стеклянная палочка, потёртая о шёлковую ткань, приобретает ... электрический заряд.
- Электрические заряды ... притягиваются, а ... отталкиваются.

Подумаем

2. На рисунке 4.5 показано поведение двух заряженных шаров **A** и **B**, расположенных вблизи тела **C**, заряженного положительно. Как заряжены шары **A** и **B**? Как будут взаимодействовать шары после удаления тела **C**?



4.5. Взаимодействие наэлектризованных тел

Объясняем

3. В вершинах треугольника находятся три маленьких заряженных шарика. Могут ли только притягиваться заряды, расположенные на концах каждой из сторон треугольника? Ответ обоснуйте.

4. Пять наэлектризованных шариков взаимодействуют следующим образом: шарики 1 и 3 притягиваются; шарики 2 и 4 притягиваются; шарики 3 и 4 отталкиваются; шарики 4 и 5 притягиваются. Как взаимодействуют шарики 1 и 5? А 1 и 2?

Выполняем опыт

5. Приготовьте бумажную полоску размером примерно 4 x 20 см и две полиэтиленовые полоски несколько больших размеров. Постелите на стол газету. Положите на неё бумажную полоску и сверху – полиэтиленовую полоску. Одной рукой придерживайте один конец полосок, а ладонью другой проведите по ним два-три раза. Затем каждой рукой (ухватив за один край) поднимите по одной полоске. Держа их вертикально на одном уровне, сблизьте руки. Как ведут себя полоски? Повторите опыт с двумя полиэтиленовыми полосками, положив их сначала одну возле другой и проведя по ним ладонью. Что происходит при уменьшении расстояния между руками?

2. ПРОВОДНИКИ И ИЗОЛЯТОРЫ. ЭЛЕКТРОСКОП



Изучив эту тему, вы познакомитесь:

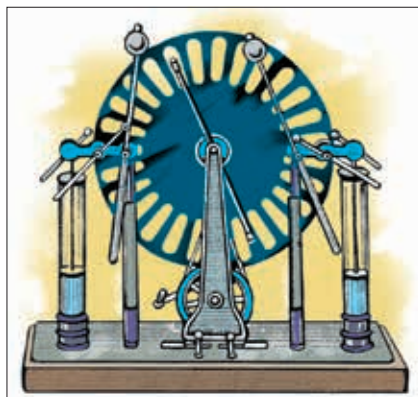
- с некоторыми электрическими свойствами тел;
- с конструкцией простейшего электрического прибора;
- с делимостью электрических зарядов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

- проводник
- изолятор
- электроскоп
- электрометр



Воспользуемся электростатической машиной (рис. 4.6), позволяющей накапливать электрические заряды гораздо большие тех, что получаются при электризации трением. С помощью проволоки соединим один из шаров машины с **электрическим султаном** – вертикальным стержнем, к верхнему концу которого прикреплено большое число узеньких полосок бумаги (рис. 4.7). Вращаем рукоятку машины. Полоски султана отталкиваются (рис. 4.8). Заменим проволоку шёлковой нитью. Теперь при вращении рукоятки бумажные полоски султана остаются в покое, то есть они не электризуются.

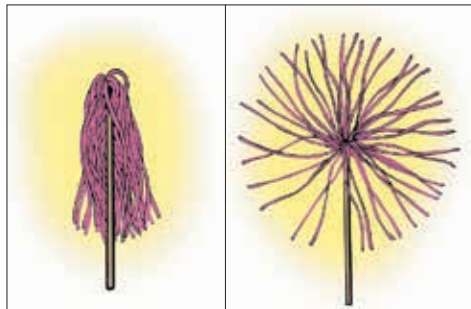


4.6. Электростатическая машина

Электрические свойства проволоки и шёлковой нити различны: электрический заряд шара перемещается по проволоке и часть его достигает стержня, а по шёлковой нити заряд не перемещается.



Вещества, в которых электрические заряды перемещаются свободно, называются **проводниками**.



4.7. Ненаэлектризованный султан

4.8. Наэлектризованный султан

Тела из таких веществ заряжаются по всей поверхности. **Проводниками** являются все металлы, водные растворы солей, человеческое тело.



Вещества, в которых электрические заряды остаются в тех местах, где были получены, называются **изоляторами**.

Каучук, стекло, янтарь, эбонит, пластмассы, шёлк, фарфор – вот некоторые примеры **изоляторов**.

Спыт – проводится вдвоём

Потрите конец пластиковой трубки о кусок ткани и поднесите его к кучке бумажных кусочков. Что вы заметили? Поднесите к бумажным кусочкам другой конец трубки. Что вы заметили?

Электрические заряды, полученные в результате трения, не переместились по пластиковой трубке (изолятору), а остались на прежнем месте.

Спыт – проводится вдвоём

Потрите о ткань металлический прут и поднесите его к кусочкам бумаги. Что вы заметили?

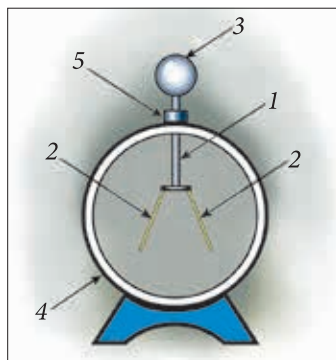
Они не притягиваются прутиком, следовательно, он не наэлектризовался. Полученные при трении заряды прошли не только через весь прутик, но и через тело экспериментатора. Чтобы наэлектризовать металлический прутик, закрепите на нём изолирующую рукоятку или оберните один из концов полиэтиленовой плёнкой; полученные заряды остаются на прутике.

Спыт – проводится вдвоём

Убедитесь, что описанным выше способом металлический прутик трением электризуется и притягивает кусочки бумаги.

Явление взаимного отталкивания тел, заряженных электрическими зарядами одного знака, лежит в основе «работы электроскопа» (от греческого *scopos* – рассматривать). С помощью этого прибора изучается состояние электризации тела. **Электроскоп** (рис. 4.9) состоит из металлического стержня (1), имеющего на нижнем конце два листочка из фольги (2), а на верхнем – металлический шар (3). Листочки и часть стержня заключены в металлическую оправу (4). Она с обеих сторон закрыта стёклами и служит для защиты листочков от внешнего воздействия. Изолирующая пробка (5) препятствует соприкосновению стержня с оправой.

Если прикоснуться к шару электроскопа наэлектризованным телом, то часть его заряда передаётся шару. По металлическому стержню заряд перемещается свободно и его часть достигает листочков. Они заряжаются электрическими зарядами одного знака и отталкиваются. Другой тип электроскопа показан на рисунке 4.10. Металлическая стрелка, прикреплённая к стержню, может легко вращаться вокруг неподвижной



4.9. Электроскоп с листочками



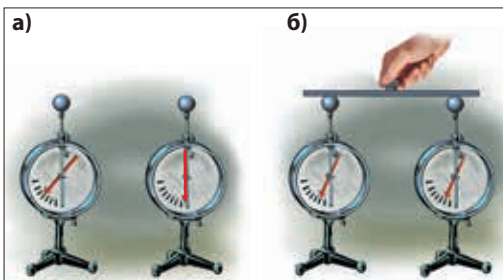
4.10. Электроскоп со стрелкой и шкалой (электрометр)

оси (горизонтальной). Если шар электроскопа заряжен, то стрелка отклоняется от вертикали на определённый угол. Этот угол тем больше, чем больше заряд, переданный шару электроскопа. Для измерения угла, образованного стрелкой с вертикалью, на стекле электроскопа укреплен шкала. Электроскоп со стрелкой и шкалой называется **электрометром**.

Опыт

Наэлектризуйте один из двух одинаковых электроскопов (рис. 4.11. а). Возьмите металлический стержень, имеющий в середине изолирующую ручку. Держа стержень за ручку, коснитесь одновременно шаров обоих электрометров, затем удалите стержень. Что вы заметили?

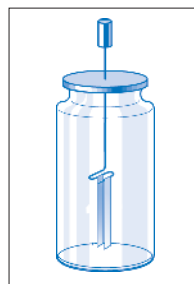
Оба электрометра заряжены, сумма их электрических зарядов примерно равна заряду первоначально заряженного электрометра (рис. 4.11. б). Этот опыт демонстрирует свойство электрических зарядов делиться на меньшие порции.



4.11. Два электрометра – один заряженный, другой – нейтральный (а). Электрический заряд разделится пополам (б)

Домашнее задание

Изготовьте самодельный электроскоп. Возьмите стеклянную банку ёмкостью 0,7 л и полиэтиленовую крышку к ней. Пропустите через крышку проволоку длиной 10–12 см. Один конец проволоки загните горизонтально и прикрепите к нему две узенькие полоски бумаги длиной примерно 3 см. На другом конце закрепите маленький цилиндр из алюминиевой фольги. Закройте банку крышкой так, чтобы конец с полосками бумаги находился внутри. Электроскоп готов (рис. 4.12). Предложите опыты, которые можно выполнить с помощью этого электроскопа.



4.12. Электроскоп



Проверяем свои знания

Вспоминаем

1. Перепишите в тетрадь и дополните следующий текст:

- Вещества, в которых электрические заряды перемещаются свободно, называются
- Принцип действия электроскопа основан на свойстве электрических зарядов одинакового знака

Применяем свои знания

2. Перепишите в тетрадь, распределив по двум столбцам перечисленные проводники и изоляторы: алюминий, каучук, медь, эбонит, фарфор, пластмасса, шёлк, сталь, стекло.

3. ОБЪЯСНЕНИЕ ЭЛЕКТРИЗАЦИИ ТЕЛ. СОХРАНЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЗАРЯДА



Изучив эту тему, вы будете знать:

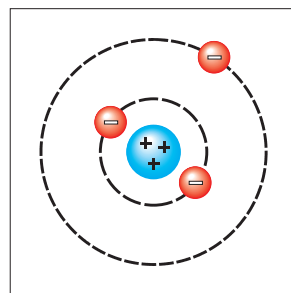
- строение атома;
- как объясняется электризация тел трением;
- закон сохранения электрического заряда.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

- планетарная модель атома
- ядро
- электрон
- элементарный электрический заряд
- сохранение электрического заряда

В результате трения нейтральные тела электризуются и приобретают электрические заряды. Существует два вида электрических зарядов – положительные и отрицательные. Что же является носителем электрического заряда? Так как тела состоят из атомов, в них и нужно искать эти носители.

Более двух тысяч лет атомы считались неделимыми, то есть не имеющими внутренней структуры. В начале XX века английский физик Эрнест Резерфорд (1871–1937), проделав ряд экспериментов, установил, что атом имеет внутреннюю структуру, и предложил его модель. Она известна под названием **планетарная модель**, так как подобна Солнечной системе. По мнению Резерфорда, в центре атома находится положительно заряженная массивная частица, называемая **ядром**. Вокруг ядра движутся **электроны** – отрицательно заряженные частицы (рис. 4.13). Электроны атомов разных веществ одинаковы, а ядра – различны.



4.13. Планетарная модель атома



Заряд электрона – самая маленькая величина электрического заряда, существующая в природе. Он обозначается буквой ***e*** и называется **элементарным электрическим зарядом**.

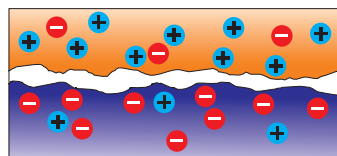
Электрический заряд можно делить на более мелкие части. Наименьшая из них – это элементарный заряд ***e***. Он неделим. Заряд электрона **отрицательный**, он равен **$-e$** , то есть **$q_e = -e$** . Атом в нормальном состоянии нейтрален. Если атом имеет Z электронов, то их суммарный заряд равен $(-Ze)$. Следовательно, электрический заряд ядра положителен и равен $(+Ze)$. Количество элементарных положительных зарядов в ядре равно числу электронов в нейтральном атоме. Рассмотрим нейтральный атом. Если он приобретает один электрон, то его заряд уже не скомпенсирован положительным зарядом. То есть, атом зарядится отрицательно зарядом $(-e)$. Если атом (первоначально нейтральный) получает два электрона, то он заряжается отрицательным зарядом $(-2e)$ и т.д. Таким образом, нейтральное тело, получившее некоторое число электронов, заряжается отрицательно.

Пусть нейтральный атом отдаёт один электрон. Остаётся один избыточный элементарный положительный заряд. То есть, заряд атома становится равным $(+e)$. Таким образом, телу, заряженному положительно, недостаёт электронов по сравнению с нейтральным состоянием.

В одних веществах электроны связаны сильнее, чем в других. Если мы приведём в соприкосновение два тела из разного вещества, то электроны будут переходить с одного тела на другое и тела наэлектризуются. Какова же при этом роль трения? При трении увеличивается поверхность соприкосновения тел и облегчается переход электронов с одного тела на другое: одно тело заряжается положительно, другое – отрицательно (рис. 4.14).



Установите на столе незаряженный электроскоп. Приготовьте палочку и кусок ткани. Желательно работать в перчатках. Потрите палочку о ткань. Коснитесь шара электроскопа как можно большей поверхностью ткани. Видно, что листочки разошлись – электроскоп зарядился. Теперь коснитесь шара палочкой, тоже как можно большей поверхностью. Что вы заметили? Листочки сближаются. Это демонстрирует, что ткань и палочка были заряжены электрическими зарядами противоположного знака.



4.14. Электризация трением

Эксперименты высокой степени точности показали, что **электрические заряды двух тел, наэлектризованных трением, равны по величине и противоположны по знаку**. Этот результат представляет собой фундаментальный закон природы – **закон сохранения электрического заряда**.



Проверяем свои знания

Вспоминаем

1. Перепишите в тетрадь и дополните следующий текст:

- В центре атома находится ..., заряженное ... зарядом; вокруг движутся ..., заряд которых
- В ... атоме число элементарных положительных зарядов ядра равно числу электронов.

Подумаем

- Электрический заряд металлической сферы равен $-2,6 \cdot 10^{12} e$, где e – элементарный электрический заряд. Приобрела или потеряла эта сфера электроны? Чему равно это число электронов?
- От капли воды, заряд которой равен $+2 e$, где e – элементарный электрический заряд, отделена часть, имеющая заряд $-3 e$. Чему равен электрический заряд оставшейся части капли?

4. ЭЛЕКТРИЗАЦИЯ ПРИ СОПРИКОСНОВЕНИИ. ЭЛЕКТРИЗАЦИЯ ЧЕРЕЗ ВЛИЯНИЕ



Изучив эту тему, вы познакомитесь:

- с другими способами электризации;
- со способами, которые объясните, опираясь на знания об электрических свойствах вещества.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

электризация:

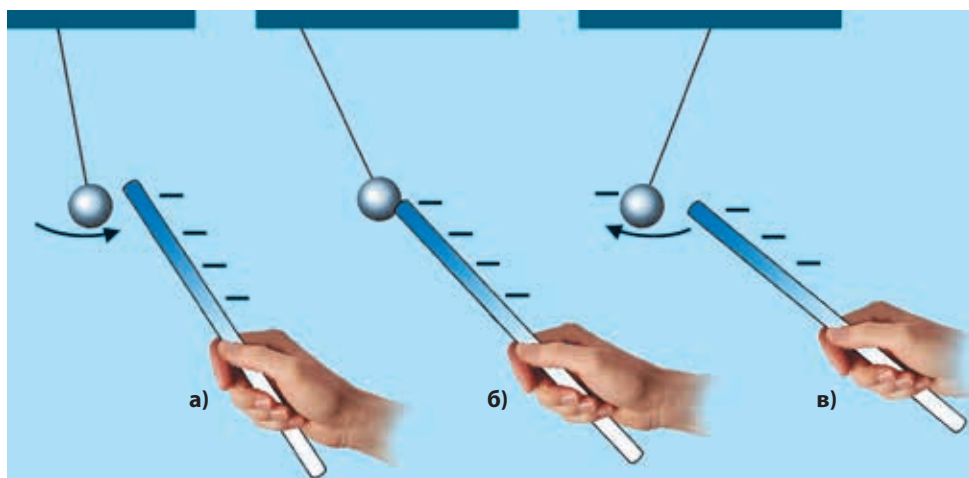
- трением
- при соприкосновении
- через влияние

Электризация тел **трением** – не единственный способ электризации.



Спыт – проводится вдвоём

Сделайте электростатический маятник. Для этого оберните маленький кусочек пробки или пенопласта алюминиевой фольгой и подвесьте на тонкой шёлковой или нейлоновой нити. Наэлектризуйте трением расчёску (или палочку) и аккуратно поднесите к шарика маятника. Что вы заметили?



4.15. Электризация при соприкосновении: а) притяжение шарика к наэлектризованной палочке; б) передача заряда шарика от наэлектризованного тела; в) отталкивание шарика, наэлектризованного зарядом того же знака

Сначала шарик маятника притягивается к наэлектризованному телу, но после соприкосновения с ним отталкивается (рис. 4.15. а, б, в). При соприкосновении шарик зарядился электрическим зарядом того же знака, что и у наэлектризованного тела.



Электризация тела путём касания его другим наэлектризованным телом, от которого оно получает электрические заряды, называется **электризацией при соприкосновении**.

Согласно закону сохранения электрического заряда, величина заряда, от данного одним телом, равна величине заряда, полученного другим. В результате электризации при соприкосновении оба тела имеют заряды одного знака.

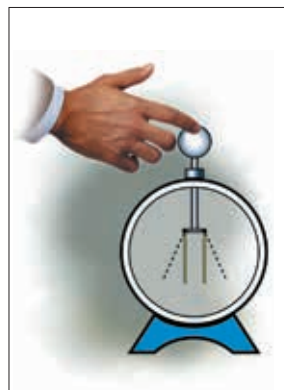


Наэлектризуйте при соприкосновении электроскоп. Его листочки разошлись на некоторый угол. Прикоснитесь пальцем к шару электроскопа (рис. 4.16). Что происходит?

Листочки электроскопа сближаются, возвращаясь в вертикальное положение (рис. 4.16). При соприкосновении шара с рукой электроскоп разрядился. Говорят, что он **нейтрализовался**. Это же явление наблюдается при соединении шара заряженного электроскопа с Землёй при помощи проволоки.

Человеческое тело и Земля являются проводниками. При соприкосновении с металлическим шаром электроскопа на них, как на тела больших размеров, переходит большая часть заряда. Заряд электроскопа становится столь малым, что отталкивание листочков уже не заметно. Объясним электризацию при соприкосновении. Допустим, что заряд предварительно наэлектризованного тела положителен. При установлении контакта с нейтральным телом часть электронов последнего притягивается положительно заряженным телом и переходит на него. Нейтральное тело теряет некоторое число электронов и заряжается положительно – положительный заряд первого тела уменьшается. Обычно говорят, что часть положительного заряда наэлектризованного тела была передана нейтральному телу. В действительности же, электроны, то есть отрицательные заряды, переходят с одного тела на другое.

Если первоначально заряженное тело имеет отрицательный заряд, то есть избыток электронов, то часть их при соприкосновении с нейтральным телом переходит на него. В итоге оба тела заряжены отрицательно, суммарная величина заряда осталась неизменной.



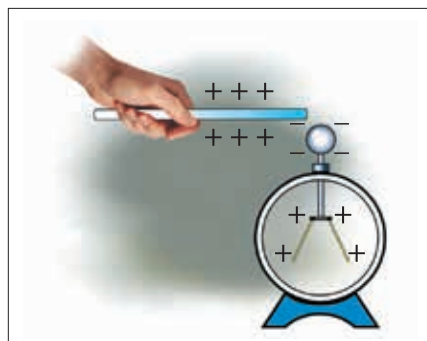
4.16. Разрядка электроскопа



Осторожно поднесите наэлектризованную палочку к шару незаряженного электроскопа, не дотрагиваясь до него (рис. 4.17). Что наблюдается? Листочки электроскопа разошлись, значит, они заряжены электрическим зарядом одинакового знака.



Как вы это объясните?



4.17. Перераспределение зарядов электроскопа под влиянием наэлектризованной палочки

Под влиянием наэлектризованной палочки электрические заряды электро-

скопа перераспределились. Шар приобретает заряд, по знаку противоположный заряду палочки. Другой конец стержня и листочки заряжаются электрическим зарядом того же знака, что и заряд палочки. При удалении палочки листочки сближаются, возвращаясь в вертикальное положение.



Вновь поднесите наэлектризованную палочку к шару электроскопа, не касаясь его. Листочки опять разошлись. Прикоснитесь к шару пальцем, затем удалите палочку. Электроскоп остался заряженным. Как можно это объяснить?

Допустим, что палочка заряжена положительно. Если её приблизить к шару электроскопа, тот зарядится отрицательно, а листочки – положительно (рис. 4.18. а). Прикасаясь пальцем к шару, мы соединяем его с «Землёй», некоторое число электронов переходит с «Земли» на листочки электроскопа и нейтрализует их (рис. 4.18. б). Электроны же шара не могут перемещаться, так как удерживаются притяжением положительных зарядов палочки. После удаления пальца, а затем и палочки электроны шара распределяются и по шару и по стержню, и они остаются заряженными отрицательно. Заряд электроскопа противоположен по знаку заряду палочки.



4.18. а) Зарядка электроскопа через влияние; б) соединение с Землёй



Сделайте рисунок для случая использования пластиковой палочки.

Описанный способ электризации на расстоянии называется **электризацией через влияние**.

Тело может быть наэлектризовано через влияние и зарядами того же знака, что и у палочки, которая использовалась для этого. Приведём металлическое тело, которое нужно зарядить, в соприкосновение с другим металлическим телом и приблизим к последнему наэлектризованную палочку. При разделении тел в присутствии палочки они останутся заряженными: одно положительно, а другое отрицательно.



Проверяем свои знания

Вспоминаем

1. Перечислите способы электризации тел.

2. Перепишите в тетрадь и дополните следующий текст:

а) При электризации ... оба наэлектризованных тела, и первоначально нейтральное, и то, которое использовалось для электризации, имеют одинаковый по знаку заряд.

б) В результате электризации ... электризуемое тело при его заземлении приобретает заряд, противоположный по знаку тому, который на него влиял.

в) Электризация при соприкосновении происходит благодаря переходу ... с одного тела на другое.

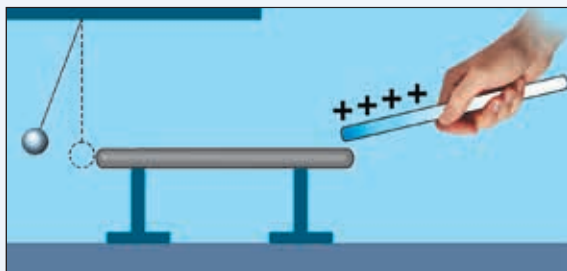
Решаем

3. Два одинаковых металлических шара заряжены: один зарядом $+3000e$, другой $+7000e$, где e – элементарный электрический заряд. Шары приведены в соприкосновение, а затем разведены. Чему равны заряды шаров после их разведения? Изменился ли характер взаимодействия шаров?

4. Две одинаковые сферы имеют заряды: $q_1 = +3,2 \cdot 10^{10}e$; $q_2 = -3,8 \cdot 10^{10}e$, где e – элементарный электрический заряд. Какими будут заряды на сферах после приведения их в соприкосновение, а затем после их разведения? Каким образом взаимодействуют сферы до соприкосновения и после их разведения?

Объясняем

5. Как ведёт себя стрелка положительно заряженного электроскопа при медленном приближении к шару электроскопа наэлектризованной стеклянной палочки? А при приближении наэлектризованной эбонитовой палочки?



4.19. Электризация через влияние

6. Шарик электростатического маятника касается конца горизонтального металлического бруска. К другому концу бруска подносят, не касаясь его, положительно заряженную палочку (рис. 4.19). Маятник отклоняется. Как объясняется явление? Каков знак заряда шарика маятника?

7. Можно ли зарядить отрицательно металлическое тело, имея в распоряжении положительно заряженный металлический шар? Как следует поступить?

8. Установите, какую общую черту имеют все три способа электризации.

5. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ В АТМОСФЕРЕ



Изучив эту тему, вы сможете объяснить:

- электрические явления, наблюдаемые в природе – молнию и удар молнии.

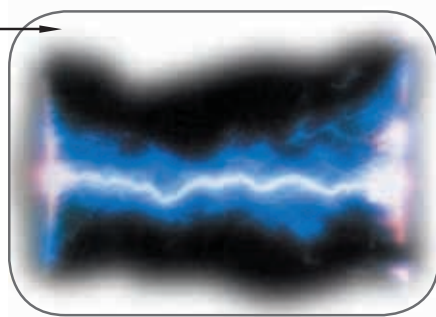
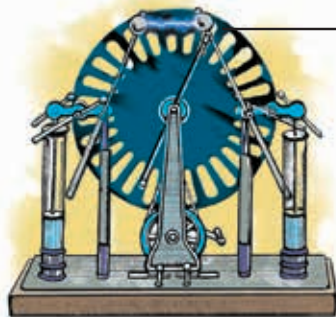
КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

- электрический разряд
- молния
- гром
- удар молнии



Перед вами электростатическая машина. Установите её шары на расстоянии около 1,5 см. Внимательно следите за пространством между шарами во время вращения рукоятки машины. Что вы замечаете?

В какое-то мгновение между шарами проскакивает искра (рис. 4.20) и слышен треск.



4.20. Возникновение искры между шарами электростатической машины

По мере вращения рукоятки машины на её шарах накапливается всё больше электрических зарядов противоположного знака. Когда они достигают определённой величины и притяжение между ними становится достаточно сильным, возникает искра. Электроны с отрицательно заряженного шара пронизывают воздух и переходят на положительно заряженный шар. Этот переход сопровождается ярким светом – *искрой* и характерным шумом – *треском*. Чтобы убедиться в том, что в пространстве между шарами движутся некоторые заряженные частицы, повторим опыт, поместив в это пространство лист бумаги или тонкого картона. Вращаем рукоятку до тех пор, пока не возникнет череда искр.



Посмотрите на лист. Что вы обнаружили?

Лист был пронизан маленькими частицами.



С помощью электростатического маятника проверьте, сохранилась ли наэлектризованность шаров машины после проскакивания искры.

Убеждаемся, что шары нейтральны. Произошёл *электрический искровой разряд*.



Наблюдали ли вы электрические разряды в природе (рис. 4.21)? Что они собой представляют?

Проанализируем, как происходит электризация облаков. Перед грозой ветер поднимает вверх большие массы воздуха, в то время как другие опускаются вниз. Воздух содержит и пары воды, которые на большой высоте, где холоднее, чем у поверхности земли, превращаются в капельки воды или даже кусочки льда, которые из-за соударений и трения измельчаются. Было установлено, что полученные таким образом маленькие фрагменты наэлектризованы. В одних местах накапливаются положительные заряды, в других – отрицательные.

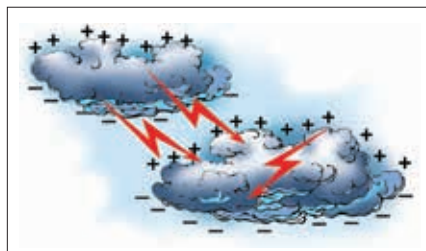
В облаках существуют области, заряд которых очень велик.

Если два облака сближаются, то между областями, имеющими заряды противоположного знака, происходит электрический разряд. Он сопровождается ослепительной вспышкой света – **молнией** (рис. 4.21. а; 4.22) – и грохотом – **громом**. Разряд может происходить и между областями одного и того же облака, но с зарядами разного знака. Длина молнии может достигать 15–20 км. (Длина молнии примерно в миллион раз больше длины искры в опыте с электростатической машиной!)

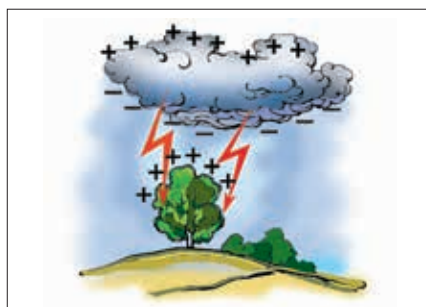
Иная ситуация складывается, когда заряженное облако приближается к поверхности Земли. Поверхность Земли заряжается через влияние электрическими зарядами, знак которых противоположен зарядам нижней части облака (рис. 4.23). Электрический разряд между нижней частью облака и каким-либо телом на Земле называется **ударом молнии** (рис. 4.21. б). Удар молнии также сопровождается громом. Выражения «молния» и «удар молнии» используют для обозначения соответствующего электрического разряда.



4.21. Электрические разряды в атмосфере: а) молния; б) удар молнии



4.22. Схема возникновения молнии



4.23. Схема возникновения удара молнии



Удары молнии причиняют большой ущерб. Воспламеняющиеся тела загораются, проводящие – плавятся, изоляционные тела разрушаются. Людей и животных с силой сваливает на землю, зачастую – убитых и обгоревших.



При приближении грозы нужно обязательно отойти подальше от опасных мест: вершин холмов и гор, высоких деревьев, столбов и т.д.

Первые исследования, касающиеся электрической природы молнии и удара молнии, были выполнены *Бенджамин Фрэнклином*, который предложил устройство для защиты зданий от удара молнии – **молниеотвод** (громоотвод). Он представляет собой металлический стержень с заострённым концом, который прикрепляется к самым высоким частям зданий, фабричным трубам и башням. Этот стержень с помощью толстого проводника соединён с массивным металлическим предметом, закопанным в землю на глубину нескольких метров (рис. 4.24).

Когда над громоотводом появляются заряженные облака, он, как и близлежащие тела, заряжается через влияние электрическими зарядами противоположного знака. Между нижней частью облаков и стержнем громоотвода возникает электрический разряд, при котором заряды по проводнику громоотвода уходят в землю. Таким образом защищаются и здания, расположенные поблизости.



4.24. Молниеотвод (громоотвод)



Проверяем свои знания

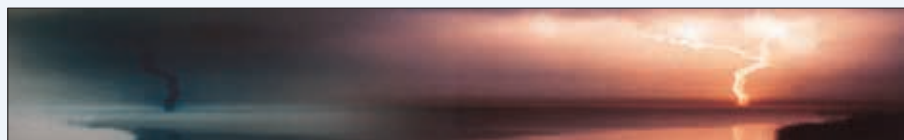
Вспоминаем

1. Перепишите следующий текст и заполните свободные места:

- Прохождение ... между двумя телами, наэлектризованными зарядами разного знака, называется электрическим разрядом.
- ... – это электрический разряд между двумя облаками, а ... – это электрический разряд между облаком и телом на Земле.
- Электрические разряды в атмосфере сопровождаются ... – сильным грохотом.
- ... защищает высокие здания от

Подумаем

2. Почему во время грозы опасно прятаться под высокими деревьями?



6. МАГНИТНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ. МАГНИТЫ



В рамках этой темы вы изучите:

- взаимодействие магнитов;
- взаимодействие магнитов с другими телами.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

- магнит
 - естественный
 - искусственный
- магнитный полюс
 - северный (N)
 - южный (S)

Ещё в древности было установлено, что янтарь, потёртый о шерстяную ткань, притягивает лёгкие предметы. Это было первое наблюдение электрических явлений.

Тогда же был обнаружен и другой вид притяжения тел. Согласно одной из легенд, вблизи древнего города Магнезия в Малой Азии был найден минерал, названный *магнетитом*, который обладал свойством притягивать предметы, содержащие железо. Любой кусок этого минерала представляет собой **естественный магнит**.

Если железный или стальной брусок потеряет куском магнетита, перемещая его по бруску в одном направлении, то брусок **намагнитится**. Он приобретает свойство притягивать тела, содержащие железо. Таким образом получается **искусственный магнит**. Самые хорошие искусственные магниты получают из закалённой стали.

В физических лабораториях используют полосовые магниты, подковообразные, цилиндрические, а также магнитные стрелки (рис. 4.25. а, б, в).

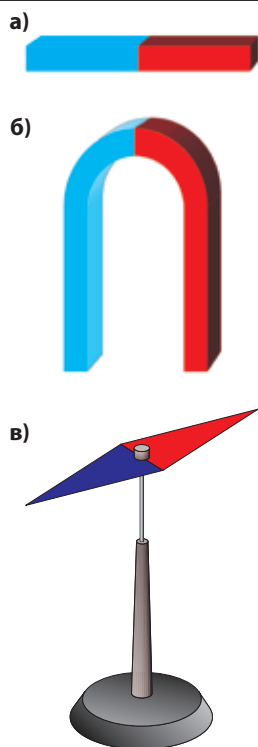
Вспомним опыт, в котором магнит подносили к различным телам (рис. 1.8, стр. 10). На основе тех наблюдений было установлено, что магнит притягивает только тела, содержащие железо.



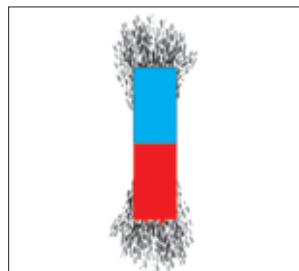
Опыт — проводится вдвоём

Насыпьте железные опилки на лист картона. Сверху положите полосовой магнит, а затем поднимите его. Где больше всего опилок?

Концы магнита являются местами наибольшего магнитного притяжения (рис. 4.26).



4.25. Магниты различной формы: а) полосовой; б) подковообразный; в) магнитная стрелка



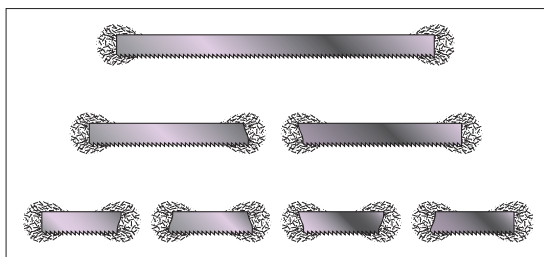
4.26. Притяжение железных опилок полосовым магнитом

Те области магнита, где магнитные свойства проявляются наиболее сильно, называются **полюсами** магнита. Экспериментально установлено, что у магнита есть **два полюса**.

В средней части полосового магнита магнитное притяжение не обнаруживается – она называется **нейтральной областью**.

Опыт – проводится вдвоём

Попробуйте разделить полюсы магнита. Возьмите кусок стальной проволоки (или ножовочного полотна) длиной около 25 см. Намагнитьте его с помощью полосового магнита. Используя железные опилки, определите положение полюсов куска проволоки. Разрежьте проволоку пополам и повторите опыт с опилками для каждой части. Что вы установили? Разрежьте каждую часть пополам и повторите опыт. К какому выводу вы пришли?



4.27. Магнитные полюсы нельзя разделить

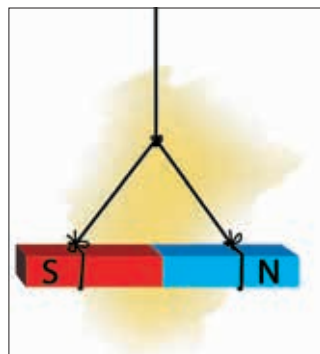
Распределение опилок свидетельствует о том, что у каждой полученной части есть два полюса (рис. 4.27).

Магнитные полюсы не могут быть разделены.

Магниты, используемые в физических лабораториях, сохраняют свои магнитные свойства в течение длительного времени и называются **постоянными магнитами**.

Опыт

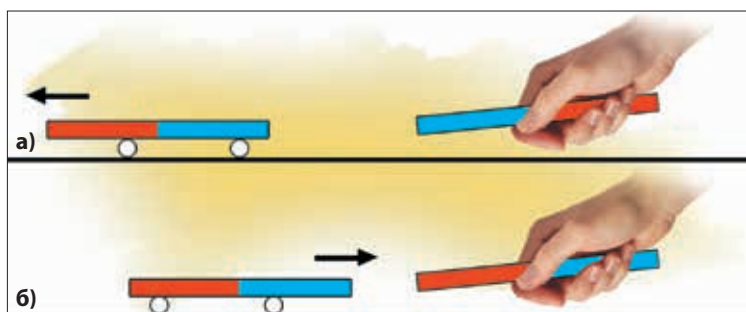
Подвесьте на нити полосовой магнит так, чтобы он расположился горизонтально (рис. 4.28). Заметьте направление его ориентации. Поверните магнит на некоторый угол вокруг вертикальной оси, а затем отпустите его. Как ведёт себя магнит? В каком направлении он ориентируется?



4.28. Ориентация магнита в направлении юг–север

Магнит устанавливается в определённом направлении – юг–север. Полюс магнита, который ориентируется на географический северный полюс Земли, называется **северным полюсом** и обозначается **N**. Другой полюс, который ориентируется на географический **южный полюс** Земли, называется южным полюсом магнита и обозначается **S**. Проводя этот опыт с кусочками проволоки, полученными в попытке разделить магнитные полюсы, замечаем, что они также устанавливаются в направлении юг–север, то есть у *каждого кусочка есть два разных полюса*. Чтобы различать полюсы, магниты окрашивают в два цвета, чаще всего красный (S) и синий (N). Исследуем взаимодействие магнитных полюсов.

Положите полосовой магнит на два круглых карандаша (рис. 4.29. а, б). Поднесите к одному из его концов другой магнит, сначала одноимённым полюсом, а затем разноимённым. Что вы установили?



4.29. Взаимодействие магнитов: а) одноимённые полюсы отталкиваются; б) разноимённые полюсы притягиваются

Одноимённые магнитные полюсы **отталкиваются**, а разноимённые **притягиваются**.

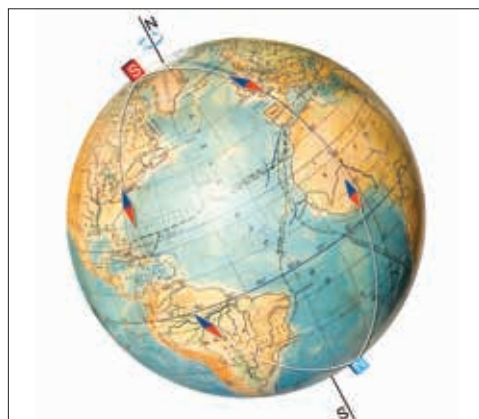
Свойство магнита, вращающегося вокруг вертикальной оси, ориентироваться в направлении юг–север, используется в компасе. Его магнитная стрелка свободно вращается над шкалой с делениями в градусах, на которой указаны направления север–юг и восток–запад (рис. 4.30).

Используя компас, определите полюсы концов кусочков проволоки (рис. 4.27).



4.30. Современный компас

Определённая ориентация магнитной стрелки относительно Земли указывает на то, что Земля ведёт себя как огромный магнит. Северный полюс магнитной стрелки направлен примерно на северный географический полюс Земли. Но северный полюс магнитной стрелки притягивается южным полюсом магнита. Следовательно, возле географического северного полюса находится южный магнитный полюс Земли и наоборот (рис. 4.31). Отметим, что магнитные полюсы Земли не совпадают с географическими. Расстояние между ними около 1 300 км.



4.31. Магнитные полюсы Земли



Проверяем свои знания

Применяем свои знания

1. Назовите полюсы магнита и обоснуйте эти названия.
2. Опишите взаимодействие магнитных полюсов.
3. Опишите устройство компаса. Для чего он используется?

Вспоминаем

4. Перепишите в тетрадь и дополните следующий текст:

- а) Магнит притягивает тела, содержащие
- б) Магнитные свойства проявляются наиболее сильно на ... магнита.
- в) Магниты, сохраняющие свои магнитные свойства в течение длительного времени, называются ... магнитами.

Объясняем

5. Рассмотрите три магнита, полюсы которых обозначены попарно А и В, С и D, Е и F. Известно, что полюсы А и С притягиваются, а полюсы D и Е отталкиваются. Как взаимодействуют полюсы В и F?
6. В вашем распоряжении три полосовых магнита. Можно ли собрать треугольник с магнитами в качестве сторон таким образом, чтобы пары полюсов в каждой вершине отталкивались? Притягивались? Обоснуйте свой ответ.
7. Будет ли компас правильно показывать направление север–юг, если вблизи от него находится магнит? Железный предмет?
8. В залах, где проводятся соревнования по шахматам или шашкам, можно увидеть шахматные доски, прикреплённые к стенам. Они используются для показа игры. Зная магнитные свойства тел, предложите такой способ изготовления доски, шахматных фигур и шашек, чтобы они не падали с доски.





Первые сведения об электрических и магнитных явлениях появились ещё в глубокой древности – в VI веке до н.э.

Двадцать один век спустя **Уильям Гильберт** (1544–1603) – придворный врач английского королевского двора, опубликовал работу «О магните, магнитных телах и большом магните – Земле...», в которой описал около 600 опытов. Он показал, что магнит имеет два полюса, которые не могут быть отделены один от другого, изучил взаимодействие магнитных полюсов. Исследовал поведение магнитной стрелки вблизи намагниченного шара и установил, что оно аналогично её поведению на Земле. Таким образом, Гильберт показал, что Земля является большим магнитом.

В области электрических явлений Гильберт установил, что не только янтарь, но и другие вещества, такие как стекло, смола, фарфор, мрамор, сера, поваренная соль и другие, потёртые о ткань, притягивают лёгкие тела. Он назвал вещества, обладающие таким свойством, «электрическими», впервые применив этот термин.

Уильям Гильберт известен как основоположник науки, изучающей электрические и магнитные явления.

Немецкий учёный **Отто фон Герике** (1602–1686) сконструировал «электрическую машину». Большой шар из серы приводился во вращение с помощью рукоятки и одновременно натирался ладонями. Таким образом удавалось достичь очень сильной электризации шара. Герике впервые удалось обнаружить отталкивание наэлектризованных тел: лёгкие предметы «плавали» над шаром из серы.

В 1720 году английский учёный **Стефен Грей** (1670–1736) установил, что электризация может быть передана от одного тела к другому по металлической проволоке, и разделил вещества на проводники и изоляторы. Он же открыл электризацию через влияние.

Французский физик **Шарль Дюфе** (1698–1739) установил, что существует два вида электричества и предложил название «стеклянное» и «смоляное».

Позже **Бенджамин Франклин** предложил назвать электрические заряды положительными и отрицательными. Он доказал электрическую природу молнии, изобрёл громоотвод.

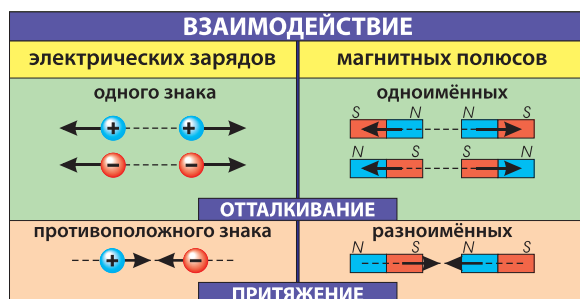
Электрические и магнитные явления изучались отдельно друг от друга до 1820 года, когда было установлено, что они тесно взаимосвязаны.



Уильям Гильберт (1544–1603)

Обобщение

- Наэлектризованные тела обладают способностью притягивать лёгкие предметы. Степень электризации тела характеризуется **электрическим зарядом**. Ненаэлектризованное тело называется **нейтральным телом**. Тело может быть наэлектризовано **трением, при соприкосновении, через влияние**.
- В природе существует два вида электрических зарядов – **положительные** и **отрицательные**.
- Тела, наэлектризованные зарядами одного знака, **отталкиваются**, а наэлектризованные зарядами противоположного знака – **притягиваются**.
- Вещества, в которых электрические заряды свободно перемещаются по всему объёму, называются **проводниками**, те же, в которых заряды остаются в местах, где были получены, называются **изоляторами**.
- Атом состоит из **положительно заряженного ядра**, вокруг которого движутся **электроны – отрицательно заряженные частицы**.
- Тело **заряжается отрицательно**, когда **получает электроны**, и **заряжается положительно**, если **теряет электроны**.
- При электризации сумма электрических зарядов, отданных одним телом, равна сумме зарядов, полученных другими телами. В этом состоит **закон сохранения электрических зарядов**.
- **Тела**, обладающие способностью притягивать предметы, содержащие железо, называются **магнитами**. Каждый магнит имеет полюсы – места, в которых магнитное действие проявляется наиболее сильно. **Полюсы магнитов не могут быть разделены один от другого**.
- **Магнит**, который может вращаться относительно вертикальной оси, устанавливается в направлении север–юг. Магнитный полюс, повёрнутый к северному географическому полюсу Земли, называется **северным полюсом** (N), а повёрнутый к южному географическому полюсу – **южным** (S).
- Одноимённые магнитные полюсы **отталкиваются**, а разноимённые – **притягиваются**.
- Свойство магнитной стрелки ориентироваться определённым образом относительно Земли положено в основу устройства **компыаса**.



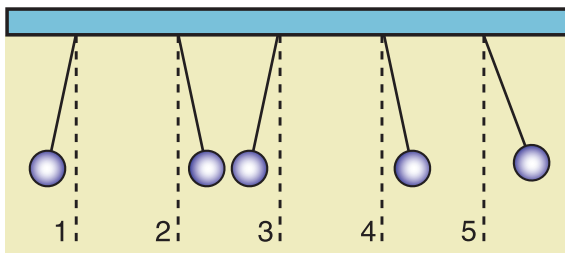
Электрические и магнитные взаимодействия



Тест для самооценивания

1. Возьмите лист бумаги, прижмите его к стене и отпустите. Видно, что он моментально падает. Но если лист, прижатый к стене, потереть шерстяной тканью, то он некоторое время продержится на стене, как приклеенный. Как можно объяснить это явление?

2. Пять одинаковых шариков подвешены на шёлковых нитях одинаковой длины. Будучи наэлектризованными, они располагаются так, как показано



на рисунке. Шарик 1 наэлектризован отрицательно. Установите знаки электрических нарядов шаров 2, 3, 4 и 5. Как взаимодействуют шары 1 и 5?

3. Металлическим шаром А, на котором недостаёт $1,4 \cdot 10^{12}$ электронов, коснулись такого же, но ненаэлектризованного шара В. Каким станет заряд шара В после его удаления от шара А?

4. Стеклянная палочка, потёртая о шёлк, поднесена к шару заряженного электроскопа, но не касается его. Листочки электроскопа сближаются. Каков знак заряда электроскопа? Обоснуйте ответ.

5. Можно ли зарядить положительно нейтральное металлическое тело с помощью положительно заряженного шара, не изменяя заряд последнего? Опишите предлагаемый способ.

6. Перечислите способы электризации, для которых необходимо наличие другого тела, предварительно заряженного. Существует ли способ электризации, не требующий наличия предварительно заряженного тела?

7. В вашем распоряжении есть маленький кружок картона, железный ключ и магнит. Можно ли поднять кружок картона с помощью магнита? Как вы поступите?

8. Как можно определить полюсы намагниченного бруска с помощью компаса? Опишите свои действия.


9. Нарисуйте квадрат, сторонами которого являются четыре полосовых магнита, расположенных таким образом, что в двух вершинах квадрата магнитные полюсы отталкиваются, а в двух других вершинах – притягиваются.

Самооценивание. За каждый правильный ответ даётся по 1 баллу. К полученной сумме добавляется ещё 1 балл. Это – ваша заслуженная оценка.



V


ОПТИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ



Зрение – это чувство, которое позволяет нам разглядывать окружающие тела, воспринимать их цвета, оценивать их размеры и формы, расстояние между ними, их движение и т.д. Мы видим тела, когда свет от них падает в наши глаза.

Раздел физики, который изучает свет – его природу, излучение, распространение и взаимодействие с различными телами – называется *оптикой* (от греческого *optós* – видимый).

Оптика изучает обширный круг явлений. В данной главе вы познакомитесь с первыми понятиями и явлениями из этой области.

1. *Источники света. Прозрачные, непрозрачные и полупрозрачные тела*
 2. *Прямолинейное распространение света. Световой пучок. Луч света*
 3. *Тень и полутень. Солнечные и лунные затмения*
- 

1. ИСТОЧНИКИ СВЕТА. ПРОЗРАЧНЫЕ, НЕПРОЗРАЧНЫЕ И ПОЛУПРОЗРАЧНЫЕ ТЕЛА



Изучив эту тему, вы познакомитесь:

- с источниками света, которые нас окружают;
- с особенностями пропускания света телами.



Внимательно прочитайте следующий текст и определите, какие тела создают и испускают свет.

Самым важным телом, без которого была бы невозможна жизнь на Земле, является Солнце. Благодаря ему днём мы видим окружающие нас тела. Солнечный свет падает на них, частично рассеивается ими, затем попадает на другие тела и в наши глаза. Таким образом, мы видим природу вокруг, школьных друзей, учителя, доску, столы, книги, тетради и др., даже если свет Солнца не проникает непосредственно в класс или небо в облаках. Вечером, после захода Солнца, постепенно темнеет, на небе появляются Луна и звёзды. Иногда мы наблюдаем метеориты – «падающие звёзды». Их свет в какой-то мере рассеивает темноту, так что нам удаётся видеть очертания предметов вокруг нас, не различая, однако, детали.

Дома при свете электрической лампочки накаливания или люминесцентной лампы заканчиваем подготовку к занятиям следующего дня. После ужина отдыхаем. Затем гасим свет и ложимся спать. Нас ожидает новый день.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

- источники света
 - естественные
 - искусственные
- светящиеся тела
- тело
 - прозрачное
 - полупрозрачное
 - непрозрачное



5.1. Естественные источники света, наблюдаемые с Земли



Тела, которые создают и испускают свет, называются **источниками света**.

При классификации источников света следует иметь в виду, что Земля и её естественный спутник Луна не создают света, то есть не являются источниками света в прямом смысле слова. Эти небесные тела рассеивают свет, идущий от Солнца и звёзд, становясь, таким образом, видимыми. Они называются **светящимися телами**.

Мы с Земли видим другие планеты. Но из космоса видна и Земля – этот факт подтверждён космонавтами и сделанными ими фотографиями.

Солнце, звёзды, метеориты, электрическая лампочка накаливания, люминесцентная лампа, свеча, керосиновая лампа являются **источниками света**.

Солнце, звёзды, метеориты (рис. 5.1) – это **естественные источники**.

Лампочка накаливания, люминесцентная лампа, свеча, керосиновая лампа (рис. 5.2) являются **искусственными источниками** – их работа зависит от деятельности человека.



5.2. Искусственные источники света



Перепишите в тетрадь, распределив по двум столбцам, перечисленные естественные и искусственные источники света: экран телевизора; молния; фонарь; лазер; раскалённая лава, извергаемая вулканом; светлячки; пламя; факел; трубки световой рекламы.



Посмотрите в окно. Сквозь стекло вы чётко видите облака на небе, деревья во дворе, соседние дома, различаете их цвета и очертания. В то же время вы не видите, что находится за стволами деревьев, за стенами домов, под опавшей листвой.

В зависимости от свойств тел пропускать или не пропускать свет различают:

прозрачные тела – тела, через которые проходит свет и чётко видны предметы, находящиеся за ними. Например, воздух, оконное стекло (рис. 5.3), просвечивающая полиэтиленовая плёнка;

непрозрачные тела – тела, через которые свет не проходит. Например, дерево, кирпич, картон, доска, земля (рис. 5.4).



Посмотрите через кальку на зажжённую лампочку. Вы видите, что свет, испускаемый ею, проходит сквозь бумагу, но очертания лампочки размыты (рис. 5.5). То же самое мы наблюдаем, разглядывая лампочку через абжур из матового стекла.

Тела, пропускающие свет, но не позволяющие чётко видеть расположенные за ними предметы, называются **полупрозрачными телами**. По способности пропускать свет они располагаются между прозрачными и непрозрачными телами.



Можете ли вы привести подобный пример? Попробуйте посмотреть на горящую лампочку через промасленную бумагу.

При определённых условиях непрозрачное тело может стать полупрозрачным.



Разделите на три группы перечисленные тела (прозрачные, непрозрачные, полупрозрачные): тонкий слой воды, книга, туман, листок целлофана, промасленная бумага, алюминиевая пластина, матовое стекло, слой льда на оконном стекле.



Эксперимент – проводится вдвоём

Возьмите несколько кусков просвечивающей полиэтиленовой плёнки размером 10 x 10 см. Положите один из них на обложку книги и посмотрите через него. Положите сверху ещё один кусок, затем ещё один и т.д., продолжая разглядывать обложку сквозь них. Что вы установили? Сделайте выводы и запишите их в тетради.

Прозрачность слоя вещества (чистой воды, других жидкостей) зависит от его толщины.



5.3. Стекло – прозрачное тело



5.4. Картон – непрозрачное тело



5.5. Калька – полупрозрачное тело

Если слой воды толщиной несколько десятков сантиметров прозрачен, то при толщине несколько десятков метров он становится полупрозрачным, а при толщине несколько сотен метров – непрозрачным. На такие глубины океанов и морей свет не проникает, там царит вечная темнота.



Проверяем свои знания

Вспоминаем

1. Перепишите в тетрадь и дополните следующий текст:

- а) Тела, которые ... свет, называются источниками света.
- б) Полярная звезда является ... света, а Луна – это ... тело.
- в) Молния и раскалённая лава, извергаемая вулканом, являются ... источниками света, а зажжённая свеча и огонь ... источниками света.
- г) Тела, через которые не проходит свет, называются ... телами.
- д) Тела, пропускающие свет, но ... чётко видеть находящиеся за ними предметы, называются полупрозрачными.

2. Выберите из перечисленных предметов источники света: *абжур, зажжённая спичка, экран телевизора, автомобильная фара, светящиеся вывески, молния, окно, зеркало.*

3. Предложите способ, позволяющий установить, является ли тело источником света или светящимся телом.

4. Распределите по трём столбцам прозрачные, полупрозрачные и непрозрачные тела: *вода в аквариуме, тетрадь, человеческое тело, лист фанеры, оболочка воздушного шара, мыльный пузырь, бесцветный пластиковый кулёк, закопчённое стекло.*

Объясняем

5. Самые большие телескопы, которые используются для исследования Вселенной, сооружаются в горах, на больших высотах. На спутниках также устанавливаются телескопы. Почему так поступают?



2. ПРЯМОЛИНЕЙНОЕ РАСПРОСТРАНЕНИЕ СВЕТА. СВЕТОВОЙ ПУЧОК. ЛУЧ СВЕТА



Изучив эту тему, вы познакомитесь:

- с распространением света в однородной среде;
- с различными проявлениями этого явления.

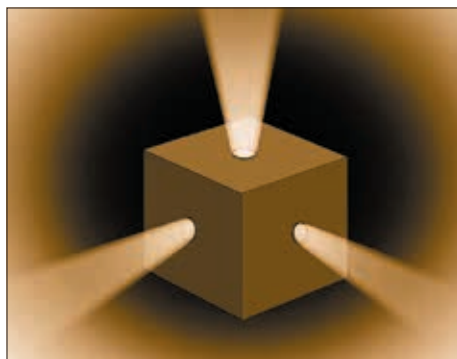
КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

- световой пучок
 - луч света
 - однородная среда
 - прямолинейное распространение света
- расходящийся
параллельный
сходящийся

Глядя в окно, мы не видим того, что находится за стволами деревьев, например, траву, часть забора и др. Это означает, что свет, идущий от тел, находящихся за стволами, не попадает в наши глаза.



Сделайте коробку из картона или используйте готовую из-под чая или кофе, проделав в ней несколько маленьких отверстий. В тёмном помещении накройте этой коробкой зажжённую электрическую лампочку. Расположите коробку таким образом, чтобы свет, выходящий из отверстий, попадал на потолок или стены, где появятся пятна света. В пространстве между коробкой и световыми пятнами ничего не видно. Распылите в этом пространстве пудру, пшеничную муку или напустите дыма. Опишите, что вы наблюдаете.



5.6. Пучки света

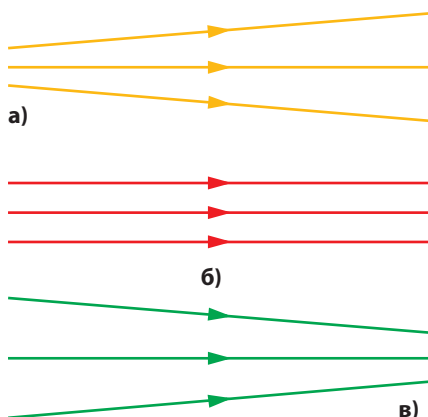
Путь света между коробкой и стеной становится видимым – в глаза попадает свет, рассеянный маленькими пылинками, находящимися на его пути (рис. 5.6).

Наличие этого «пути» света показывает, что свет проходит через все точки пространства между источником и световым пятном. Соответствующий процесс называется **распространением света**.



Свет, который распространяется в ограниченной, обычно узкой, области пространства, называется **пучком света**.

Через каждое отверстие в коробке распространяется по одному световому пучку от отверстия до стены или потолка.



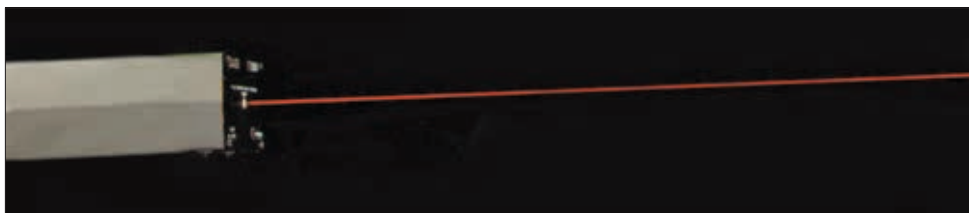
5.7. Виды световых пучков: а) расходящийся; б) параллельный; в) сходящийся



В тёмном помещении установите фонарь с лампочкой как можно ближе к стене, затем зажгите его. Медленно отодвигайте фонарь от стены и следите за тем, как изменяется величина светового пятна.

Пятно увеличивается по мере удаления фонаря от стены. Это – **расходящийся пучок света** (рис. 5.7. а). Если ширина светового пучка остаётся неизменной по всей его длине, то это – **параллельный** пучок (рис. 5.7. б). Параллельны пучки света, идущие от звёзд, и света, испускаемого лазером (рис. 5.8). Пучок, который сужается по мере распространения света на всё большее расстояние, называется **сходящимся пучком** (рис. 5.7. в).

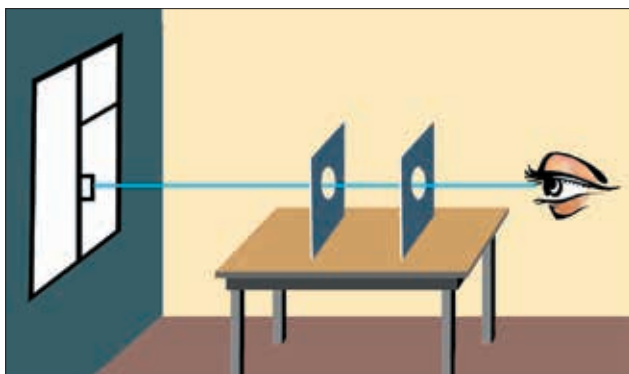
Чаще всего встречаются расходящиеся пучки света (рис. 5.9).



5.8. Свет, испускаемый лазером



5.9. Морской маяк



5.10. Установка отверстий с помощью луча света



Очень узкий пучок света называется **лучом света**.

Пучки света могут быть представлены как совокупность лучей света.

Рассматривая пучок света, мы видим, что его края имеют форму прямых линий. Узкие пучки можно приблизительно считать прямыми линиями.



Закрепите в вертикальном положении непрозрачный экран с небольшим круглым отверстием. Посмотрите сквозь это отверстие на ручку двери или окна. Поместите между экраном и ручкой другой экран с круглым отверстием таким образом, чтобы ручка была видна сквозь оба отверстия (рис. 5.10). Затем привяжите один конец бечёвки за эту ручку, а другой протяните через оба отверстия и слегка

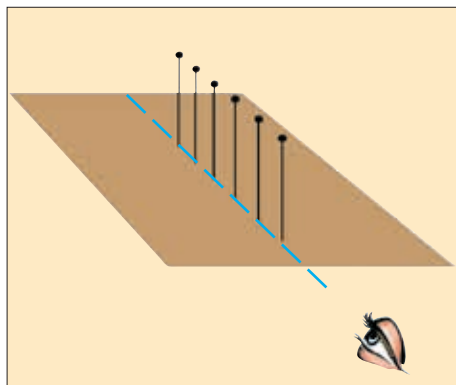
натяните бечёвку. Убедитесь, что бечёвка не касается краёв отверстий. Натянутая бечёвка представляет собой прямую линию.

Отсюда можно утверждать, что свет распространяется **прямолинейно**, то есть вдоль прямой линии. Это явление наблюдается только в том случае, когда свет распространяется в так называемой **однородной среде**, свойства которой одинаковы в разных местах.

! В однородной среде свет распространяется прямолинейно.



Закрепите булавками лист бумаги на куске картона, желательного гофрированного. Воткните две булавки в двух точках листа бумаги. Внимание! Булавки должны быть перпендикулярны картону. Поднимите картон на уровень глаз. Найдите положение, в котором вы видите только одну булавку. Затем воткните и другие булавки таким образом, чтобы вы всё время видели только одну булавку. Проверьте с помощью линейки положение точек, в которые были воткнуты булавки (рис. 5.11).



5.11. Установка булавок



Можете ли вы привести примеры практического применения этого метода проведения прямой линии, основываясь на прямолинейности распространения света?

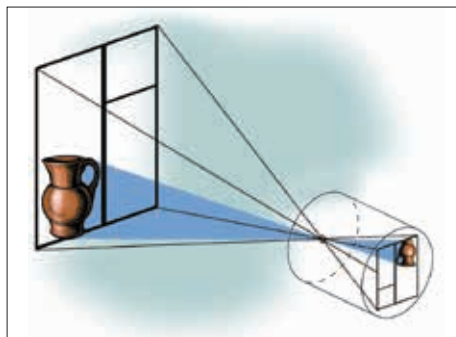
Домашнее задание

Сделайте камеру-обскуру (от латинского *obscur* – тёмный).

Используйте жестяную банку из-под чая или кофе. Замените крышку калькой или полиэтиленовой плёнкой. В центре дна банки проделайте иглой небольшое отверстие. Держите банку в руках таким образом, чтобы свет сбоку не падал на кальку. Камера-обскура готова!

Установите камеру-обскуру отверстием к окну на расстоянии примерно 3 м от него и наблюдайте за изображением на кальке.

Поставьте на подоконнике какой-либо предмет, например, кувшин (рис. 5.12). Что вы видите?



5.12. Камера-обскура



5.13. Фотоаппарат

Изменяя расстояние между камерой-обскурой и окном, следите за изменением изображения на кальке и опишите ваши наблюдения.

Камера-обскура – это самый простой **фотографический аппарат** (рис. 5.13).



Проверяем свои знания

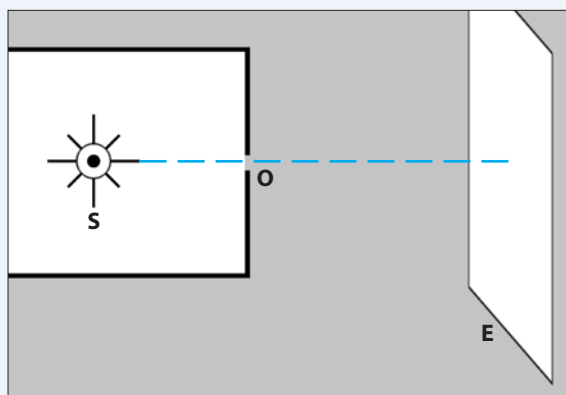
Вспоминаем

1. Перепишите в тетрадь и дополните следующий текст:

- а) Пучок, который ... по мере того, как свет распространяется всё дальше от источника света, называется сходящимся.
- б) Пучок, ширина которого одинакова по всей его длине, является ... пучком.
- в) Ученик получает на стене тёмной комнаты световое пятно с помощью фонаря. Он замечает, что при приближении фонаря к стене световое пятно ... , и делает вывод, что световой пучок, идущий от фонаря –
- г) Изображение предмета, полученное камерой-обскурой, является перевернутым; это объясняется тем, что в воздухе свет распространяется

Объясняем

2. В туманную ночь можно заметить, что пучки света, идущие от фар автомобилей, очерчены прямыми линиями. Как это можно объяснить?
3. На уроке физкультуры ученики должны выстроиться в ряд. Как они поступают? Какое свойство света используют?
4. Внутри картонной коробки, имеющей отверстие **O**, находится источник света **S** (рис. 5.14). Как будет изменяться размер светового пятна на экране **E**, если источник **S**: а) приближать к отверстию **O**; б) удалять от отверстия?



5.14. Изменение размера светового пятна

3. ТЕНЬ И ПОЛУТЕНЬ. СОЛНЕЧНЫЕ И ЛУННЫЕ ЗАТМЕНИЯ



Изучив эту тему, вы познакомитесь:

- с образованием теней и полутеней тел;
- с затмениями Солнца и Луны.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

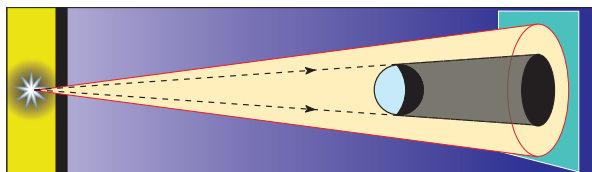
- конус тени
- тень
- полутень
- затмение
 - Солнца
 - Луны
- затмение
 - частичное
 - полное

Прямолинейное распространение света позволяет объяснить ряд оптических явлений.



Возьмите картонную коробку с отверстием. Поместите внутрь коробки электрическую лампочку и получите пучок света. Установите коробку таким образом, чтобы на экране получилось световое пятно. Шар диаметром несколько сантиметров подвесьте на нити и расположите на пути светового пучка. Что вы видите на экране?

На экране видно тёмное пятно, а это означает, что свет не попадает в это место. Границу, отделяющую тёмную область от светлой, можно получить, если провести линии, проходящие



5.15. Образование тени

через крайние точки шара. Приближая экран к шару, можно заметить, что тёмное пятно уменьшается, отдаляя экран от шара – что пятно увеличивается.

За шаром существует область, куда свет не проникает. Эта область имеет переменное сечение и называется **конусом тени**. Тёмное пятно на экране – это **тень** (рис. 5.15).

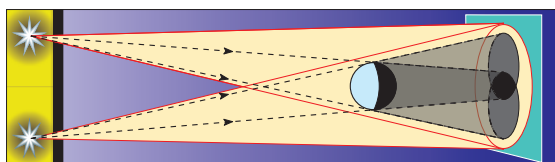


Перемещайте шар между источником и экраном. Наблюдайте, как изменяются размеры тени, нарисуйте схему образования тени в соответствующих случаях и объясните увиденное.



Возьмите ещё одну коробку с круглым отверстием и лампочкой внутри и установите её таким образом, чтобы расстояние между отверстиями коробок было несколько сантиметров. Таким образом вы получили два пучка света. Наблюдайте тени шара, освещаемого каждым пучком света в отдельности, а затем обоими пучками одновременно.

В месте, где накладываются тени шара, получаемые при освещении каждым из пучков в отдельности, наблюдается совершенно тёмное пятно – **тень**. По обе стороны от неё простирается область чуть светлее – **полутень**. В эти места попадает свет только от одного из источников (рис. 5.16).



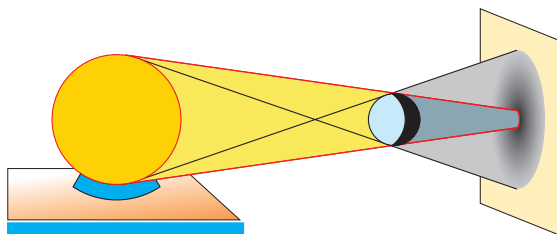
5.16. Образование тени и полутени при освещении двумя точечными источниками



Рассмотрите тень шара, используя в качестве источника электрическую лампочку или другой источник, размеры которого сравнимы с размерами шара.



Полутень постепенно светлеет в направлении от центра тени к освещаемой области (рис. 5.17). Объясните увиденное.

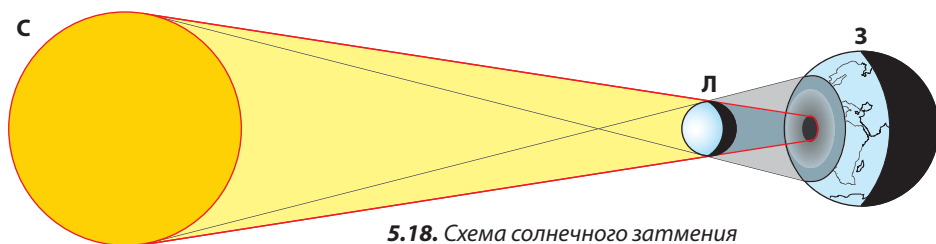


5.17. Образование тени и полутени при освещении светящимся шаром

Проанализируем некоторые астрономические явления, которые обусловлены прямолинейным распространением света. Такими являются, в первую очередь, **затмения Солнца и Луны**.

Вы уже знаете, что планеты и их спутники не испускают собственный свет. При освещении их Солнцем образуются конусы тени и полутени.

Если Луна находится между Солнцем и Землёй, то на поверхности Земли образуется тень и полутень Луны (рис. 5.18). Происходит **солнечное затмение**.



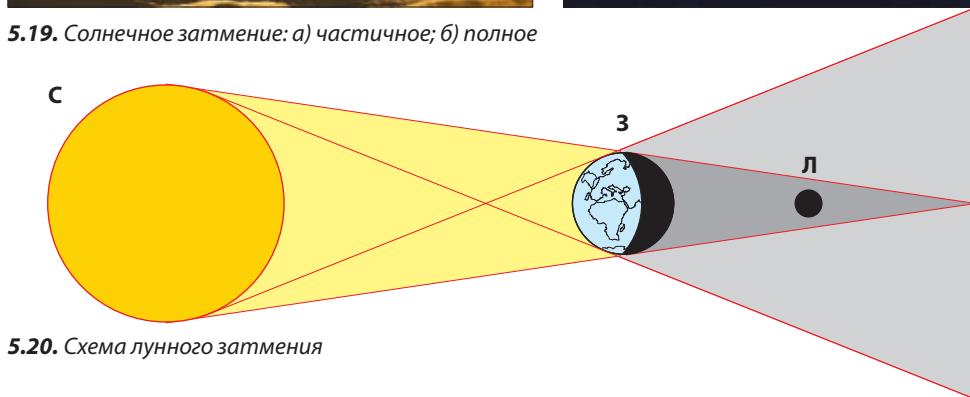
5.18. Схема солнечного затмения

Наблюдатель, находящийся в полутени, видит диск Солнца, часть которого закрыта Луной. Для него затмение является **частичным** (рис. 5.19. а).

Наблюдатель, который находится в области тени, видит тёмный диск, окружённый лёгким сверкающим ореолом – солнечной короной. Для него затмение – **полное** (рис. 5.19. б).



5.19. Солнечное затмение: а) частичное; б) полное



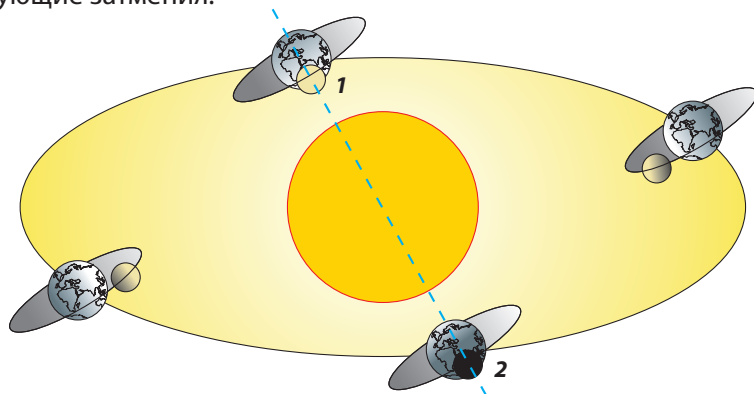
5.20. Схема лунного затмения

Если же Земля находится на одной прямой между Солнцем и Луной, то Луна находится в полутени или тени Земли (рис. 5.20). Наблюдается **частичное** или **полное лунное затмение**. Форма тени Земли на поверхности Луны позволила ещё в древности утверждать, что Земля имеет сферическую форму. Диаметр Земли примерно в четыре раза больше диаметра Луны. Поэтому конус тени Земли гораздо шире конуса тени Луны. Прохождение Луны через тень Земли длится долго, поэтому затмения Луны весьма продолжительны (до 100 минут) по сравнению с солнечными затмениями (самое большее 7 минут).

Отметим ещё одну особенность наблюдения затмений Солнца и Луны. Затмение Солнца (рис. 5.18) наблюдается с той части Земли, на которую падает тень или полутень Луны. Затмение же Луны наблюдается со всего полушария Земли, обращённого к Луне (рис. 5.20).

Если бы орбиты Луны и Земли находились в одной плоскости, то при каждом обороте Луны вокруг Земли происходили бы одно солнечное и одно лунное затмение. В действительности орбита Луны не находится в одной плоскости с орбитой Земли. Когда Луна находится между Солнцем и Землёй, её конус тени в большинстве случаев проходит рядом с Землёй и поэтому не каждый раз происходит солнечное затмение. Все три тела должны находиться в положении 1 (рис. 5.21), чтобы произошло солнечное затмение.

Когда Земля находится между Солнцем и Луной, конус её тени в большинстве случаев проходит рядом с Луной и поэтому не каждый раз происходит лунное затмение. Все три тела должны находиться в положении 2 (рис. 5.21), чтобы произошло затмение Луны. Астрономы могут предсказать, когда сложатся ситуации 1 и 2 (рис. 5.21). Таким образом, мы точно знаем, когда произойдут следующие затмения.



5.21. Орбиты Земли и Луны



Понаблюдайте за тенью какого-либо столба или палки, воткнутой в землю: утром до уроков, днём после уроков, вечером перед заходом Солнца. Когда тень самая длинная? Самая короткая? Как изменяется направление тени в течение дня? Что нужно сделать, чтобы получились солнечные часы?



Проверяем свои знания

Вспоминаем

1. Перепишите в тетрадь и дополните следующие предложения:
 - а) Область за освещённым телом, куда свет ... называется конусом тени.
 - б) При освещении тела точечным (имеющим очень малые размеры) источником света на экране, помещённом за телом, появляется его ...
 - в) Если непрозрачное тело находится между электрической лампочкой и экраном, то на нём видна как тень тела, так и его ...
 - г) Когда Луна находится между Солнцем и Землёй, происходит ... затмение.
 - д) При лунном затмении Луна находится ... Земли.
 - е) Если диск Солнца закрыт Луной, происходит ... затмение.

Применяем свои знания

2. Почему в классной комнате доска и столы размещаются таким образом, чтобы свет падал на тетради учеников слева?

3. Поэт Василе Романчук написал прекрасное стихотворение о тени. Прочитайте внимательно перевод его стихотворных строк и определите, где находится Солнце относительно поэта в первых трёх строфах стихотворения? Где находится его тень в ситуации, описанной в последней строфе?

ТЕНЬ

*Не нравится мне тень,
моя тень,
особенно когда она
впереди меня.
Шагает мрачная,
с бледным лицом,
воображая, что мне
указывает дорогу.*

*Не нравится мне тень,
моя тень,
особенно когда
шагает рядом.
Хвастливая,
как всякая тень,
распустила слух, что
помогает мне сохранять равновесие.*

*Не нравится мне тень,
моя тень,
особенно когда она
преследует меня сзади.
Наивная,
а может быть, хитрая,
даёт понять прохожим,
что она – мой ангел-хранитель.*

*Не нравится мне тень,
моя тень,
особенно когда солнце в зените
и все считают её пропавшей.
Тогда тень мне вкрадывается
в душу и спрашивает
напрямик, что я
о ней думаю.*

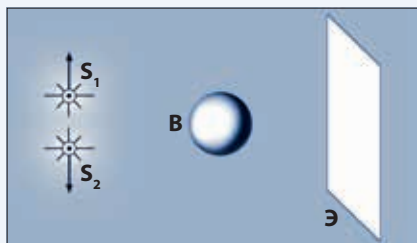
Не нравится мне тень...

4. Ученик решил избавиться от своей тени. Как он должен поступить?

5. Когда длина тени карандаша, расположенного параллельно экрану, равна длине карандаша? Каким должен быть световой пучок? Проиллюстрируйте свой ответ соответствующим рисунком.

6. Может ли тень прямоугольника быть квадратной? Каким должен быть световой пучок? Можете сделать рисунок?

7. На рисунке 5.22 показаны первоначальные положения двух источников света S_1 и S_2 , шар В и экран Э. В какой-то момент источники начинают перемещаться в направлениях, указанных на рисунке. Опишите, как изменяются тень и полутень шара по мере удаления источников друг от друга. Проиллюстрируйте ответ соответствующими рисунками.



5.22. Изменение тени и полутени шара



Из истории физики

Первые знания из области оптики были получены ещё в древности.

Особо важную роль сыграл **Евклид**, один из величайших математиков Древней Греции. Он жил в III веке до н.э. и некоторое время работал в Александрии.

Его главным трудом были «Начала», состоящие из 13 книг, в которых изложены работы его предшественников, а также его собственные открытия.

Исследования в области оптики были описаны в трактатах «Оптика» и «Катоптрика».

В «Оптике» Евклид ввёл понятие светового луча и впервые сформулировал закон прямолинейного распространения света: «Лучи распространяются по прямой линии и уходят в бесконечность». Далее Евклид проанализировал геометрические задачи с применением этого закона: образование тени, получение изображений с помощью маленьких отверстий, задачу о видимых размерах тел и определение расстояний до них.

В «Катоптрике» Евклид отметил, что «всё, что видно, видно в направлении прямых линий». В этом трактате было исследовано пропускание света телами.

Затмения Солнца и Луны были известны задолго до Евклида. Астрономы Египта и Месопотамии на протяжении веков регистрировали наблюдаемые затмения.

На основании этих данных было установлено, что затмения Солнца и Луны повторяются с одинаковыми интервалами и в той же последовательности через каждые 18 лет, 11 дней и 8 часов. Этот промежуток времени был назван *сáрос*. За это время в строго определённом порядке повторяются 43 солнечных и 28 лунных затмений. Эти сведения позволили **Фалесу из Милета** предсказать солнечное затмение, которое произошло в 585 году до н.э.

Правильное объяснение солнечных затмений в V веке до н.э. дал **Эмпедокл**, лунных – **Анаксагор**.

Затмения происходят и на планете Юпитер, имеющей несколько спутников. Четыре из них были открыты в 1610 году итальянским учёным Г. Галилеем с помощью изобретённой им подзорной трубы.

Изучая затмения одного из спутников Юпитера, датский астроном **Оле Рёмер** (1644–1710) в 1676 году определил время, за которое свет от Юпитера проходит расстояние, равное диаметру орбиты Земли.



Евклид (III в. до н.э.)

- **Источниками света** называются тела, которые создают и излучают собственный свет. **Светящиеся тела** – это тела, которые рассеивают падающий на них свет, становясь таким образом видимыми.
- Источники света могут быть **естественными** и **искусственными**.
- Тела, сквозь которые проходит свет, и чётко видны предметы, находящиеся за ними, называются **прозрачными** телами. Тела, через которые свет не проходит, называются **непрозрачными**. Тела, которые пропускают свет, но не позволяют чётко видеть предметы, расположенные за ними, называются **полупрозрачными** телами.
- Свет, который распространяется в ограниченной, обычно узкой, области пространства, называется **пучком света**.
- **Световой пучок** может быть **расходящимся**, **параллельным** или **сходящимся**, если он расширяется, не изменяется или сужается соответственно по мере распространения всё дальше от источника.
- Очень узкий пучок света называется **лучом света**.
- **В однородной среде свет распространяется прямолинейно**. Это закон прямолинейности распространения света – важный закон оптики. Он позволяет объяснить образование тени и полутени, солнечных и лунных затмений и т.д.



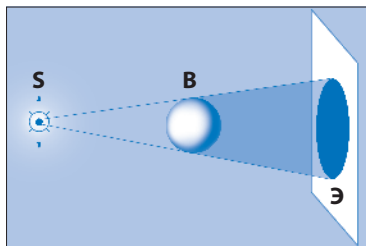
Солнечное затмение – фаза «бриллиантовое кольцо» Полное солнечное затмение

- Современные методы предсказания солнечных и лунных затмений основаны на знании движения Земли и Луны. С точностью до секунды было предсказано полное затмение Луны 15 июня 2011 года. 10 декабря 2011 года было ещё одно полное лунное затмение, а 4 июня 2012 года наблюдалось частичное лунное затмение. Частичное солнечное затмение, хорошо видимое в нашей стране, произошло 3 ноября 2013 года, а полное солнечное затмение можно будет наблюдать у нас 7 октября 2165 года.

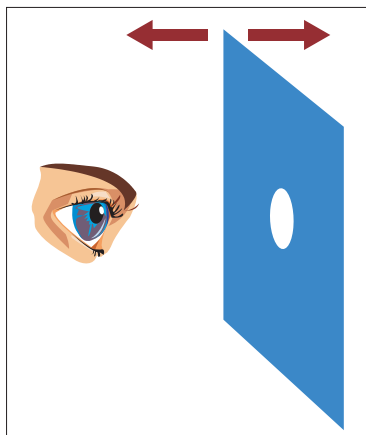


Тест для самооценивания

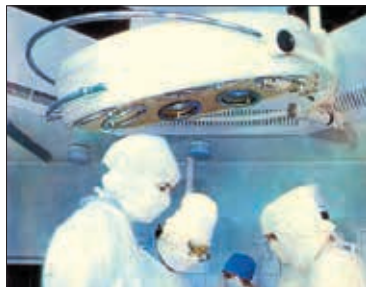
1. Распределите по двум столбцам следующие источники света и светящиеся тела: *полярное сияние, раскалённый докрасна железный стержень, тетрадь, морской маяк, пламя, окно, Луна, стена.*
2. Какие из перечисленных тел полупрозрачны: *абжур из цветного стекла, книга, листок целлофана, промасленная бумага, пластинка меди, доска, космическое пространство, оконное стекло, слой льда на окне.*
3. Чтобы оценить качество поверхности, обработанной рубанком, столяр смотрит вдоль этой поверхности. Какой закон оптики он использует?
4. На экране получена круглая тень шара **В** (рис. 5.23). Как будет изменяться форма тени при перемещении источника света **С** параллельно экрану **Э**?
5. В солнечный день ученик идёт по улице таким образом, что его тень находится сзади. Где будет находиться тень ученика, если он повернёт направо, на перпендикулярно расположенную улицу?
6. Ученик рассматривает окружающие тела через круглое отверстие, сделанное в куске картона (рис. 5.24). Когда он видит больше тел: при приближении к глазу картона или при удалении? Аргументируйте ответ.
7. Фотография на рисунке 5.19. а была сделана во время солнечного затмения. Как можно объяснить полученное изображение?
8. Какое затмение происходит, когда Солнце и Луна находятся по разные стороны от Земли?
9. Объясните, почему установки для освещения операционного стола (рис. 5.25) имеют несколько источников света, а не один, более мощный.



5.23. Как изменяется форма тени?



5.24. Когда видно больше тел?



5.25. Установка для освещения операционного стола

Самооценивание. За каждый правильный ответ даётся по 1 баллу. К полученной сумме добавляем ещё 1 балл. Это – заслуженная вами оценка.



Тесты для итогового самооценивания

Вариант А

1. Вы часто наблюдаете, как шевелятся листья деревьев, колыхается трава и т.д. Считается, что это движение обусловлено ветром, воздушными потоками. Предложите опыт, который подтвердил бы правильность этого объяснения. (1,5 б.)

2. Одно из нижеследующих утверждений ложно. Найдите его (0,7 б.) и измените таким образом, чтобы оно стало верным (+0,8 б.; всего 1,5 б.).

а) Измерение объёма жидкости мензуркой – это прямое измерение, а измерение объёма деревянного куба путём измерения длин его рёбер миллиметровой линейкой – косвенное измерение.

б) Северный полюс магнитной стрелки направлен к южному географическому полюсу.

в) Солнечное затмение происходит тогда, когда Луна находится между Землёй и Солнцем.

3. Дополните фразы (I–IV) вариантами (а–в) таким образом, чтобы получились верные утверждения.

I. При тепловом расширении расстояние между молекулами

II. При нагревании плотность твёрдого тела

III. В результате нагревания тела его масса

IV. При повышении температуры жидкости её объём

а) уменьшается;

б) не изменяется;

в) увеличивается.

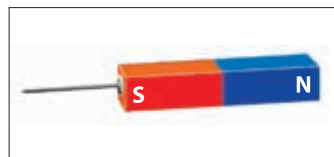
Напишите в тетради ответ в виде:

I – ... ; II – ... ; III – ... ; IV – (4 x 0,5 б.)

4. Каким полюсом является острый конец железного гвоздя, шляпка которого притянута южным полюсом полосового магнита (см. рисунок)? (1 б.)

5. Ночью, находясь в тёмной комнате, вы замечаете на стене, противоположной окну, пятна света, отбрасываемого фарами автомобиля, которые перемещаются в направлении с юга на север. В каком направлении движется автомобиль? (1,5 б.)

6. Масса сосуда с водой на 125 г больше массы того же сосуда, заполненного керосином. Чему равен объём сосуда? Плотность воды равна 1 г/см^3 , а керосина – $0,82 \text{ г/см}^3$. (1,5 б.)



Самооценивание. К сумме баллов, полученных за правильные ответы, прибавьте 1 балл. Полученный результат округлите до целого числа. Это – заслуженная вами оценка.

Вариант Б

1. Вы знаете, что расширение жидкостей более выражено, чем расширение твёрдых тел. Предложите простой опыт, который позволил бы проверить это утверждение. (1,5 б.)

2. Одно из нижеследующих утверждений ложно. Найдите его (0,7 б.) и измените таким образом, чтобы оно стало верным (+0,8 б.; всего 1,5 б.).

а) если два тела равной массы имеют разные объёмы, то плотность вещества тела, занимающего меньший объём, меньше плотности вещества тела с большим объёмом.

б) тела из алюминия не влияют на полюсы магнитной стрелки, которая может вращаться свободно.

в) образование тени и полутени непрозрачных тел объясняется законом прямолинейного распространения света в однородной среде.

3. Дополните предложения (I–IV) вариантами (а–в) таким образом, чтобы получились верные утверждения.

I. Тела, наэлектризованные трением одного о другое

II. В результате электризации при соприкосновении соответствующие тела

III. Два металлических тела, наэлектризованные равными по величине, но противоположными по знаку зарядами, после приведения их в соприкосновение, а затем разделения

IV. Нейтральное тело получило определённое количество электронов от положительно заряженного тела. Эти тела

а) притягиваются;

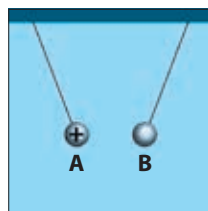
б) отталкиваются;

в) не взаимодействуют.

Напишите в тетрадь ответ в виде:

I – ...; II – ...; III – ...; IV – (4 x 0,5 б.)

4. Какой знак имеет электрический заряд шарика **В** на приведённом рисунке? (1 б.)



5. Ученик должен закрутить гайку на болте. Он подержал один из этих предметов в морозильной камере, после чего легко выполнил операцию. Что побывало в морозильной камере: гайка или болт? Обоснуйте ответ. (1,5 б.)

6. Внутри алюминиевого тела массой 270 г сделана полость (удалена часть алюминия). После заполнения этой полости керосином общая масса алюминия и керосина стала равной 232 г. Определите объём полости. Плотность алюминия равна $2,7 \text{ г/см}^3$, а керосина – $0,8 \text{ г/см}^3$. (1,5 б.)

Самооценивание. К сумме баллов, полученных за правильные ответы, прибавьте ещё 1 балл. Полученный результат округлите до целого числа. Это – заслуженная вами оценка.

а) Плотность некоторых веществ

Вещество	ρ , г/см ³	ρ , кг/м ³	Вещество	ρ , г/см ³	ρ , кг/м ³
Твёрдые тела					
Алюминий	2,7	2 700	Никель	8,9	8 900
Серебро	10,5	10 500	Свинец	11,3	11 300
Золото	19,3	19 300	Пробка	0,24	240
Ель (древесина)	0,4	400	Дуб (древесина)	0,8	800
Железо, сталь	7,8	7 800	Стекло (оконное)	2,5	2 500
Лёд	0,9	900	Цинк	7,1	7 100
Жидкости					
Морская вода	1,03	1 030	Молоко	1,03	1 030
Вода при 4 °С	1,0	1 000	Ртуть	13,6	13 600
Бензин	0,7	700	Керосин	0,8	800
Глицерин	1,26	1 260	Масло (растит.)	0,8	800
Газы					
Воздух	0,00129	1,29	Неон	0,009	0,9
Азот	0,00125	1,25	Оксид углерода	0,00198	1,98
Гелий	0,00018	0,18	Кислород	0,00443	4,43
Водород	0,00009	0,09	Пропан	0,002	2,0

б) Кратные и дольные единицы физических величин

Кратные	Обозначение	Множитель	Дольные	Обозначение	Множитель
дека-	да-	10	деци-	д-	0,1
гекто-	г-	100	санти-	с-	0,01
кило-	к-	1 000	милли-	м-	0,001
мега-	М-	1 000 000	микро-	мк-	0,000001

Ваш первый физический словарь

А

- ареометр** (стр. 33) прибор, непосредственно показывающий плотность жидкости, в которую он погружён
- атом** (стр. 44) наименьшая частица вещества, сохраняющая химические свойства соответствующего элемента

В

- вес тела** (стр. 36) сила, с которой тело действует на горизонтальную опору или нить подвеса
- вещество простое** (стр. 44) вещество, состоящее из одинаковых атомов
- вещество сложное** (стр. 44) вещество, образованное молекулами, состоящими из разных атомов
- взаимодействие** (стр. 25) взаимное действие тел друг на друга
- взвешивание** (стр. 29) процедура измерения массы тела

Г

- гром** (стр. 75) грохот, сопровождающий молнию и удар молнии

Д

- движение механическое** (стр. 23) механическое состояние тела, которое с течением времени изменяет своё положение относительно выбранного тела отсчёта
- действие** (стр. 25) влияние, оказываемое одним телом на другое
- деление шкалы** (стр. 13) промежуток между двумя соседними штрихами шкалы измерительного прибора
- деформация** (стр. 26) изменение формы или размеров тела в результате действия на него других тел
- динамометр** (стр. 27) прибор для измерения величины приложенной силы
- диффузия** (стр. 47) взаимное проникновение молекул одного вещества в промежутки между молекулами другого вещества

З

- заряд электрический** (стр. 62) физическая величина, характеризующая степень электризации тела
- заряд электрический элементарный** (стр. 68) наименьший по величине электрический заряд, существующий в природе в свободном состоянии
- затмение Луны** (стр. 95) полное или частичное исчезновение из видимости Луны вследствие её попадания в конус земной тени
- затмение Солнца** (стр. 94) полное или частичное исчезновение диска Солнца на небе из-за того, что между Землёй и Солнцем находится Луна

И

- измерение** (стр. 12) сравнение данной физической величины с величиной той же физической природы, принятой за единицу

измерение косвенное (стр. 12)	вычисление значения физической величины по формуле, которая выражает данную величину через другие величины, полученные в результате прямых измерений
измерение прямое (стр. 12)	непосредственное измерение физической величины соответствующим прибором
изоляторы (стр. 65)	вещества, в которых электрические заряды остаются в местах, где были получены
инертность (стр. 28)	свойство тела сохранять состояние покоя или прямолинейного движения в отсутствие внешнего воздействия
инерция (стр. 28)	явление сохранения телом состояния покоя или прямолинейного движения, пока оно не подвержено внешнему воздействию
источник света (стр. 86)	тело, которое создаёт и испускает свет

К

килограмм (стр. 29)	единица массы в Международной системе единиц (СИ), обозначение – кг
компас (стр. 79)	прибор для определения направления на полюсы Земли
кристалл (стр. 46)	твёрдое вещество с упорядоченной внутренней структурой

Л

луч света (стр. 90)	очень узкий пучок света
----------------------------------	-------------------------

М

магнит (стр. 77)	тело, обладающее свойством притягивать тела, содержащие железо
масса (стр. 29)	одна из основных физических величин, характеризующая инертность тела
маятник электростатический (стр. 70)	маленький лёгкий шарик, обёрнутый металлической фольгой и подвешенный на тонкой изолирующей нити
медный купорос (стр. 47)	ядовитое (токсичное) химическое вещество, используемое для опрыскивания фруктовых деревьев и виноградников
мензурка (стр. 13)	градуированный стеклянный или прозрачный пластиковый сосуд
молекула (стр. 41)	наименьшая частица вещества, сохраняющая все его химические свойства
молниеотвод (громоотвод) (стр. 76)	устройство для защиты зданий от удара молнии (металлический стержень с заострённым концом, поднятый выше защищаемых объектов и связанный толстым проводником с массивным металлическим телом, закопанным в землю)
молния (стр. 75)	световой эффект электрического разряда между двумя облаками или областями одного облака, имеющими электрические заряды разного знака

Н

наблюдение (стр. 9)	процесс внимательного слежения за протеканием явления
намагничивание (стр. 77)	явление приобретения телом магнитных свойств
ньютон (стр. 27)	единица силы в Международной системе единиц (СИ), обозначение – Н

О

однородная среда (стр. 91)	среда, свойства которой одинаковы в любых местах
опыт (эксперимент) (стр. 9)	намеренное (искусственное) воспроизведение изучаемого явления

П

плотность вещества (стр. 33)	физическая величина, равная отношению массы тела к его объёму
покой (стр. 23)	механическое состояние тела, в котором его положение относительно тела отсчёта не изменяется с течением времени
положение тела (стр. 38)	место, занимаемое телом в пространстве
полутень (стр. 94)	область, куда свет попадает только от одного из источников света или от его части
полюс магнитный (стр. 78)	область магнита, где магнитные свойства наиболее выражены
пределы измерения (стр. 13)	максимальное и минимальное значения величины, которые могут быть измерены прибором
проводники (стр. 65)	вещества, в которых электрические заряды перемещаются свободно
пучок света (стр. 89)	свет, который распространяется в ограниченной области пространства

Р

распространение света (стр. 89)	процесс передачи света
--	------------------------

С

сила (стр. 27)	физическая величина, характеризующая взаимодействие и определяющая его эффекты
сила тяжести (стр. 35)	сила, с которой Земля притягивает любое тело, находящееся вблизи неё
султан электрический (стр. 65)	металлический стержень с узкими полосками бумаги, прикреплёнными к одному из его концов

Т

тело наэлектризованное (стр. 62)	тело, получившее или отдавшее электрический заряд
тело нейтральное (стр. 62)	ненаэлектризованное тело (заряд которого равен нулю)
тело непрозрачное (стр. 87)	тело, через которое свет не проходит
тело отсчёта (стр. 23)	тело, относительно которого определяется положение рассматриваемого тела
тело полупрозрачное (стр. 87)	тело, пропускающее свет, но не позволяющее чётко видеть расположенные за ним предметы
тело прозрачное (стр. 86)	тело, пропускающее свет и позволяющее чётко видеть предметы, расположенные за ним
температура (стр. 49)	физическая величина, характеризующая степень нагретости тел
тьень (стр. 93)	область за телом, куда не попадает свет
тепловое равновесие (стр. 51)	состояние различных тел, находящихся в контакте и имеющих одинаковую температуру
тепловое расширение (стр. 54)	увеличение размеров тела при нагревании

тепловое сжатие (стр. 54)	уменьшение размеров тел при охлаждении
термометр (стр. 49)	прибор для измерения температуры тел, находящихся с ним в контакте

У

удар молнии (стр. 75)	световой эффект, сопровождающий электрический разряд между заряженным облаком и каким-либо телом на Земле
умозаключение (стр. 11)	процесс получения выводов путём логического суждения
ускорение свободного падения (стр. 37)	отношение силы тяжести к массе тела

Ц

цена деления (стр. 13)	значение физической величины, приходящееся на промежуток между двумя соседними штрихами (точками) шкалы измерительного прибора
центр тяжести тела (стр. 35)	точка приложения силы тяжести

Ш

шкала измерительного прибора (стр. 13)	совокупность штрихов или точек, которые соответствуют значениям измеряемой физической величины
---	--

Э

электризация при соприкосновении (стр. 70)	электризация тела при касании его другим заряженным телом
электризация трением (стр. 62)	переход тела из нейтрального состояния в наэлектризованное при трении его о другое тело
электризация через влияние (стр. 72)	электризация тела на расстоянии при приближении к нему заряженного тела
электрический разряд в газах (стр. 74)	переход электрических зарядов с одного тела на другое через газы
электрометр (стр. 67)	электроскоп со стрелкой и шкалой
электрон (стр. 68)	частица с отрицательным элементарным электрическим зарядом
электроскоп (стр. 66)	прибор для изучения состояния наэлектризованности тел
этalon (стр. 12)	совершенный образец меры какой-либо величины, изготовленный с высокой точностью и официально принятый в качестве основы для сравнения
эффект взаимодействия, динамический (стр. 26)	изменение состояния движения тел в результате взаимодействий с другими телами
эффект взаимодействия, статический (стр. 26)	деформация тел в результате взаимодействий с другими телами

Я

ядро (стр. 68)	массивная положительно заряженная частица, расположенная в центре атома
-----------------------------	---

Acest manual este proprietatea Ministerului Educației al Republicii Moldova.

Gimnaziul/Liceul				
Manualul nr.				
Anul de folosire	Numele de familie și prenumele elevului	Anul școlar	Aspectul manualului	
			la primire	la restituire
1				
2				
3				
4				
5				

- Dirigințele trebuie să controleze dacă numele elevului este scris corect.
- Elevul nu trebuie să facă niciun fel de însemnări pe pagini.
- Aspectul manualului (la primire și la restituire) se va aprecia folosind termenii: *nou, bun, satisfăcător, nesatisfăcător*.