Е. Н. ФИЛАТОВ

Ф И З И К А

7

Экспериментальный учебник

Часть 1

Строение вещества.
Взаимодействие тел

МОСКВА – 2009

Всероссийская школа математики и физики
«АВАНГАРД»

Е. Н. ФИЛАТОВ

ФИЗИКА

7

Экспериментальный учебник

Часть 1

Строение вещества.
Взаимодействие тел

5-е издание

МОСКВА – 2009

Филатов Е.Н. **ФИЗИКА – 7. Часть 1. Строение вещества. Взаимодействие тел:** Учебник для общеобразовательных учебных заведений.– 5-е изд. М.: ВШМФ «Авангард», 2009. – 304 с.

Оригинальный учебник, написанный по авторской программе, предназначен для учащихся 7 класса общеобразовательных школ. Главная цель учебника – научить учащихся самостоятельно решать задачи, поэтому большое количество задач предлагается для самостоятельного решения.

Все задачи условно разбиты на пять категорий сложности: очень легкие, легкие, средней трудности, трудные, очень трудные. Очень легкие задачи – это стандартные задачи из традиционных школьных учебников, а очень трудные соответствуют уровню вступительных экзаменов в наиболее престижные вузы Москвы: МФТИ, МГУ, МИФИ.

К большинству задач приведены «подсказки» – краткие рекомендации к их решению и ответы.

В учебнике предусмотрена уровневая дифференциация: значительная часть материала выходит за рамки обязательного минимума содержания и адресована учащимся, проявляющим повышенный интерес к физике. Обязательный материал отмечен жирной чертой.

© *Филатов Е.Н., 2009*
© *Всероссийская школа математики и физики «Авангард», 2009*

ISBN

СОДЕРЖАНИЕ

От автора *4*

§ 1. Что изучает физика? *5*

§ 2. Физические уравнения – уравнения, в которых одни только буквы, а чисел почти совсем нет *10*

§ 3. Запись чисел с помощью степени числа 10 *27*

§ 4. Длина, площадь, объём: единицы измерения *39*

§ 5. Измерения и измерительные приборы *50*

§ 6. О точности измерений и точности вычислений *61*

§ 7. Немного геометрии: прямоугольник, прямоугольный параллелепипед, окружность, круг, цилиндр, шар *72*

§ 8. Тепловое расширение твёрдых тел и жидкостей *81*

§ 9. Молекулярное строение вещества *91*

§ 10. Движение молекул. Температура тела. Диффузия. Броуновское движение *95*

§ 11. Взаимодействие молекул *100*

§ 12. Три состояния вещества и их особенности *103*

§ 13. Масса *109*

§ 14. Плотность *115*

§ 15. Механическое движение. Движение и покой. Траектория. Путь. Прямолинейное и криволинейное движение. Время в пути *152*

§ 16. Средняя путевая скорость *158*

§ 17. Равномерное движение *177*

§ 18. Какие бывают силы? *201*

§ 19. Как измерить силу? Как изобразить силу? Равнодействующая *210*

§ 20. Что такое инерция? *224*

§ 21. Взаимодействие тел *230*

§ 22. О силах подробнее: сила упругости, сила тяготения, сила тяжести, вес, сила трения *239*

Подсказки *268*

Ответы *285*

Дорогой читатель!

Главная цель этой книги — помочь вам научиться физике. Научиться – не значит выучить и запомнить определенную информацию, научиться — значит понять.

А для того чтобы предмет стал понятным (а следовательно, и интересным!) необходимо постоянно думать самому, отвечая на вопросы или решая задачи. Вопросов и задач в учебнике *очень много*. Все они разбиты на пять категорий трудности: очень лёгкие, лёгкие, средней трудности, трудные и очень трудные. Как говорится, на любой вкус.

Работать с учебником надо так: вы читаете текст параграфа сначала до того места, где написано: «СТОП! Решите самостоятельно: (далее следуют номера задач)». Тут надо остановиться и решить указанные задачи (письменно, в тетради!).

Если задача не получается, то есть непонятно, как к ней подступиться, загляните в конец учебника в раздел «Подсказки». Вполне возможно, что, прочитав подсказку, вы решите задачу. После того как задача решена, обязательно посмотрите в конце учебника ответ и убедитесь, что ваш ответ правильный. Только после этого переходите к следующей задаче. Если какая-то задача «упорно» не решается, оставьте её на время и переходите к следующей.

После того как параграф пройден и все указанные задачи решены, будет замечательно, если вы решите все оставшиеся ещё не решёнными вами задачи в конце данного параграфа. Разумеется, по мере возможности. Решить ***все*** задачи удастся лишь самым сильным и трудолюбивым ученикам. Зато уж они-то будут знать физику ОЧЕНЬ ХОРОШО!

Не весь материал является обязательным для изучения. Обязательным является только текст, отмеченный на полях жирной чертой, все остальное — желательно. Очень желательно, например, чтобы вы не обращали внимания на черту и читали текст целиком. Такая же черта отмечает задачи, для решения которых достаточно знать только обязательный материал параграфа.

Предупреждаю: чем больше задач вы решите правильно, тем интереснее будет для вас физика! Не верите? Проверьте экспериментально!

Автор

§ 1. ЧТО ИЗУЧАЕТ ФИЗИКА?

Более двух тысяч лет назад древнегреческий ученый Аристотель написал книгу под названием «Физика», что в переводе с греческого означает «Природа». Вот так и возникла физика – наука о природе.

В те далёкие времена знания человечества о природе были достаточно скудные, поэтому оказалось возможным всё, что было известно о природе, изложить в одной книге. Трудно представить, каких размеров понадобилась бы книга, чтобы написать о ней всё, что известно человечеству о природе в настоящее время! Неудивительно, что природу сейчас изучает не одна только физика.

В средней школе изучают четыре науки о природе: физику, биологию, химию и географию. Прежде чем мы поговорим о том, что изучает физика, кратко отметим те вопросы, которые физика *не изучает.*

Какие явления не рассматривает физика?

1. Физика не рассматривает явления живой природы – этим занимается *биология.*

2. Физика не рассматривает явления, связанные с превращением одних веществ в другие – этим занимается *химия*.

3. Физика не занимается изучением Земли: её климатом, ландшафтом, а также хозяйственной деятельностью человека – этим занимается *география.*

Теперь перейдем к собственно физике и определим в общих, разумеется, чертах круг её «обязанностей».

Какие явления рассматривает физика?

1. *Механические явления* – это всё, что так или иначе связано с движением: падение камня на землю, движение планет, соударение шаров, сжатие пружины, полет ракеты и т.д.

2. *Тепловые явления* – это всё, что связано с передачей тепла: кипение воды в кастрюле, таяние льда, плавление стали в доменной печи, обогрев жилья за счет сжигания топлива и т.д.

3. *Звуковые явления* – это всё, что связано со звуком: звон струны, грохот взрыва, эхо и т.д.

4. *Электрические явления* – это всё, что связано с электрическим током: молнии, электрическое освещение, электросварка, электронагревательные приборы, электродвигатели и т.д.

5. *Магнитные явления* – это всё, что обусловлено действием магнитов: притяжение магнитом железных опилок, поворот стрелки компаса под действием огромного магнита – Земли и т.д.

6. *Световые явления* – это, как нетрудно догадаться, всё, что связано со светом: и образование тени, и отражение света зеркалом, и свечение лампы, и получение увеличенных изображений в микроскопах и телескопах, и исправление зрения с помощью очков, и образование радуги, и многое другое.

Кроме того, существуют ещё такие разделы, как молекулярная физика, ядерная физика, физика элементарных частиц, теория относительности... Но об этом речь впереди.

Читатель: По-моему, некоторые явления нельзя отнести к определенному типу. Например, нагрев электрического утюга – это одновременно и электрическое и тепловое явление. Или свечение электрической лампочки – это одновременно и световое, и электрическое явления.

Автор: Ваше замечание совершенно справедливо.

СТОП! Решите самостоятельно задачи: А1, Б1, В1 в конце параграфа.

Физическое тело. При рассмотрении механических явлений часто бывает неважно, какой именно предмет движется: самолёт, пуля или камень. Физики договорились любой предмет, встречающийся в мире, называть *физическим*

телом или просто *телом.* Поэтому, когда вы встретите в тексте задачи по физике фразу: «Тело падает с высоты 100 метров», пугаться не надо, потому что, во-первых, падает, скорее всего, не человеческое тело, а во-вторых, уж точно не ваше.

Вещество. Как вы знаете, все физические тела состоят из определенных *веществ*. Например, чайная ложка может быть серебряной, стальной или алюминиевой. Чашки обычно фарфоровые или фаянсовые, корпуса авторучек – пластмассовые, линейки – деревянные и т.д. Понятно, что из одного вещества состоят только достаточно простые предметы, а та же лопата и то состоит из двух веществ: дерева и стали.

СТОП! Решите самостоятельно задачи: А4, Б6, В5.

Наблюдение и опыт. Многие явления природы (хотя далеко и не все) можно *наблюдать.* Так, можно наблюдать, например, падение яблока с ветки, молнию во время грозы, радугу после дождя и многое другое.

Думаю, вы согласитесь, что наблюдение – важный источник информации об окружающем мире. Но для того, чтобы как следует изучить то или иное явление, одних наблюдений, как правило, не достаточно. Надо попробовать воспроизвести изучаемое явление самостоятельно, то есть поставить *опыт.* Например, Галилео Галилей, желая изучить движение свободно падающего тела, бросал шарики со знаменитой Пизанской башни (рис. 1.1). Это, кстати, был один из первых в истории физических опытов.

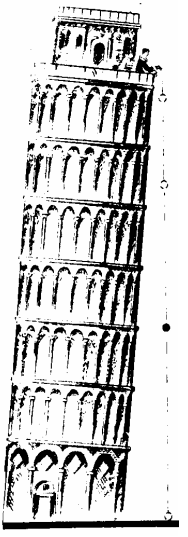


Рис. 1.1

СТОП! Решите самостоятельно задачи: А5, А6, А7.

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

Задачи очень лёгкие

А1. Приведите примеры механических явлений.

А2. Приведите примеры тепловых явлений.

А3. Приведите примеры звуковых явлений.

А4. Укажите, что относится к понятию «физическое тело», а что – к понятию «вещество»: самолёт, космический корабль, медь, авторучка, фарфор, вода, автомобиль.

А5. Мальчик во время грозы наблюдал яркие молнии. В кабинете физики он видел электрофорную машину, с помощью которой старшеклассники получали электрические искры. Они говорили, что искры начинают проскакивать между разрядниками машины при определённом расстоянии между ними. В каком случае данное явление изучалось путём наблюдения, а в каком – путём постановки опыта?

А6. Летним утром на траве обнаружили капельки росы. На наружной стороне специально охлаждаемого металлического сосуда получены капельки влаги. В каком случае явление образования росы изучалось путём наблюдения, а в каком – путём постановки опыта?

А7. Путешественники были восхищены яркой, многоцветной радугой и описали её в своих путевых дневниках. Ученики в физическом кабинете с помощью стеклянной призмы получили на экране окрашенную всеми цветами радуги полоску – спектр и описали последовательность цветов в нём. В каком случае изучение явления проводилось путём наблюдения, а в каком – путём постановки опыта?

Задачи лёгкие

Б1. Какие из перечисленных явлений относятся к физическим:

а) закипела вода в чайнике;

б) молоко прокисло в стакане;

в) в печи сгорели дрова;

г) булавка притянулась к намагниченным ножницам;

д) стальной нож заржавел;

е) распустился подснежник;

ж) прозвенел звонок с урока?

Б2. Приведите примеры электрических явлений.

Б3. Приведите примеры магнитных явлений.

Б4. Приведите примеры световых явлений.

Б5. Назовите вещества, из которых состоят следующие тела: ножницы, стакан, футбольная камера, лопата, карандаш.

Б6. Из каких веществ состоят следующие предметы (физические тела): вязальная спица, швейная игла, чайный стакан, книга, письменный стол, школьный пенал, ученическая линейка?

Б7. Приведите примеры физических тел, состоящих:

а) из одного и того же вещества;

б) из различных веществ одинакового названия и назначения.

Б8. Назовите физические тела, которые могут быть сделаны из стекла, резины, древесины, стали, пластмассы.

Б9. Мальчики во время похода попали в грозу. Они обратили внимание на то, что гром слышен всегда после удара молнии. Какое предположение можно сделать на основании этих наблюдений?

Задачи средней трудности

В1. Какие из перечисленных ниже явлений следует отнести к физическим:

а) расчёска, которой расчесали волосы, притянула к себе мелкие кусочки бумаги;

б) весной повсюду зазеленела трава;

в) солнечный лучик отразился от зеркала, и на стене комнаты появился «зайчик»;

г) белая бумага, оставленная на ярком солнце, пожелтела;

д) кусок мела упал и сломался;

е) на питательном растворе выросла колония микроорганизмов?

В2. Предлагаемую ниже таблицу начертите в тетради и впишите в неё слова, относящиеся к механическим, звуковым, тепловым, электрическим, световым явлениям: шар катится, свинец плавится, холодает, слышны раскаты грома, снег тает, звезды мерцают, вода кипит, наступает рассвет, эхо, плывет бревно, маятник часов колеблется, облака движутся, гроза, летит голубь, сверкает молния, шелестит листва, горит электрическая лампа.

Механические	Тепловые	Звуковые	Электрические	Световые

В3. Назовите два–три физических явления, которые наблюдаются при выстреле пушки.

В4. Назовите известное вам вещество. Приведите названия, по крайней мере, пяти предметов (тел), изготовленных из этого вещества.

В5. Начертите в тетради таблицу и распределите в ней следующие слова: свинец, гром, рельсы, пурга, алюминий, рассвет, буран, Луна, спирт, ножницы, ртуть, снегопад, стол, медь, вертолёт, нефть, кипение, метель, выстрел, наводнение.

Физическое тело	Вещество	Явление

§ 2. ФИЗИЧЕСКИЕ УРАВНЕНИЯ – УРАВНЕНИЯ, В КОТОРЫХ ОДНИ ТОЛЬКО БУКВЫ, А ЧИСЕЛ ПОЧТИ СОВСЕМ НЕТ

Вы уже имеете определенный опыт решения уравнений в курсе математики. Физические уравнения отличаются от привычных математических уравнений тем, что состоят они практически только из букв, одни из которых обозначают известные величины, а другие – неизвестные. Решить такое уравнение – это значит выразить неизвестную искомую величину через известные величины.

В данном параграфе мы потренируемся в решении физических уравнений, которые потом будут появляться у нас в процессе решения физических задач.

Прежде всего, отметим, что в физических уравнениях используются как большие (прописные), так и малые (строчные) латинские буквы, а также некоторые буквы греческого

алфавита (главным образом малые). Кроме того, часто используются буквы с индексами, например: $P_к$, F_A, m_1, m_2 и т.д. Ясно, что буквы m_1 и m_2 обозначают разные величины.

Буквы, которые будут использоваться в этом учебнике

1. Латинские прописные: *A* (а), *D* (де), *E* (э), *F* (эф), *G* (ге), *H* (га), *L* (эль), *M* (эм), *N* (эн), *P* (пе), *Q* (ку), *R* (эр), *S* (эс), *T* (те), *V* (ве).

2. Латинские строчные: *a* (а), *b* (бе), *c* (це), *d* (де), *f* (эф), *g* (ге), *h* (га), *k* (ка), *l* (эль), *m* (эм), *n* (эн), *p* (пе), *r* (эр), *s* (эс), *t* (те), *u* (у), *v* (ве), *x* (икс), *y* (ипсилон).

Читатель: А почему на уроках математики латинскую букву *y* (ипсилон) мы называли не «ипсилон», а «игрек»?

Автор: Давайте разберёмся с игреком. Это слово пришло к нам от французских математиков: они почему-то называли латинскую букву *y* (ипсилон) *греческой* i. А по-французски это звучит так: i grec (и грек). Этот *игрек* так прочно прижился у математиков, что тут уж ничего не поделаешь. Так что и мы с Вами можем со спокойной совестью называть латинский ипсилон игреком: иначе нас могут не понять.

3. Греческая прописная: Δ (дéльта).

4. Греческие строчные: δ (дéльта), η (э́та), ρ (ро), π (пи), τ (тáу).

Строчная греческая буква π будет использоваться исключительно для обозначения числа Пи:

$$\pi = 3{,}141592654\ldots,$$

которое равно отношению длины окружности к диаметру.

Особо скажем о прописной греческой букве Δ (дéльта). В физике она обычно используется *не для обозначения какой-либо физической величины*, а для обозначения *изменения физической величины.* Например, запись Δa означает:

Δa = (изменение величины *a*) = (конечное значение величины *a*) – (начальное значение величины *a*),

то есть если утром температура воздуха была равна $t^{\text{нач}}$ = = 20 °C, а днем $t^{\text{кон}}$ = 30 °C, то *изменение температуры* равно:

$$\Delta t = t^{\text{кон}} - t^{\text{нач}} = 30°\text{C} - 20°\text{C} = 10°\text{C}.$$

Итак, запомните: две буквы Δa обозначают *не* произведение величины Δ на величину a, а одну величину Δa, точно так же, как два слова «Петя Иванов» обозначают одного человека, а не двух.

Решение физических уравнений

Прежде чем мы приступим к физическим уравнениям, давайте вспомним, как решаются привычные нам математические уравнения первой степени с одним неизвестным.

Пример 2.1. $2x = 3$.

Читатель: Это уж слишком просто! $x = \frac{3}{2}$.

Автор: А Вы уверены, что x равен именно $\frac{3}{2}$, а не $\frac{2}{3}$?

Читатель: Да, в общем-то.

Автор: А на чем основана Ваша уверенность?

Читатель: Честно говоря, я над этим не задумывался…

Автор: Давайте разберемся. Пусть у нас имеется верное числовое равенство, например: 5 = 5. Если мы разделим обе части этого равенства на одно и то же число, не равное нулю, то равенство не нарушится. Например: $\frac{5}{3} = \frac{5}{3}$ или $\frac{5}{101} = \frac{5}{101}$ и т.д. Наше уравнение $2x = 3$ – это тоже равенство. И если мы разделим обе части этого равенства на одно и то же число, не равное нулю, то равенство не нарушится. Разделим обе части уравнения на 2 и получим: $\frac{2x}{2} = \frac{3}{2}$.

Сокращаем двойки: $\frac{2x}{2} = \frac{3}{2}$ и получаем ответ: $\underline{x = \frac{3}{2}}$.

Пример 2.2. $ax = b$.

Читатель: Разделим обе части уравнения на a и получим ответ:

$$\frac{ax}{a} = \frac{b}{a} \Rightarrow x = \frac{b}{a}.$$

(Здесь и далее стрелка $\Rightarrow$ означает: «отсюда следует».)

Автор: Подождите! Я же не сказал Вам, какую величину надо найти. Это в математике неизвестное всегда обозначают через x или уж в крайнем случае через y, а в физике это совершенно необязательно. Пусть x и b – известные величины, а найти надо a.

Читатель: Тогда $\frac{ax}{x} = \frac{b}{x} \Rightarrow \underline{a = \frac{b}{x}}$.

Автор: Совершенно верно. Замечу лишь, что это справедливо, если $x \neq 0$.

СТОП! Решите самостоятельно: А1 (а), А2 (а), А3 (а), А4 (а), А5 (а).

Уравнения, в которых неизвестное содержится только в одной части уравнения

Пример 2.3. $A = Fh$; $h = ?$

Договоримся, что в этом и всех последующих примерах данного параграфа все величины в уравнениях, кроме тех, которые требуется определить, считаются известными.

Разделим обе части уравнения на F. Получим:

$$\frac{A}{F} = \frac{F \cdot h}{F}.$$

Дробь в правой части можно сократить:

$$\frac{A}{F} = \frac{F \cdot h}{F} \Rightarrow \frac{A}{F} = h.$$

Поменяв местами правую и левую части, получим окончательный ответ:

$$\underline{h = \frac{A}{F}}.$$

СТОП! Решите самостоятельно: Б1 (а), Б2, Б3 (а), Б4 (а), Б5 (а).

Пример 2.4. $p = \rho gh$; $\rho = ?$

Разделим обе части уравнения на gh, получим:

$$\frac{p}{gh} = \frac{\rho \cancel{gh}}{\cancel{gh}} \Rightarrow \frac{p}{gh} = \rho \Rightarrow \underline{\rho = \frac{p}{gh}}.$$

СТОП! Решите самостоятельно: В1 (а), В2 (а), В3 (а).

Пример 2.5. $F_1h_1 = F_2h_2$; $h_2 = ?$

Разделим обе части уравнения на F_2, получим:

$$\frac{F_1h_1}{F_2} = \frac{\cancel{F_2}h_2}{\cancel{F_2}} \Rightarrow \frac{F_1h_1}{F_2} = h_2 \Rightarrow \underline{h_2 = \frac{F_1h_1}{F_2}}.$$

СТОП! Решите самостоятельно: Б12 (а), Б13 (а), Б14 (а), Б15 (а).

Пример 2.6. $\frac{A}{l} = F$, $A = ?$

Умножим обе части уравнения на l, получим:

$$\frac{A}{l} \cdot l = F \cdot l \Rightarrow \frac{A \cdot \cancel{l}}{\cancel{l}} = Fl \Rightarrow \underline{A = Fl}.$$

СТОП! Решите самостоятельно: А11, А12, А13, А14, А15.

Пример 2.7. $b = \frac{s}{c}$; $s = ?$

Умножим обе части уравнения на c, получим:

$$b \cdot c = \frac{s}{c} \cdot c \Rightarrow bc = \frac{s\cancel{c}}{\cancel{c}} \Rightarrow bc = s \Rightarrow \underline{s = bc}.$$

СТОП! Решите самостоятельно: Б20, Б21, Б22, Б23, Б24.

Пример 2.8. $kh = p_0 - p$, $h = ?$

Разделим обе части уравнения на k, получим:

$$\frac{\cancel{k}h}{\cancel{k}} = \frac{p_0 - p}{k} \Rightarrow \underline{h = \frac{p_0 - p}{k}}.$$

СТОП! Решите самостоятельно: Б28 (а), Б29 (а), Б30 (а), Б31 (а), Б32 (а).

Пример 2.9. $S(h_2 - h_1) = V$, S = ?

Разделим обе части уравнения на $(h_2 - h_1)$, получим:

$$\frac{S\cancel{(h_2 - h_1)}}{\cancel{(h_2 - h_1)}} = \frac{V}{(h_2 - h_1)} \Rightarrow \underline{S = \frac{V}{(h_2 - h_1)}}.$$

СТОП! Решите самостоятельно: Б36, Б37, Б38, Б39, Б40.

Пример 2.10. $b = \frac{a}{x}$; x = ?

1. Умножим обе части уравнения на x, получим:

$$bx = \frac{a}{x} \cdot x \Rightarrow bx = \frac{a\cancel{x}}{\cancel{x}} \Rightarrow bx = a.$$

2. Разделим обе части уравнения на b, получим:

$$\frac{\cancel{b}x}{\cancel{b}} = \frac{a}{b} \Rightarrow \underline{x = \frac{a}{b}}.$$

СТОП! Решите самостоятельно: В17, В18, В19, В20, В21.

Пример 2.11. $\frac{b}{x} = c$; x = ?

1. Умножим обе части уравнения на x, получим:

$$\frac{b}{x} \cdot x = c \cdot x \Rightarrow \frac{b\cancel{x}}{\cancel{x}} = cx \Rightarrow b = cx.$$

2. Разделим обе части уравнения на c, получим:

$$\frac{b}{c} = \frac{c\cancel{x}}{\cancel{c}} \Rightarrow \frac{b}{c} = x \Rightarrow \underline{x = \frac{b}{c}}.$$

СТОП! Решите самостоятельно: В24, В25, В26, В27, В28.

Пример 2.12. $x + 2 = 3$.

Читатель: Ну, это пример для первого класса: $x = 3 - 2$, $\underline{x = 1}$.

Автор: А не могли ли Вы пояснить Ваши действия?

Читатель: А что тут особенно пояснять? Я перенес двойку из левой части уравнения в правую, поменяв её знак на противоположный. Вот и всё.

Автор: А *на каком основании* Вы перенесли двойку из левой части уравнения в правую, да ещё поменяв её знак на противоположный?

Читатель: Это такое правило.

Автор: Такое правило, конечно, существует, но важно понимать, на чем это правило основано.

Поясним это на конкретном примере. Рассмотрим числовое равенство:

$$2 + 3 = 5. \qquad (1)$$

Если мы отнимем от обеих частей этого равенства по тройке, то равенство не нарушится: $2 + 3 - 3 = 5 - 3$. Учитывая, что $3 - 3 = 0$, можем записать:

$$2 = 5 - 3. \qquad (2)$$

Итак, мы получили равенство (2) из равенства (1), произведя вычитание из обеих частей одного и того же числа 3. Но если мы сравним равенства (1) и (2), то увидим, что *чисто внешне* получилось так, как *если бы* мы перенесли число 3 из левой части равенства в правую, поменяв у него знак на противоположный.

Пример 2.13. $m_1 + m_2 = M$; $m_1 = ?$

Перенесем m_2 в правую часть уравнения, поменяв знак на противоположный, и получим ответ:

$$\underline{m_1 = M - m_2.}$$

СТОП! Решите самостоятельно: А20 (а), А21 (а), А22 (а), А23 (а), А24 (а).

Пример 2.14. $x - a = b$, $x = ?$

Перенесем $(-a)$ в правую часть, поменяв знак на противоположный, получим:

$$x - a = b \Rightarrow \underline{x = b + a.}$$

СТОП! Решите самостоятельно: А28, А29, А30, А31, А32.

Пример 2.15. $mg + P_1 = P_2$; m = ?

1. Перенесем P_1 в правую часть, поменяв знак на противоположный, получим:

$$mg + P_1 = P_2 \Rightarrow \underline{mg = P_2 - P_1}.$$

2. Разделим обе части уравнения на g, получим:

$$\frac{mg}{g} = \frac{P_2 - P_1}{g} \Rightarrow \underline{m = \frac{P_2 - P_1}{g}}.$$

СТОП! Решите самостоятельно: Б41, Б42, Б43, Б44, Б45 (а).

Пример 2.16. $a - x = b$, x = ?

Перенесем $(-x)$ в правую часть уравнения, а b – в левую, получим:

$$a - x = b \Rightarrow a - b = x \Rightarrow \underline{x = a - b}.$$

СТОП! Решите самостоятельно: Б50, Б51, Б52, Б53, Б54.

Пример 2.17. $P_c - \rho Vg = P_г$; V = ?

1. Перенесем $(-\rho Vg)$ в правую часть уравнения, а $P_г$ – в левую, получим:

$$P_c - \rho Vg = P_г \Rightarrow P_c - P_г = \rho Vg.$$

2. Разделим обе части уравнения на ρg, получим:

$$\frac{P_c - P_г}{\rho g} = \frac{\rho Vg}{\rho g} \Rightarrow \frac{P_c - P_г}{\rho g} = V \Rightarrow \underline{V = \frac{P_c - P_г}{\rho g}}.$$

СТОП! Решите самостоятельно: В31 (а), В32, В33 (а).

Пример 2.18. $F(h_1 - h_2) = A$; h_1 = ?

1. Разделим обе части уравнения на F, получим:

$$\frac{F(h_1 - h_2)}{F} = \frac{A}{F} \Rightarrow h_1 - h_2 = \frac{A}{F}.$$

2. Перенесем ($-h_2$) в правую часть, получим ответ:

$$h_1 - h_2 = \frac{A}{F} \Rightarrow \underline{h_1 = \frac{A}{F} + h_2}.$$

СТОП! Решите самостоятельно: В39, В40, В41.

Пример 2.19. $\rho gS(H - h) = F$; h = ?

1. Разделим обе части уравнения на ρgS, получим:

$$\frac{\cancel{\rho gS}(H - h)}{\cancel{\rho gS}} = \frac{F}{\rho gS} \Rightarrow H - h = \frac{F}{\rho gS}.$$

2. Перенесем ($-h$) в правую часть уравнения, а $\frac{F}{\rho gS}$ – в левую, получим:

$$H - h = \frac{F}{\rho gS} \Rightarrow H - \frac{F}{\rho gS} = h \Rightarrow \underline{h = H - \frac{F}{\rho gS}}.$$

СТОП! Решите самостоятельно: Г6, Г7, Г8.

Уравнения, в которых неизвестное содержится в обеих частях уравнения

Основная идея решения таких уравнений состоит в том, чтобы собрать все члены, содержащие неизвестную величину, в одной части уравнения, а не содержащие – в другой.

Пример 2.20. $3x + 2 = 2x + 4$; x = ?

$$3x + 2 = 2x + 4$$

$$-2x + 3x = +4 - 2 \Rightarrow \underline{x = 2.}$$

Пример 2.21. $ax + b = cx + d$; x = ?

1. Перенесем b в правую часть уравнения, а cx – в левую, получим:

$$ax + b = cx + d \Rightarrow -cx + ax = +d - b.$$

2. Вынесем за скобки x:

$$x(a - c) = d - b.$$

3. Разделим обе части уравнения на $(a - c)$, получим ответ:

$$\frac{x\cancel{(a-c)}}{\cancel{(a-c)}} = \frac{d-b}{a-c} \Rightarrow \underline{x = \frac{d-b}{a-c}}.$$

Пример 2.22. $u(t + \tau) = v\tau, \quad \tau = ?$

1. Раскроем скобки в левой части уравнения, получим:

$$u(t + \tau) = v\tau \Rightarrow ut + u\tau = v\tau.$$

2. Перенесем член уравнения $u\tau$, содержащий неизвестную величину τ, в правую часть, получим:

$$ut + u\tau = v\tau \Rightarrow ut = v\tau - u\tau.$$

3. Вынесем τ за скобки, получим:

$$ut = \tau(v - u).$$

4. Разделим обе части уравнения на $(v - u)$, получим ответ:

$$\frac{ut}{v-u} = \frac{\tau\cancel{(v-u)}}{\cancel{v-u}} \Rightarrow \underline{\tau = \frac{ut}{v-u}}.$$

СТОП! Решите самостоятельно: Г18, Г19, Г20, Г21.

Системы уравнений

Пример 2.23. $\begin{cases} 3x = 9; & (1) \\ yx = 15. & (2) \end{cases}$ $x = ? \quad y = ?$

Уравнение (1) содержит только одно неизвестное x, поэтому решить его не представляет труда:

$$x = \frac{9}{3} \Rightarrow x = 3.$$

Зная значение x, мы можем подставить его в уравнение (2) и найти y:

$$y \cdot 3 = 15 \Rightarrow y = \frac{15}{3} \Rightarrow y = 5.$$

Запишем ответ: $\begin{cases} x = 3; \\ y = 5. \end{cases}$

Пример 2.24. $\begin{cases} lk = L; & (1) \\ Vk^3 = V_0. & (2) \end{cases}$ k = ? V = ?

1. Из уравнения (1), которое содержит только одно неизвестное k, найдем k: $k = \frac{L}{l}$.

2. Подставим значение k в уравнение (2): $V\left(\frac{L}{l}\right)^3 = V_0$.

3. Умножим обе части уравнения на дробь $\frac{l^3}{L^3}$:

$$V\left(\frac{L}{l}\right)^3 \cdot \frac{l^3}{L^3} = V_0 \frac{l^3}{L^3} \Rightarrow V \frac{\cancel{L^3}}{\cancel{l^3}} \cdot \frac{\cancel{l^3}}{\cancel{L^3}} = V_0 \frac{l^3}{L^3} \Rightarrow V = V_0 \frac{l^3}{L^3}.$$

Запишем ответ: $\begin{cases} k = \frac{L}{l}; \\ V = V_0 \frac{l^3}{L^3}. \end{cases}$

СТОП! Решите самостоятельно: Г30, Г31, Г32, Г33.

Пример 2.25. $\begin{cases} x + y = 3; & (1) \\ x + 2y = 5. & (2) \end{cases}$ x = ? y = ?

В данной системе в каждое уравнение входят два неизвестных: x и y. Такую систему можно решить несколькими методами, из которых наиболее простой *метод подстановки*.

1. Выразим из уравнения (1) неизвестное x через неизвестное y:

$$x = 3 - y. \qquad (3)$$

2. Подставим это значение x в уравнение (2):

$$(3 - y) + 2y = 5 \Rightarrow 3 - y + 2y = 5 \Rightarrow 3 + y = 5 \Rightarrow$$
$$\Rightarrow y = 5 - 3 \Rightarrow y = 2.$$

3. Подставим это значение y в (3) и получим значение x:

$$x = 3 - y = 3 - 2 = 1.$$

Запишем окончательный ответ: $\begin{cases} x = 1; \\ y = 2. \end{cases}$

Пример 2.26. $\begin{cases} ut_1 = L; & (1) \\ ut_2 = L + s. & (2) \end{cases}$ u = ? L = ?

В данном случае в каждое уравнение системы входят два неизвестных u и L.

1. Из уравнения (1) выразим неизвестное L:

$$L = ut_1.$$

2. Подставим значение L в уравнение (2), получим:

$$ut_2 = ut_1 + s.$$

3. Это уравнение с одним неизвестным, решим его:

$$ut_2 = ut_1 + s \Rightarrow ut_2 - ut_1 = s \Rightarrow u(t_2 - t_1) = s \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{u(t_2 - t_1)}{t_2 - t_1} = \frac{s}{t_2 - t_1} \Rightarrow u = \frac{s}{t_2 - t_1}.$$

4. Подставим найденное значение u в уравнение (1) и получим неизвестное L:

$$\frac{s}{t_2 - t_1} \cdot t_1 = L \Rightarrow L = \frac{st_1}{t_2 - t_1}$$

Запишем окончательный ответ: $\begin{cases} u = \dfrac{s}{t_2 - t_1}; \\ L = \dfrac{st_1}{t_2 - t_1}. \end{cases}$

СТОП! Решите самостоятельно: Д9, Д10, Д11.

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

Задачи очень лёгкие

А1. $vt = s$; а) t = ? б) v = ?
А2. $mn = M$; а) m = ? б) n =?
А3. $nS_0 = S$; а) n = ? б) S_0 =?
А4. $m_2g = F_2$; а) m_2 = ?
б) g = ?
А5. $Nt = A$; а) N = ? б) t = ?
А6. $Fv = N$; а) F = ? б) v = ?
А7. $\eta A_3 = A_п$; а) η = ?
б) A_3 = ?
А8. $Fl = A$; а) F = ? б) l = ?
А9. $ab = S$; а) a = ? б) b = ?
А10. $\pi D = l$; D = ?
А11. $\frac{x}{a} = b$; x = ?
А12. $\frac{m}{V} = \rho$; m = ?
А13. $\frac{s}{t} = v$; s = ?
А14. $\frac{M}{m} = n$; M = ?
А15. $\frac{S}{S_0} = n$; S = ?
А16. $\frac{F_т}{g} = m$; $F_т$ = ?
А17. $\frac{A}{t} = N$; A = ?
А18. $\frac{A_1}{f_1} = S_1$; A_1 = ?
А19. $\frac{A}{h} = P$; A = ?
А20. $m_л + m_в = M$; а) $m_л$ = ?
б) $m_в$ = ?
А21. $v_1 + v_2 = V$; а) v_1 = ?
б) v_2 =?
А22. $x + m = m_1$; а) x = ?
б) m = ?
А23. $h_1 + h_2 = x$; а) h_1 = ?
б) h_2 = ?
А24. $P_в + P_с = P_а$; а) $P_в$ = ?
б) $P_с$ = ?
А25. $D = d + 2a$; d = ?
А26. $l = l_1 + l_2$; а) l_1 = ?
б) l_2 = ?
А27. $S = S_1 + S_2$; а) S_1 = ?
б) S_2 = ?
А28. $M – m_с = m_а$; M = ?
А29. $D – d = c$; D = ?
А30. $R – F_1 = F_2$; R = ?
А31. $l_1 – l_0 = \Delta l$; l_1 = ?
А32. $h_x – x = h_0$; h_x = ?
А33. $\Delta t = t_к – t_н$; $t_к$ = ?
А34. $m_в = m_р – m_к$; $m_р$ = ?
А35. $H = h – S$; h = ?

Задачи лёгкие

Б1. $V = SH$; а) S = ? б) H = ?
Б2. $S = na^2$; n = ?
Б3. $\tau = \tau_0 n$; а) τ_0 = ? б) n = ?
Б4. $\Delta S = u\tau$; а) u = ? б) τ = ?
Б5. $M = \rho V$; а) ρ = ? б) V = ?
Б6. $V = vn$; а) v = ? б) n = ?
Б7. $P = mg$; а) m = ? б) g = ?
Б8. $F = k\Delta l$; а) k = ? б) Δl = ?
Б9. $F_1 = k_1x_1$; а) k_1 = ?
б) x_1 = ?
Б10. $F = ps$; а) p = ? б) s = ?
Б11. $2m = \pi\rho d^2h$; m = ?
Б12. $mgh = Nt$; а) N = ?
б) t = ?
Б13. $FS=mgh$; а) F= ?
б) S = ?
Б14. $P_1l_1 = P_2l_2$; а) P_1 = ?
б) l_1 = ?

Б15. $2F\eta = mg$; а) m = ?
б) g = ?

Б16. $m_1v_1 = m_2v_2$; а) m_2 = ?
б) v_2 = ?

Б17. $F_1x_1 = F_2x_2$; а) F_1 = ?
б) x_1 = ?

Б18. $S_1h_1 = S_2h_2$; а) S_2 = ?
б) h_2 = ?

Б19. $vt = 2\pi R$; а) v = ?
б) t = ?

Б20. $c = \frac{V}{S}$; V = ?

Б21. $t = \frac{l}{v}$; l = ?

Б22. $v = \frac{l_0}{\tau}$; l_0 = ?

Б23. $S = \frac{v}{l}$; v = ?

Б24. $d = \frac{v_0}{S}$; v_0 = ?

Б25. $\eta = \frac{A_п}{A_з}$; $A_п$ = ?

Б26. $d = \frac{l}{\pi}$; l = ?

Б27. $k = \frac{l_1}{l_2}$; l_1 = ?

Б28. $vt = s_1 + s_2$; а) v = ?
б) t = ?

Б29. $v_1t_1 = s_1 – s_2$; а) v_1 = ? б) t_1 = ?

Б30. $u\tau = x_к – x_н$; а) u = ? б) τ = ?

Б31. $vt = L + l$; а) v = ?
б) t = ?

Б32. $\rho V = m_1 + m_2$; а) ρ = ?
б) V = ?

Б33. $\rho_в V = M_2 – M_1$;
а) $\rho_в$ = ? б) V = ?

Б34. $kh = p_0 – p$; а) h = ?
б) k = ?

Б35. $\rho gh = p_0 – p$; а) ρ = ?
б) g = ? в) h = ?

Б36. $\Delta m = V(\rho – \rho_1)$; V = ?

Б37. $M = \rho(V_н – V_к)$; ρ = ?

Б38. $v(F_1 + F_2) = N$; v = ?

Б39. $l(F_1 + F_{тр}) = A$; l = ?

Б40. $S(F – f) = A$; S = ?

Б41. $mg – \rho Vg = T$; m = ?

Б42. $P = P_с + Mg$; M = ?

Б43. $v_1t_в + v_1\tau = v_2t_в$; τ = ?

Б44. $L = v\tau – l$; v = ?

Б45. $S = v\tau + u\tau$; а) v = ?
б) u = ?

Б46. $m_1 + \rho V = m_2$; а) ρ = ?
б) V = ?

Б47. $m = \rho_р V_р + \rho_с V_с$;
а) $\rho_р$ = ? б) $V_р$ = ?

Б48. $\rho_в Vg = \rho_л Vg + P$; $\rho_л$ = ?

Б49. $p_в = \rho gh + p_A$; h = ?

Б50. $\Delta m = m_1 – m_2$; m_2 = ?

Б51. $D – d = 2a$; d = ?

Б52. $S_1 – S_2 = S$; S_2 = ?

Б53. $h_1 – h_2 = H$; h_2 = ?

Б54. $\Delta p = p_к – p_н$; $p_н$ = ?

Б55. $N – N_1 = N_2$; N_1 = ?

Б56. $\Delta F = F_2 – F_1$; F_1 = ?

Б57. $\Delta t = t_2 – t_1$; t_1 = ?

Задачи средней трудности

В1. $\rho abc = m$; а) a =? б) ρ =?

В2. $m = \rho\pi R^2h$; а) ρ = ?
б) h = ?

В3. $m = \rho nabc$; а) $п$ = ?
б) c = ?

В4. $\rho gVh = N\tau$; а) ρ = ?
б) V = ? в) h = ?

В5. $\eta Fh_2 = mgh_1$; а) η = ?
б) F = ? в) h_2 = ?

B6. $Mg = \rho Shg$; M = ?

B7. $m_1gh_1 = m_2gh_2$; а) m_1 = ?
б) h_1 = ?

B8. $\rho_1gh_1 = \rho_2gh_2$; а) ρ_2 = ?
б) h_2 = ?

B9. $\rho_в(l - \Delta l) = \rho_л l$; $\rho_в$ = ?

B10. $H(\rho_0 - \rho_1) = h\rho_0$; H = ?

B11. $\rho_м(V + l^2h) = \rho_в V$; $\rho_м$ = ?

B12. $l_2(F_1 + F_2) = F_1 l$; l_2 = ?

B13. $F_1(l_1 - l_2) = F_2 l_2$; F_1 = ?

B14. $P = g(\rho - \rho_1)V$; а) V = ?
б) g = ?

B15. $A = (F_A - \rho gV)h$; h = ?

B16. $A = (\rho Vg - P)H$; H = ?

B17. $n = \dfrac{M}{m}$; m = ?

B18. $g = \dfrac{F}{M}$; M = ?

B19. $F = \dfrac{N}{v}$; v = ?

B20. $a^2 = \dfrac{S}{h}$; h = ?

B21. $m = \dfrac{P}{g}$; g = ?

B22. $x = \dfrac{F}{k}$; k = ?

B23. $v = \dfrac{s}{t}$; t = ?

B24. $\dfrac{S}{S_0} = n$; S_0 = ?

B25. $\dfrac{A}{N} = t$; N = ?

B26. $\dfrac{S}{b} = a$; b = ?

B27. $\dfrac{\tau}{\tau_0} = n$; τ_0 = ?

B28. $\dfrac{F}{\Delta l} = k$; Δl = ?

B29. $\dfrac{m}{V} = \rho$; V = ?

B30. $\dfrac{F}{p} = S$; p = ?

B31. $p = p_0 - kh$; а) k = ?
б) h = ?

B32. $l - v_1\tau = v_2\tau$; v_1 = ?

B33. $mg - \rho Vg = T$; а) ρ = ?
б) V = ?

B34. $p = p_0 - \rho gh$; ρ = ?

B35. $F_2 = F_1 - \rho gSh$;
а) ρ = ? б) S = ? в) h = ?

B36. $h_0\rho_в = h_р(\rho_р + \rho_л)$; $\rho_р$ =?

B37. $v_2 l = v_1(S_1 - S_2)$; S_1 = ?

B38. $v_1 t = t_в(v_2 - v_1)$; v_2 = ?

B39. $A = (F - f)S$; F = ?

B40. $A = (F - \rho gV)h$; F = ?

B41. $t_в(v_2 - v_1) = v_1\tau$; v_2 = ?

B42. $\Delta m = V(\rho - \rho_1)$; ρ = ?

B43. $P = (m + M)g$; а) m = ?
б) M = ?

B44. $N = (F_1 + F_2)v$;
а) F_1 = ? б) F_2 = ?

B45. $F_1 l = l_2(F_1 + F_2)$; F_2 = ?

B46. $u\tau = t_с(u + v)$; v = ?

B47. $\rho_1 h = \rho_2(h_1 + h)$; h_1 = ?

B48. $v_1 t = (v_2 + v_1)\tau$; v_2 = ?

B49. $p = \rho g(h - \Delta h)$; h = ?

B50. $\Delta E = Mg(h_2 - h_1)$; h_2 = ?

B51. $P = g(\rho - \rho_1)V$; ρ = ?

B52. $F_п = (\rho_в - \rho_п)Vg$; $\rho_в$ = ?

B53. $\Delta p = \rho g(h_1 - h_2)$; h_1 = ?

B54. $T = Vg(\rho_г - \rho_в)$; $\rho_г$ = ?

B55. $\rho_0 gh_1 = 2g\rho(h - h_0)$;
h = ?

В56. $A = (\rho_1 - \rho_2)Vgh$; ρ_1 = ?

В57. $F_п = NVg(\rho_в - \rho_с)$; $\rho_в$ = ?

Задачи трудные

Г1. $A = \frac{3}{16}\rho_в g S l^2$; а) S = ?
б) $\rho_в$ = ?

Г2. $\rho_п g l S = \rho_в g S(l - \Delta l)$;
$\rho_п$ = ?

Г3. $gh\rho_к = g(\rho_в h_в + \rho_р h_р)$;
$\rho_к$ = ?

Г4. $\rho_0 gh = 2g\rho(h - h_0)$; ρ_0 = ?

Г5. $\rho_0 g H_1 = g\rho(2h_1 - h_2)$;
H_1 = ?

Г6. $\Delta m = V(\rho - \rho_1)$; ρ_1 = ?

Г7. $A = (F - f)S$; f = ?

Г8. $A = (\rho_0 Vg - P)H$; P = ?

Г9. $A = \frac{3l}{8}(F_A - P)$; P = ?

Г10. $p = \rho g(h - \Delta h)$; Δh = ?

Г11. $\Delta E = Mg(h_2 - h_1)$;
h_1 = ?

Г12. $P = Vg(\rho - \rho_1)$; ρ_1 = ?

Г13. $A = (\rho_1 - \rho_2)Vgh$; ρ_2 = ?

Г14. $\rho_0 gh = 2g\rho(h + h_0)$;
h_0 = ?

Г15. $\rho g(2h_1 + h_2) = \rho_0 g H_1$;
h_2 = ?

Г16. $P = Mg - \rho_в g(V_3 + V_с)$; V_3 =?

Г17. $P' = P - \rho(V_с + V_в)g$;
$V_с$ = ?

Г18. $\rho_в Vg = \rho_л Vg + P$; V = ?

Г19. $\rho_в gHS = \rho_в ghS + F_к$;
$\rho_в$ = ?

Г20. $\rho_л l = \rho_в(l - \Delta l)$; l = ?

Г21. $\rho_л H = \rho_в(H - h)$; H = ?

Г22. $p(\rho_1 - \rho_2) = p'\rho_1$; ρ_1 = ?

Г23. $F_1 l_1 = l_2(F_1 + F_2)$; F_1 = ?

Г24. $u(v_1 + v_2) = 2v_1 v_2$; v_1 = ?

Г25. $v_2(2v_1 - u) = uv_1$; u = ?

Г26. $v_1(t + \tau) = v_2\tau$; τ = ?

Г27. $(v_1 - v_2)t_1 = v_1 t$; v_1 = ?

Г28. $v_с(v_2 + 3v_1) = 4v_1 v_2$;
v_2 = ?

Г29. $\rho_п g l S = \rho_в g S(l - \Delta l)$;
l = ?

Г30.
$$\begin{cases} \Delta s = u\tau, & (1) \\ l = v\tau, & (2) \end{cases}$$
u = ? τ = ?

Г31.
$$\begin{cases} v\tau_1 = l, & (1) \\ v\tau_2 = l + L, & (2) \end{cases}$$
v = ? L = ?

Г32.
$$\begin{cases} ut_1 = S, & (1) \\ ut_2 = S + x, & (2) \end{cases}$$
u = ? t_1 = ?

Г33.
$$\begin{cases} F = mg, & (1) \\ F_1 = m_1 g, & (2) \end{cases}$$
g = ? F_1 = ?

Г34.
$$\begin{cases} \rho_с V_с + \rho_п V_п = \dfrac{P}{g}, & (1) \\ P' = P - g\rho_в(V_с + V_в), & (2) \end{cases}$$
P = ? P' = ?

Г35. $\begin{cases} F_1 = k\Delta l_1, & (1) \\ F_2 = k\Delta l_2, & (2) \\ l_1 = l_0 + \Delta l_1, & (3) \\ l_2 = l_0 + \Delta l_2, & (4) \end{cases}$

l_1 = ? l_2 = ?

Г36. $\begin{cases} N = N_1 + \mathrm{N}_2, & (1) \\ N = (F_1 + F_2)v, & (2) \\ N_1 = F_1 v_1, & (3) \\ N_2 = F_2 v_2, & (4) \end{cases}$

v = ? N = ?

Задачи очень трудные

Д1. $A_1 - A_2 = \frac{1}{2} g a^4 (\rho_\text{р} - \rho_\text{в})$;

$\rho_\text{в}$ = ?

Д2. $\Delta A = (F - \rho g V)h$; V = ?

Д3.

$\rho_\text{т} V g = \rho_2 \Delta V g + \rho_1 (V - \Delta V) g$;

V = ?

Д4.

$\rho_\text{г} g V = \rho_\text{р} g V_1 + \rho_\text{в} g (V - V_1)$;

V = ?

Д5. $\rho_\text{г} (x + 1) = \rho_\text{р} + \rho_\text{в} x$; x = ?

Д6. $\rho_\text{в} g S(h + l) = \rho_\text{в} g (S - s)h +$

$+\rho_\text{п} g S l$; S = ?

Д7. $\begin{cases} M_2 = M_1 + \rho_\text{в} V, & (1) \\ M_3 = M_1 + \rho_\text{х} V, & (2) \end{cases}$

V = ? $\rho_\text{х}$ = ?

Д8.

$\begin{cases} m_1 = m_\text{п} + \rho_\text{в} v, & (1) \\ m_2 = m_\text{п} + \rho_\text{в} (v - v_\text{с}) + \rho_\text{с} v_\text{с}, & (2) \end{cases}$

v = ? $v_\text{с}$ = ?

Д9. $\begin{cases} v\tau_1 = l, & (1) \\ v\tau_2 = l + L, & (2) \end{cases}$

v = ? l = ?

Д10. $\begin{cases} l_1 + l_2 = l, & (1) \\ l_2 F_2 = l_1 F_1, & (2) \end{cases}$

l_1 = ? l_2 = ?

Д11. $\begin{cases} Mgh_1 = mgh_2, & (1) \\ h_1 + h_2 = h, & (2) \end{cases}$

h_1 = ? h_2 = ?

Д12. $\begin{cases} \rho_\text{в} h_\text{в} = \rho_\text{р} h_\text{р}, & (1) \\ h_\text{в} + h_\text{р} = h_0, & (2) \end{cases}$

$h_\text{р}$ = ? $h_\text{в}$ = ?

Д13. $\begin{cases} m = \rho_\text{р} V_\text{р} + \rho_\text{с} V_\text{с}, & (1) \\ V_\text{р} + V_\text{с} = V, & (2) \end{cases}$

$V_\text{р}$ = ? $V_\text{с}$ = ?

Д14. $\begin{cases} P_1 = gV(\rho - \rho_1), & (1) \\ P_2 = gV(\rho - \rho_2), & (2) \end{cases}$

V = ? ρ = ?

Д15. $\begin{cases} \frac{M}{\rho} = \frac{m_\text{к}}{\rho_\text{к}} + \frac{m_\text{з}}{\rho_\text{з}}, & (1) \\ M = m_\text{к} + m_\text{з}, & (2) \end{cases}$

$m_\text{к}$ = ? $m_\text{з}$ = ?

§ 3. ЗАПИСЬ ЧИСЕЛ С ПОМОЩЬЮ СТЕПЕНИ ЧИСЛА 10

Из курса математики мы знаем, что выражение

$$\underbrace{a \cdot a \cdot \ldots \cdot a}_{n \text{ сомножителей}} = a^n$$

называется *степенью*, величина a – *основанием степени, n – показателем степени.* При этом a^1 по определению полагается равным a. Например:

$10^1 = 10;$

$10^2 = 10 \cdot 10 = 100;$

$10^3 = 10 \cdot 10 \cdot 10 = 1000;$

$10^4 = 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 = 10000$ и т.д.

$$10^n = \underbrace{10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot \ldots \cdot 10}_{n \text{ сомножителей}} = 1\underbrace{000\ldots000}_{n \text{ нулей}}, \qquad (3.1)$$

Итак, 10^n – это число, которое записывается в виде единицы, за которой стоят n нулей. Это обстоятельство позволяет кратко записывать большие числа.

Пример 3.1. Запишите: а) с помощью 10^n число 1 000 000 000; б) в обычном виде число 10^{11}.

Решение.

1. Число 1 000 000 000 представляет собой единицу с девятью стоящими за ней нулями, следовательно, по формуле (3.1) справедливо:

$$1\,000\,000\,000 = 10^9.$$

2. Число 10^{11} согласно формуле (3.1) записывается в виде единицы, за которой стоят одиннадцать нулей:

$$10^{11} = 100\,000\,000\,000.$$

СТОП! Решите самостоятельно: А1 (а), Б1 (а), А2 (б), Б2 (б).

Как умножить десятичную дробь на 10?

Из курса математики мы знаем, что при умножении десятичной дроби на 10 *запятую надо перенести на одну позицию вправо.*

Пример 3.2. $5{,}83 \cdot 10 = 58{,}3$; $260{,}12 \cdot 10 = 2601{,}2$.

В этом примере запятая просто переносится на одну позицию вправо.

Пример 3.3. $0{,}00123 \cdot 10 = 00{,}0123 = 0{,}0123$.

Здесь после переноса запятой на одну позицию вправо перед запятой оказались два нуля – в разряде единиц и в разряде десятков. Ноль в разряде десятков обычно не пишется, поэтому в окончательной записи его убрали.

Пример 3.4. $2{,}5 \cdot 10 = 2{,}50 \cdot 10 = 25{,}0 = 25$.

В этом примере мы сначала для наглядности добавили ноль в разряде сотых, потом перенесли запятую на одну позицию вправо, а в конце убрали ноль в разряде десятых за ненадобностью.

Пример 3.5. $2500 \cdot 10 = 25000$.

В данном случае на ноль умножается не десятичная дробь, а целое число. А при умножении целого числа на 10 к нему просто приписывается справа еще один ноль.

СТОП! Решите самостоятельно: А3 (а), Б3 (а), А4 (а), Б4 (а), А5 (а), Б5 (а), А6 (г), Б6 (г).

Как умножить десятичную дробь на 10^n?

Умножить десятичную дробь на 10^n – это все равно, что n раз подряд умножить ее на 10, ведь $10^n = \underbrace{10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot \ldots \cdot 10}_{n \text{ сомножителей}}$.

А так как при каждом умножении на 10 запятая переносится на одну позицию вправо, то при умножении на 10^n запятая переносится на n позиций вправо.

Пример 3.6. $2{,}346 \cdot 10^2 = 234{,}6$.

Здесь мы просто перенесли запятую на две позиции вправо.

Пример 3.7. $0{,}00123 \cdot 10^4 = 00012{,}3 = 12{,}3$.

В этом примере после переноса запятой на четыре позиции вправо остались нули в разрядах сотен, тысяч и десятков тысяч. Эти нули, конечно, никак не влияют на величину числа, поэтому в окончательном ответе мы их просто убираем.

Пример 3.8. $2{,}34 \cdot 10^3 = 2{,}3400 \cdot 10^3 = 2340{,}0 = 2340$.

Сначала мы добавили два нуля в разрядах тысячных и десятитысячных, потом перенесли запятую на три позиции вправо, а в конце убрали уже ненужный нам ноль в разрядах десятых.

Заметим, что при достаточном опыте дописывать и убирать нули можно в уме.

Пример 3.9. $465 \cdot 10^3 = 465\,000$.

В данном случае на 10^3 умножается целое число 465. А при умножении целого числа на 10^n к нему приписывается справа n нулей. В этом примере $n = 3$, поэтому мы приписали три нуля.

СТОП! Решите самостоятельно: А7 (а), Б7 (а), А8 (а), Б8 (а), А9 (а), Б9 (а), А10 (а), Б10 (а).

Как разделить десятичную дробь на 10?

Из курса математики мы знаем, что деление – операция, обратная умножению. Поэтому если при умножении десятичной дроби на 10 запятая переносится на одну позицию *вправо*, то при делении на 10 запятая переносится на одну позицию *влево*.

Пример 3.10. $58{,}3 : 10 = 5{,}83$; $260{,}12 : 10 = 26{,}012$.

Здесь мы просто перенесли запятую на одну позицию влево.

Пример 3.11. 0,00123 : 10 = 00,00123 : 10 = 0,000123.

В этом примере мы сначала добавили один ноль в разряде десятков (ясно, что величина числа от этого не изменилась), а затем перенесли запятую на одну позицию влево.

Пример 3.12. 56 : 10 = 56,0 : 10 = 5,60 = 5,6.

Здесь мы сначала добавили дробную часть в виде нуля десятков, затем перенесли запятую на одну позицию влево, а затем в окончательном ответе отбросили ноль в разряде сотых за ненадобностью.

Пример 3.13. 4600 : 10 = 460.

В данном случае на 10 делится целое число, оканчивающееся нулями. Поэтому при делении на 10 достаточно просто убрать один ноль справа.

СТОП! Решите самостоятельно: А11 (а), Б11 (а), А12 (а), Б12 (а), А13 (а, д), А14 (а, д).

Как разделить десятичную дробь на 10^n?

Разделить десятичную дробь на 10^n – это все равно, что n раз подряд разделить ее на 10. Поскольку при делении на 10 запятая переносится на одну позицию влево, то при делении на 10^n запятая переносится на n позиций влево.

Пример 3.14. $2346{,}7 : 10^2 = 23{,}467$.

Мы просто перенесли запятую на две позиции влево.

Пример 3.15.

$$0{,}0123 : 10^3 = 0000{,}0123 : 10^3 = 0{,}0000123.$$

Здесь мы сначала дописали нули в разрядах десятков, сотен и тысяч. Ясно, что от этого величина делимого не изменилась. А затем мы перенесли запятую на три позиции влево.

Пример 3.16. $465 : 10^4 = 00465{,}0 : 10^4 = 0{,}04650 = 0{,}0465$.

В этом примере мы сначала добавили дробную часть в виде нуля десятых и дописали нули в разрядах тысяч и десятков тысяч, потом перенесли запятую на 4 позиции влево, а в окончательном ответе мы отбросили последний нуль за ненадобностью.

Пример 3.17. $236\,000 : 10^2 = 2360$.

При делении на 10^n целого числа, оканчивающегося нулями, достаточно просто отбросить n нулей справа. В нашем случае $n = 2$, поэтому мы отбросили два нуля.

СТОП! Решите самостоятельно: А15 (а, д), Б14 (а), Б15 (а, д), А17 (а, г).

Как кратко записать число, в котором много нулей?

Допустим, есть число 5 700 000 000. Возникает вопрос: нельзя ли это число записать как-нибудь покороче, используя 10^n?

Сделаем такую «хитрость»: разделим и умножим наше число на 10^9. Получим:

$$5\,700\,000\,000 = \frac{5\,700\,000\,000}{10^9} \cdot 10^9 = \frac{5\,700\,000\,000{,}0}{10^9} \cdot 10^9 =$$

$$= 5{,}700\,000\,000\,0 \cdot 10^9 = 5{,}7 \cdot 10^9.$$

Согласитесь, запись $5{,}7 \cdot 10^9$ занимает значительно меньше места, чем 5 700 000 000!

Напомним, что *значащими цифрами* числа называются все его цифры, кроме нулей, *стоящих в начале*. Например, в числе 23,4009 шесть значащих цифр: 2, 3, 4, 0, 0, 9, а в числе 0,123 – три значащих цифры: 1, 2, 3, в числе 0,0004 одна значащая цифра 4.

Пример 3.18. Запишите число 836 000 000 кратко с помощью 10^n так, чтобы перед запятой стояла одна значащая цифра.

Решение. Требуется, чтобы запятая стояла за первой значащей цифрой, то есть за 8. Значит, запятую, которую сейчас можно считать стоящей за последним нулем (836 000 000 = 836 000 000,0), надо перенести на восемь позиций влево. А такой перенос – это не что иное как *деление на* 10^8. Следовательно, чтобы наше число не изменилось, его необходимо домножить на 10^8:

$$836\ 000\ 000{,}0 = 8{,}36\ 000\ 000\ 0 \cdot 10^8 = 8{,}36 \cdot 10^8.$$

СТОП! Решите самостоятельно: Б16 (а, в, д).

Степень с отрицательным показателем

По определению полагают, что если $a \neq 0$ и n – натуральное число, то $a^{-n} = \frac{1}{a^n}$. Например: $10^{-1} = \frac{1}{10^1} = 0{,}1$; $10^{-2} = \frac{1}{10^2} = 0{,}01$; $10^{-9} = \frac{1}{10^9} = 0{,}000\ 000\ 001$ и т.д.

В общем случае справедливо:

$$10^{-n} = \frac{1}{10^n} = 0,\underbrace{000\ldots001}_{n \text{ цифр}}. \qquad (3.2)$$

Отсюда следует практический вывод: очень малые числа, содержащие большое число нулей после запятой, можно кратко записать с помощью 10^{-n}. Например:

$$0{,}001 = 10^{-3}, \quad 0{,}0001 = 10^{-4} \text{ и т.д.}$$

Заметим, что если a не равно нулю, то a^0 по определению полагается равным единице: $a^0 = 1$.

Пример 3.19. Запишите: а) с помощью 10^{-n} число 0,000 001; б) в обычном виде число 10^{-5}.

Решение.

1. Так как после запятой в числе 0,000 001 стоят 6 цифр, то по формуле (3.2) запишем: $0{,}000\ 001 = 10^{-6}$.

2. Согласно формуле (3.2) 10^{-5} – это число, которое записывается в виде десятичной дроби, в которой после запятой стоят пять цифр: $10^{-5} = 0{,}000\ 01$.

СТОП! Решите самостоятельно: А18 (а, д, е), А19 (а, г, д).

Краткая запись десятичных дробей с большим числом нулей после запятой

Рассмотрим число 0,000 000 121. Попробуем записать его более кратко, то есть без большого числа нулей после запятой. Для этого сделаем такую «хитрость»: умножим его на 10^7 и тут же разделим на 10^7:

$$\frac{0{,}000\ 000\ 121 \cdot 10^7}{10^7} = \frac{0\ 000\ 000\ 1{,}21 \cdot 10^7}{10^7} = \frac{1{,}21}{10^7} = 1{,}21 \cdot 10^{-7}.$$

Согласитесь, $1{,}21 \cdot 10^{-7}$ занимает меньше места, чем 0,000000121!

Пример 3.20. Представьте число 0,000 000 000 174 с помощью 10^{-n} так, чтобы перед запятой стояла только одна значащая цифра.

Решение. От нас требуется, чтобы запятая стояла после первой значащей цифры нашего числа, то есть после 1. Значит, запятую надо перенести *на десять позиций вправо*, то есть умножить число на 10^{10}. Для того чтобы величина числа при этом не изменилась, его нужно тут же разделить на 10^{10} или, что то же самое, умножить на $10^{-10} = \frac{1}{10^{10}}$. Получим:

$$0{,}000\ 000\ 000\ 174 = 0\ 000\ 000\ 000\ 1{,}74 \cdot 10^{-10} = 1{,}74 \cdot 10^{-10}.$$

СТОП! Решите самостоятельно: Б17 (а, в, д, ж, м).

Стандартный вид положительного числа

Любое положительное число a можно представить в виде

$$a_1 \cdot 10^n,$$

где $1 \le a_1 < 10$, а n – целое число. Например: $3{,}65 \cdot 10^5$; $2{,}8 \cdot 10^1$; $4{,}13 \cdot 10^0$; $6{,}87 \cdot 10^{-7}$ и т.д. Такая запись называется *стандартным видом числа*, а показатель степени n называется при этом *порядком числа.*

Пример 3.21. Представьте в стандартном виде число 395.

Решение. Чтобы представить число 395 = 395,0 в стандартном виде, надо перенести запятую на две позиции влево, то есть разделить число на 10^2. А чтобы не изменилось значение этого числа, необходимо умножить его на 10^2:

$$395{,}0 = 3{,}950 \cdot 10^2 = 3{,}95 \cdot 10^2.$$

Итак, $395 = 3{,}95 \cdot 10^2$. Заметим, что число имеет *порядок 2*.

Пример 3.22. Представьте число 4,13 в стандартном виде.

Решение. В числе 4,13 запятая уже стоит после первой значащей цифры, значит, для представления его в стандартном виде достаточно умножить его на $1 = 10^0$: $4{,}13 = 4{,}13 \cdot 10^0$. Заметим, что это число имеет *порядок 0*.

Пример 3.23. Представьте число 0,0023 в стандартном виде.

Решение. Для представления данного числа в стандартном виде необходимо перенести запятую на три позиции вправо, то есть умножить его на 10^3. Чтобы величина числа при этом не изменилась, необходимо тут же умножить его на 10^{-3}:

$$0{,}0023 = 0002{,}3 \cdot 10^{-3} = 2{,}3 \cdot 10^{-3}.$$

Заметим, что *порядок* этого числа равен –3.

СТОП! Решите самостоятельно: Б18 (а, в, д, ж, и, л, н).

Умножение степеней с одинаковыми

основаниями

Из курса математики известно, что

$$a^n \cdot a^m = a^{n+m}, \qquad (3.3)$$

где $a \neq 0$, n и m – целые. Например:

1) $10^3 \cdot 10^5 = 10^{3+5} = 10^8$, в самом деле

$10^3 \cdot 10^5 = (10\cdot10\cdot10)\cdot(10\cdot10\cdot10\cdot10\cdot10) = 10^8$;

2) $10^3 \cdot 10^{-5} = 10^{3-5} = 10^{-2}$, в самом деле

$$10^3 \cdot 10^{-5} = \frac{10^3}{10^5} = \frac{10\cdot10\cdot10}{10\cdot10\cdot10\cdot10\cdot10} = \frac{1}{10\cdot10} = \frac{1}{10^2} = 10^{-2};$$

3) $10^{-3} \cdot 10^{-5} = 10^{-3-5} = 10^{-8}$, в самом деле:

$$10^{-3} \cdot 10^{-5} = \frac{1}{10^3} \cdot \frac{1}{10^5} = \frac{1}{10^8} = 10^{-8}.$$

Пример 3.24. Приведите к стандартному виду число $210{,}3\cdot10^{-3}$.

Решение. Сначала приведем к стандартному виду число 210,3. Для этого перенесем запятую на две позиции влево и умножим полученное число на 10^2:

$$210{,}3 = 2{,}103 \cdot 10^2.$$

Затем вынесем число 2,103 за скобки и произведем умножение 10^2 на 10^{-3}:

$$2{,}103\cdot10^2\cdot10^{-3} = 2{,}103\cdot(10^2\cdot10^{-3}) = 2{,}103\cdot10^{2-3} =$$

$$= 2{,}103\cdot10^{-1}.$$

Запишем окончательный результат:

$$210{,}3\cdot10^{-3} = 2{,}103\cdot10^{-1}.$$

Таким образом, порядок нашего числа равен –1.

СТОП! Решите самостоятельно: В1 (а, в, е, ж, к, л, с, т).

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

Задачи очень лёгкие

А1. Запишите следующие числа с помощью 10^n:
а) 1000; б) 10 000; в) 100 000; г) 1 000 000 000.

А2. Представьте следующие числа в обычном виде:
а) 10^2; б) 10^3; в) 10^4; г) 10^6.

А3. Выполните умножение:
а) 1,23•10; б) 6,78•10; в) 7,86•10; г) 23,72•10;
д) 78,63•10; е) 70,31•10.

А4. Выполните умножение:
а) 0,0256•10; б) 0,347•10; в) 0,564•10;
г) 0,0123•10; д) 0,001 27•10; е) 0,000 174•10.

А5. Выполните умножение:
а) 6,5•10; б) 7,7•10; в) 1,3•10;
г) 23,1•10; д) 31,4•10; е) 47,1•10.

А6. Выполните умножение:
а) 18•10; б) 25•10; в) 251•10;
г) 125•10; д) 120•10; е) 570•10.

А7. Выполните умножение:
а) $1{,}234 \cdot 10^2$; б) $2{,}3467 \cdot 10^2$; в) $3{,}6471 \cdot 10^3$;
г) $23{,}7241 \cdot 10^3$; д) $26{,}7841 \cdot 10^3$.

А8. Выполните умножение:
а) $0{,}0012 \cdot 10^2$; б) $0{,}001\,64 \cdot 10^2$; в) $0{,}001\,23 \cdot 10^3$;
г) $0{,}000\,156 \cdot 10^4$; д) $0{,}000\,178\,9 \cdot 10^4$; е) $0{,}001\,67 \cdot 10^4$.

А9. Выполните умножение:
а) $6{,}57 \cdot 10^3$; б) $8{,}91 \cdot 10^3$; в) $75{,}6 \cdot 10^2$;
г) $65{,}7 \cdot 10^2$; д) $36{,}4 \cdot 10^3$; е) $74{,}8 \cdot 10^3$.

А10. Выполните умножение:
а) $123 \cdot 10^3$; б) $654 \cdot 10^3$; в) $12 \cdot 10^4$;
г) $18 \cdot 10^4$; д) $203 \cdot 10^5$; е) $402 \cdot 10^5$.

А11. Выполните деление:
а) 12,3 : 10; б) 45,6 : 10; в) 123,11 : 10;
г) 456,78 : 10; д) 1011,12 : 10; е) 9092,93 : 10.

А12. Выполните деление:
а) 0,004 56 : 10; б) 0,007 85 : 10; в) 0,0123 : 10;
г) 0,0971 : 10; д) 0,761 : 10; е) 0,574 : 10.

А13. Выполните деление:
а) 12 : 10; б) 34 : 10; в) 121 : 10;
г) 169 : 10; д) 1341 : 10; е) 9478 : 10.

А14. Выполните деление:
а) 1200 : 10; б) 3400 : 10; в) 17 000 : 10;

г) 91 000 : 10; д) 127 000 : 10; е) 999 000 000 :10.

А15. Выполните деление:

а) $1234{,}5 : 10^2$; б) $7981{,}4 : 10^2$; в) $5432{,}1 : 10^3$;
г) $4189{,}7 : 10^3$; д) $10\,164{,}7 : 10^4$; е) $12\,018{,}7 : 10^4$.

А16. Выполните деление:

а) $0{,}0537 : 10^2$; б) $0{,}0371 : 10^2$; в) $0{,}0036 : 10^3$;
г) $0{,}0328 : 10^3$; д) $0{,}561 : 10^2$; е) $0{,}924 : 10^2$.

А17. Выполните деление:

а) $983\,000 : 10^2$; б) $910\,000 : 10^2$; в) $947\,000\,000 : 10^5$;
г) $767\,000\,000 : 10^5$; д) $110\,000 : 10^3$; е) $549\,000 : 10^3$.

А18. Представьте числа в виде 10^{-n}:

а) 0,1; б) 0,01; в) 0,001; г) 0,000 01; д) 0,000 000 000 1;
е) 0,000 000 000 001.

А19. Запишите в виде десятичной дроби числа:

а) 10^{-1}; б) 10^{-4}; в) 10^{-6}; г) 10^{-11}; д) 10^{-15}.

Задачи лёгкие

Б1. Запишите следующие числа с помощью 10^n:

а) 1000 000 000 000 000; б) 10; в) 10 000 000;
г) 10 000 000 000.

Б2. Представьте следующие числа в обычном виде:

а) 10^1; б) 10^8; в) 10^{13}; г) 10^{18}.

Б3. Выполните умножение:

а) 687,92•10; б) 7193,64•10; в) 8001,01•10;
г) 1001,101•10; д) 23 678,647•10; е) 2002,02•10.

Б4. Выполните умножение:

а) 0,000 000 167•10; б) 0,000 001 747 04•10;
в) 0,000 100 1•10; г) 0,000 022 11•10;
д) 0,001 001•10.

Б5. Выполните умножение:

а) 30,1•10; б) 40,2•10; в) 3002,6•10;
г) 101,1•10; д) 100,1•10; е) 1000,3•10.

Б6. Выполните умножение:

а) 600•10; б) 6000•10; в) 60 101•10;
г) 700 100•10; д) 60 100•10; е) 837 000•10.

Б7. Выполните умножение:

а) $236{,}789\,45 \cdot 10^4$; б) $671{,}789\,45 \cdot 10^4$;
в) $1234{,}589\,41 \cdot 10^4$; г) $267{,}841\,236 \cdot 10^4$;
д) $2{,}347\,461 \cdot 10^5$; е) $1000{,}100\,101 \cdot 10^5$.

Б8. Выполните умножение:
а) 0,000 016 7•10^2; б) 0,000 067 8•10^3;
в) 0,000 017 4•10^4; г) 0,000 107•10^5;
д) 0,001 010 1•10^6; е) 0,001 001•10^6.

Б9. Выполните умножение:
а) 6,75•10^4; б) 7,86•10^4; в) 77,54•10^5;
г) 78,91•10^5; д) 7,312•10^6; е) 8,314•10^6.

Б10. Выполните умножение:
а) 1010•10^2; б) 2012•10^2; в) 23 600•10^3;
г) 11 800•10^3; д) 1010·10^5; е) 18 001•10^6.

Б11 Выполните деление:
а) 1003,4 : 10; б) 2004,7 : 10; в) 26,07 : 10;
г) 37,12 : 10; д) 1234,731 : 10; е) 731,1234 : 10.

Б12. Выполните деление:
а) 0,000 101 : 10; б) 0,000 209 : 10; в) 0,000 011 1 : :10;
г) 0,000 021 2 :10; д) 0,000 006 941 7 : 10;
е) 0,000 009 876 1 :10.

Б13. Выполните деление:
а) 4032,75 : 10^3; б) 3387,98 : 10^3; в) 304,007 : :10^2;
г) 304,004 : 10^2; д) 1 860 042,81 : 10^6; е) 4 851 566,03 : 10^6.

Б14. Выполните деление:
а) 0,002 73 : 10^4; б) 0,0301 : 10^4; в) 0,009 09 : :10^3;
г) 0,009 15 : 10^3; д) 0,052 : 10^5; е) 0,038 : 10^5.

Б15. Выполните деление:
а) 761:10^4; б) 518:10^4; в) 922:10^5;
г) 218:10^5; д) 2,1 : 10^4; е) 9,83 : 10^4.

Б16. Представьте данные числа с помощью 10^n так, чтобы перед запятой стояла одна значащая цифра:
а) 628 000; б) 459 000; в) 579 000 000;
г) 327 000 000; д) 539 000 000 000; е) 412 000 000 000.

Б17. Представьте данные числа с помощью 10^{-n} так, чтобы перед запятой стояла одна значащая цифра:
а) 0,336; б) 0,748; в) 0,06333; г) 0,0847; д) 0,003 22;
е) 0,004 11; ж) 0,000 223; з) 0,000 14; и) 0,000 005 7;
к) 0,000 033 1; л) 0,000 000 000 629; м) 0,000 000 000 485.

Б18. Приведите к стандартному виду числа:
а) 16; б) 81; в) 659; г)161; д) 2034; е) 4062; ж) 0,718;
з) 0,521; и) 9,91; к) 7,82; л) 0,078; м) 0,0118;
н) 0,00728; о) 0,00754; п) 343,964; р) 178,105; с) 0,000 433;

т) 0,000 961; у) 10 200; ф) 30 200; х) 127 000; ц) 267 000.

Задачи средней трудности

В1. Приведите к стандартному виду числа:
а) $15 \cdot 10^{9}$; б) $6400 \cdot 10^{3}$; в) $825\,000 \cdot 10^{6}$; г) $161 \cdot 10^{11}$;
д) $17{,}3 \cdot 10^{18}$; е) $0{,}86 \cdot 10^{5}$; ж) $0{,}087 \cdot 10^{3}$; з) $0{,}000\,191 \cdot 10^{6}$;
и) $51 \cdot 10^{-3}$; к) $512 \cdot 10^{-4}$; л) $1001 \cdot 10^{-6}$; м) $0{,}186 \cdot 10^{-1}$;
н) $0{,}981 \cdot 10^{-3}$; о) $0{,}009\,27 \cdot 10^{-5}$; п) $0{,}016 \cdot 10^{-4}$;
р) $0{,}026 \cdot 10^{23}$; с) $0{,}001\,73 \cdot 10^{-16}$; т) $0{,}000\,000\,71 \cdot 10^{-29}$.

§ 4. ДЛИНА, ПЛОЩАДЬ, ОБЪЁМ: ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ

Длина

Основной единицей измерения длины в Международной системе СИ[1] является **метр** (м). Наряду с метром используются следующие единицы:

километр (км), 1 км = 1000 м = 10^{3} м;

дециметр (дм), 1 дм = 0,1 м = 10^{-1} м;

сантиметр (см), 1 см = 0,01 м = 10^{-2} м;

миллиметр (мм), 1 мм = 0,001 м = 10^{-3} м;

микрометр (мкм), 1 мкм = 0,000 001 м = 10^{-6} м (заметим, что устаревшее название микрометра – микрон);

нанометр (нм), 1 нм = 0,000 000 001 м = 10^{-9} м.

Иногда возникает необходимость выяснить, сколько в одной единице измерения длины содержится других единиц измерения длины. Например: сколько в одном километре сантиметров или сколько в одном нанометре миллиметров? На такие вопросы легко ответить с помощью таблицы 4.1.

Таблица 4.1

[1] СИ – сокращенное обозначение от начальных букв слов Systeme International.

Связь между различными единицами длины

	км	м	дм	см	мм	мкм	нм
1 км =	1	10^{3}	10^{4}	10^{5}	10^{6}	10^{9}	10^{12}
1 м =	10^{-3}	1	10^{1}	10^{2}	10^{3}	10^{6}	10^{9}
1 дм =	10^{-4}	10^{-1}	1	10^{1}	10^{2}	10^{5}	10^{8}
1 см =	10^{-5}	10^{-2}	10^{-1}	1	10^{1}	10^{4}	10^{7}
1 мм =	10^{-6}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}	1	10^{3}	10^{6}
1 мкм=	10^{-9}	10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	1	10^{3}
1 нм =	10^{-12}	10^{-9}	10^{-8}	10^{-7}	10^{-6}	10^{-3}	1

Поясним, как пользоваться таблицей, на конкретных примерах.

Пример 4.1. Сколько в одном километре дециметров? Находим в таблице 4.1 строку, в начале которой стоит «1 км =» (первая строка сверху), и столбец, над которым написано «дм» (третий столбец слева). *На пересечении* этой строки и этого столбца находим число 10^4. Это значит, что

$$1 \text{ км} = 10^4 \text{ дм} = 10\,000 \text{ дм}.$$

Пример 4.2. Сколько в одном дециметре микрометров?

Находим в таблице 4.1 строку, в начале которой стоит «1 дм =» (третья строка сверху), затем находим столбец, над которым стоит «мкм» (второй столбец справа). На пересечении этой строки и этого столбца стоит число 10^5. Это значит, что

$$1 \text{ дм} = 10^5 \text{ мкм} = 100\,000 \text{ мкм}.$$

Пример 4.3. Сколько в одном нанометре миллиметров?

Находим в таблице 4.1 строку, в начале которой стоит «1 нм =» (последняя строка), затем находим столбец, над которым стоит «мм» (третий столбец справа). На пересечении этой строки и этого столбца стоит число: 10^{-6}. Это значит, что

$$1 \text{ нм} = 10^{-6} \text{ мм} = 0{,}000\,001 \text{ мм}.$$

СТОП! Решите самостоятельно: А1 (а), А2 (а), А3 (а), Б1 (б), Б2 (в), Б3 (в).

Задача 4.1. Длина комнаты l = 5,6 м. Сколько это: а) км; б) см; в) мкм?

Решение:

а) по таблице 4.1 находим: 1 м = 10^{-3} км, тогда

$$l = 5{,}6 \text{ м} = 5{,}6 \cdot (1 \text{ м}) = 5{,}6 \cdot 10^{-3} \text{ км};$$

б) по таблице 4.1 находим: 1 м = 10^{2} см, тогда

$$l = 5{,}6 \text{ м} = 5{,}6 \cdot (1 \text{ м}) = 5{,}6 \cdot 10^{2} \text{ см};$$

в) по таблице 4.1 находим: 1 м = 10^{6} мкм, тогда

$$l = 5{,}6 \text{ м} = 5{,}6 \cdot (1 \text{ м}) = 5{,}6 \cdot 10^{6} \text{ мкм}.$$

Ответ: а) $l = 5{,}6 \cdot 10^{-3}$ км; б) $l = 5{,}6 \cdot 10^{2}$ см; в) $l = 5{,}6 \cdot 10^{6}$ мкм.

СТОП! Решите самостоятельно: Б10 (а), Б11 (в), Б12 (в).

Задача 4.2 Расстояние от Земли до Солнца $L = 1{,}5 \cdot 10^{11}$ м. Сколько это: а) км; б) мкм?

Решение:

а) по таблице 4.1 находим: 1 м = 10^{-3} км, тогда:

$$L = 1{,}5 \cdot 10^{11} \text{ м} = 1{,}5 \cdot 10^{11} \cdot (1 \text{ м}) =$$

$$= 1{,}5 \cdot 10^{11} \cdot 10^{-3} \text{ км} = 1{,}5 \cdot 10^{8} \text{ км};$$

б) по таблице 4.1 находим: 1 м = 10^{6} мкм, тогда

$$L = 1{,}5 \cdot 10^{11} \text{ м} = 1{,}5 \cdot 10^{11} \cdot (1 \text{ м}) =$$

$$= 1{,}5 \cdot 10^{11} \cdot 10^{6} \text{ мкм} = 1{,}5 \cdot 10^{17} \text{ мкм}.$$

Ответ: а) $L = 1{,}5 \cdot 10^{8}$ км; б) $L = 1{,}5 \cdot 10^{17}$ мкм.

СТОП! Решите самостоятельно: В1 (а), В2 (а), В3 (а).

Площадь

Основной единицей измерения площади в Международной системе СИ является **квадратный метр** ($м^2$). Квадратный метр – это квадрат, сторона которого равна 1 м (рис. 4.1).

Наряду с квадратным метром используются также следующие единицы:

квадратный километр (км^2) – квадрат со стороной 1 км;

квадратный дециметр (дм^2) – квадрат со стороной 1 дм;

квадратный сантиметр (см^2) – квадрат со стороной 1 см;

квадратный миллиметр (мм^2) – квадрат со стороной 1 мм;

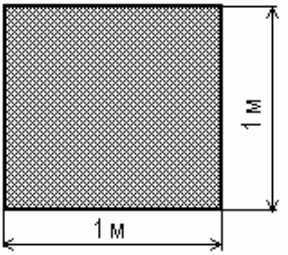


Рис. 4.1

квадратный микрометр (мкм^2) – квадрат со стороной 1 мкм;

квадратный нанометр (нм^2) – квадрат со стороной 1 нм.

Автор: Как Вы думаете, сколько в квадратном метре квадратных дециметров?

Читатель: Десять. Так как 1 м = 10 дм, значит, 1 м^2 = = 10 дм^2.

Автор: Давайте не будем торопиться с выводами, а попробуем ответить на этот вопрос чисто практически: разделим квадратный метр на квадратные дециметры (рис. 4.2) и посчитаем, сколько квадратных дециметров уместилось на площади в один квадратный метр. Как видите, квадратный метр разбивается на 10 полосок, в каждой из которых укладывается по 10 квадратных дециметров. Стало быть, всего в квадратном метре:

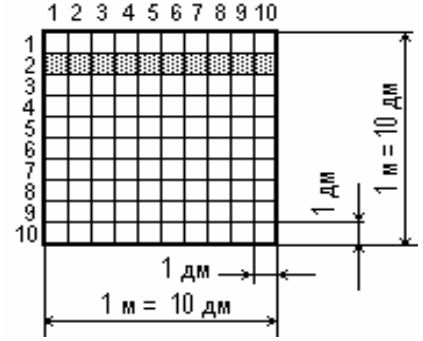


Рис. 4.2

$$10 \times 10 = 100 \text{ дм}^2.$$

Иногда возникает необходимость выяснить, сколько в одной единице площади содержится других единиц площади. Например: сколько в квадратном сантиметре квадратных миллиметров или сколько в квадратном миллиметре квад-

ратных микрометров и т.д. На подобные вопросы легко ответить с помощью таблицы 4.2.

Покажем, как пользоваться этой таблицей на конкретных примерах.

Пример 4.4. Сколько в одном квадратном километре квадратных сантиметров?

Находим в таблице 4.2 строку, в начале которой стоит «1 км^2 =» (это первая строка сверху) и столбец, над которым стоит «см^2» (это четвертый столбец слева). На пересечении этой строки и этого столбца стоит число: 10^{10}. Это значит, что

$$1 \text{ км}^2 = 10^{10} \text{ см}^2 = 10\,000\,000\,000 \text{ см}^2.$$

Т а б л и ц а 4.2

Связь между различными единицами площади

	км^2	м^2	дм^2	см^2	мм^2	мкм^2	нм^2
1 км^2=	1	10^{6}	10^{8}	10^{10}	10^{12}	10^{18}	10^{24}
1 м^2 =	10^{-6}	1	10^{2}	10^{4}	10^{6}	10^{12}	10^{18}
1 дм^2 =	10^{-8}	10^{-2}	1	10^{2}	10^{4}	10^{10}	10^{16}
1 см^2 =	10^{-10}	10^{-4}	10^{-2}	1	10^{2}	10^{8}	10^{14}
1 мм^2=	10^{-12}	10^{-6}	10^{-4}	10^{-2}	1	10^{6}	10^{12}
1 мкм^2=	10^{-18}	10^{-12}	10^{-10}	10^{-8}	10^{-6}	1	10^{6}
1 нм^2 =	10^{-24}	10^{-18}	10^{-16}	10^{-14}	10^{-12}	10^{-6}	1

Пример 4.5. Сколько в одном квадратном миллиметре квадратных микрометров?

Находим в таблице 4.2 строку, в начале которой стоит «1 мм^2 =» (это третья строка снизу), и столбец, над которым стоит «мкм^2» (это второй столбец справа). На пересечении этой строки и этого столбца стоит число: 10^{6}. Значит,

$$1 \text{ мм}^2 = 10^{6} \text{ мкм}^2 = 1\,000\,000 \text{ мкм}^2.$$

Пример 4.6. Сколько в одном квадратном дециметре квадратных километров?

Находим в таблице 4.2 строку, в начале которой стоит «1 дм^2 =» (это третья строка сверху), и столбец, над которым стоит «км^2» (это первый столбец слева). На пересечении этой строки и этого столбца стоит число: 10^{-8}. Это значит, что

$$1\ дм^2 = 10^{-8}\ км^2 = 0{,}000\ 000\ 01\ км^2.$$

СТОП! Решите самостоятельно: А4 (а), А5 (а), А6 (а), Б4 (б), Б5 (в), Б6 (в).

Задача 4.3. Площадь кленового листа $S = 1{,}2\ дм^2$. Сколько это: а) $см^2$; б) $мм^2$; в) $м^2$?

Решение:

а) из таблицы 4.2 находим: $1\ дм^2 = 10^2\ см^2$, отсюда

$$S = 1{,}2\ дм^2 = 1{,}2 \cdot (1\ дм^2) = 1{,}2 \cdot 10^2\ см^2;$$

б) из таблицы 4.2 находим: $1\ дм^2 = 10^4\ мм^2$, отсюда

$$S = 1{,}2\ дм^2 = 1{,}2 \cdot (1\ дм^2) = 1{,}2 \cdot 10^4\ мм^2;$$

в) из таблицы 4.2 находим: $1\ дм^2 = 10^{-2}\ м^2$, отсюда

$$S = 1{,}2\ дм^2 = 1{,}2 \cdot (1\ дм^2) = 1{,}2 \cdot 10^{-2}\ м^2.$$

Ответ: а) $S = 1{,}2 \cdot 10^2\ см^2$; б) $S = 1{,}2 \cdot 10^4\ мм^2$; в) $S = 1{,}2 \cdot 10^{-2}\ м^2$.

СТОП! Решите самостоятельно: Б15 (в), Б16 (а), Б17 (а).

Задача 4.4. Площадь поверхности 10-рублевой банкноты $S = 98{,}15\ см^2$. Сколько это: а) $дм^2$; б) $м^2$; в) $км^2$?

Решение:

а) из таблицы 4.2 находим: $1\ см^2 = 10^{-2}\ дм^2$, отсюда

$$S = 98{,}15\ см^2 = 98{,}15 \cdot (1\ см^2) = 98{,}15 \cdot 10^{-2}\ дм^2 = 0{,}9815\ дм^2;$$

б) из таблицы 4.2 находим: $1\ см^2 = 10^{-4}\ м^2$, отсюда

$$S = 98{,}15\ см^2 = 98{,}15 \cdot (1\ см^2) = 98{,}15 \cdot 10^{-4}\ м^2 = 9{,}815 \cdot 10^{-3}\ м^2;$$

в) из таблицы 4.2 находим: $1\ см^2 = 10^{-10}\ км^2$, отсюда:

$$S = 98{,}15\ см^2 = 98{,}15 \cdot (1\ см^2) = 98{,}15 \cdot 10^{-10}\ км^2 = 9{,}815 \cdot 10^{-9}\ км^2.$$

Ответ: а) $S = 0{,}9815\ дм^2$; б) $S = 9{,}815 \cdot 10^{-3}\ м^2$; в) $S = 9{,}815 \cdot 10^{-9}\ км^2$.

СТОП! Решите самостоятельно: В5 (а), В6 (а), В7 (а).

Объём

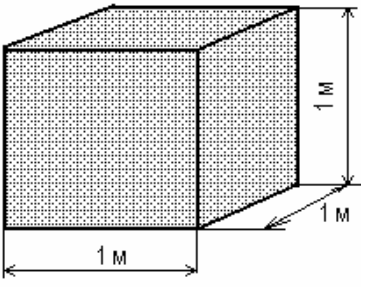


Рис. 4.3

Основной единицей измерения объёма является **кубический метр** ($м^3$). Это куб, ребро которого равно одному метру. Его можно представить в виде ящика, у которого длина – 1 м, ширина – 1 м и высота – 1 м (рис. 4.3).

Наряду с кубическим метром используются следующие единицы измерения объёма:

кубический километр ($км^3$) – куб с ребром 1 км;

кубический дециметр ($дм^3$) – куб с ребром 1 дм (заметим, что кубический дециметр имеет ещё одно всем хорошо известное название *литр* (л), так что запомните: кубический дециметр и литр – это одно и то же: 1 $дм^3$ = = 1 л);

кубический сантиметр ($см^3$) – куб с ребром 1 см. В медицине кубический сантиметр часто называют «кубиком»: в этих единицах удобно измерять количество жидкости в медицинском шприце. Другое название кубического сантиметра – миллилитр (мл). Итак, кубический сантиметр и миллилитр – это одно и то же: 1 $см^3$ = 1 мл;

кубический миллиметр ($мм^3$) – куб с ребром 1 мм;

кубический микрометр ($мкм^3$) – куб с ребром 1 мкм.

Автор: Как Вы думаете, сколько в кубическом метре кубических дециметров (то есть литров)?

Читатель: Десять. Ведь в одном метре 10 дециметров.

Автор: Вы опять ошиблись. Давайте посмотрим на рис. 4.4. На этом рисунке кубический метр разбит на кубические дециметры. Видно, что для того чтобы заполнить кубический метр кубиками объёмом 1 $дм^3$,

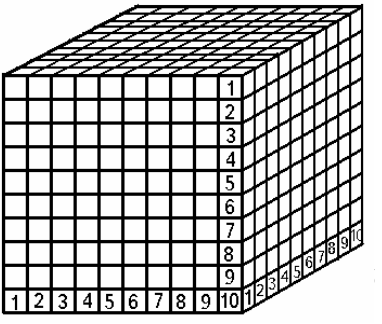


Рис. 4.4

требуется положить 10 слоёв таких кубиков, а каждый слой состоит из 100 кубиков. Всего получается $10 \times 100 = 1000$ кубиков. Следовательно,

$$1\ м^3 = 1000\ дм^3.$$

Иногда возникает необходимость выяснить, сколько в одной единице объёма содержится других единиц объёма. Например: сколько в одном кубическом километре кубических метров? На подобные вопросы помогает ответить таблица 4.3.

Таблица 4.3

Связь между различными единицами объёма

	$км^3$	$м^3$	$дм^3$	$см^3$	$мм^3$	$мкм^3$
1 $км^3$ =	1	10^{9}	10^{12}	10^{15}	10^{18}	10^{27}
1 $м^3$ =	10^{-9}	1	10^{3}	10^{6}	10^{9}	10^{18}
1 $дм^3$ =	10^{-12}	10^{-3}	1	10^{3}	10^{6}	10^{15}
1 $см^3$ =	10^{-15}	10^{-6}	10^{-3}	1	10^{3}	10^{12}
1 $мм^3$ =	10^{-18}	10^{-9}	10^{-6}	10^{-3}	1	10^{9}
1 $мкм^3$ =	10^{-27}	10^{-18}	10^{-15}	10^{-12}	10^{-9}	1

Покажем, как пользоваться этой таблицей на конкретных примерах.

Пример 4.7. Сколько в одном кубическом километре кубических метров?

Находим в таблице 4.3 строку, в начале которой стоит «1 $км^3$=» (это первая строка сверху), и столбец, над которым стоит «$м^3$» (это второй столбец слева). *На пересечении* этой строки и этого столбца стоит число 10^9. Это значит, что

$$1\ км^3 = 10^9\ м^3 = 1\ 000\ 000\ 000\ м^3.$$

Пример 4.8. Сколько в одном кубическом дециметре кубических сантиметров?

Находим в таблице 4.3 строку, в начале которой стоит «1 $дм^3$ =» (это 3-я строка сверху), и столбец, над которым стоит «$см^3$» (это третий столбец справа). На пересечении этой строки и этого столбца стоит число 10^3. Это значит, что

$$1\ дм^3 = 10^3\ см^3 = 1000\ см^3.$$

А так как 1 $дм^3$ = 1 л, а 1 $см^3$ = 1 мл, то получается:

$$1\ л = 1\ дм^3 = 1000\ см^3 = 1000\ мл.$$

Пример 4.9. Сколько в одном кубическом миллиметре кубических километров?

Находим в таблице 4.3 строку, в начале которой стоит «1 $мм^3$ =» (это вторая строка снизу) и столбец, над которым стоит «$км^3$» (это первый столбец слева). На пересечении этой строки и этого столбца стоит число 10^{-18}. Это значит, что 1 $мм^3 = 10^{-18}\ км^3$.

СТОП! Решите самостоятельно: А7 (а), А8 (а), А9 (а), Б7 (б), Б8 (в), Б9 (в).

Задача 4.5. Объём воды в аквариуме составляет V = =8,2 $дм^3$. Сколько это: а) $см^3$; б) $мм^3$; в) $м^3$?

Решение:

а) из таблицы 4.3 находим: 1 $дм^3 = 10^3\ см^3$, отсюда

$$V = 8{,}2\ дм^3 = 8{,}2 \cdot (1\ дм^3) = 8{,}2 \cdot 10^3\ см^3;$$

б) из таблицы 4.3 находим: 1 $дм^3 = 10^6\ мм^3$, отсюда

$$V = 8{,}2\ дм^3 = 8{,}2 \cdot (1\ дм^3) = 8{,}2 \cdot 10^6\ мм^3;$$

в) из таблицы 4.3 находим: 1 $дм^3 = 10^{-3}\ м^3$, отсюда

$$V = 8{,}2\ дм^3 = 8{,}2 \cdot (1\ дм^3) = 8{,}2 \cdot 10^{-3}\ м^3.$$

Ответ: а) $V = 8{,}2 \cdot 10^3\ см^3$; б) $V = 8{,}2 \cdot 10^6\ мм^3$;

в) $V = 8{,}2 \cdot 10^{-3}\ м^3$.

СТОП! Решите самостоятельно: Б18 (в), Б19 (в), Б20 (а).

Задача 4.6. Объём земного шара составляет V = =$1{,}018 \cdot 10^{21}\ м^3$. Сколько это: а) $км^3$; б) $дм^3$?

Решение:

а) из таблицы 4.3 находим: 1 $м^3 = 10^{-9}\ км^3$, отсюда

$$V = 1{,}018 \cdot 10^{21}\ м^3 = 1{,}018 \cdot 10^{21} \cdot (1\ м^3) =$$

$$= 1{,}018 \cdot 10^{21} \cdot 10^{-9}\ км^3 =$$

$= 1{,}018 \cdot 10^{12}$ км^3;

б) из таблицы 4.3 находим: 1 м^3 = 10^3 дм^3, отсюда

$V = 1{,}018 \cdot 10^{21}$ м^3 = $1{,}018 \cdot 10^{21} \cdot (1$ м$^3)$ =

$= 1{,}018 \cdot 10^{21} \cdot 10^3$ дм^3 = $1{,}018 \cdot 10^{24}$ дм^3.

Ответ: а) $V = 1{,}018 \cdot 10^{12}$ км^3; б) $V = 1{,}018 \cdot 10^{24}$ дм^3.

СТОП! Решите самостоятельно: В10 (а), В11 (в), В12 (в).

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

Задачи очень лёгкие

А1. Сколько в 1 км: а) м; б) см; в) мм?
А2. Сколько в 1 м: а) см; б) мм; в) мкм?
А3. Сколько в 1 см: а) мм; б) мкм; в) нм?
А4. Сколько в 1 км^2: а) м^2; б) дм^2; в) мм^2?
А5. Сколько в 1 м^2: а) см^2; б) мм^2; в) мкм^2?
А6. Сколько в 1 см^2: а) мм^2 б) мкм^2; в) нм^2?
А7. Сколько в 1 км^3: а) дм^3; б) см^3; в) мм^3?
А8. Сколько в 1 м^3: а) см^3; б) мм^3; в) мкм^3?
А9. Сколько в 1 см^3: а) мм^3; б) мкм^3?

Задачи лёгкие

Б1. Сколько в 1 см: а) дм; б) м; в) км?
Б2. Сколько в 1 мм: а) см; б) дм; в) м?
Б3. Сколько в 1 мкм: а) мм; б) см; в) м?
Б4. Сколько в 1 см^2: а) дм^2; б) м^2; в) км^2?
Б5. Сколько в 1 мм^2: а) см^2; б) дм^2; в) м^2?
Б6. Сколько в 1 мкм^2: а) см^2; б) дм^2; в) м^2?
Б7.Сколько в 1 см^3: а) дм^3; б) м^3; в) км^3?
Б8. Сколько в 1 мм^3: а) см^3; б) дм^3; в) м^3?
Б9. Сколько в 1 мкм^3: а) мм^3; б) см^3; в) м^3?
Б10. Ширина футбольных ворот a = 7,3 м. Сколько это: а) см; б) дм; в) км?
Б11. Диаметр шарика для настольного тенниса d = 3,7 см. Сколько это: а) мм; б) дм; в) м?

Б12. Диаметр футбольного мяча D = 2,2 дм. Сколько это: а) мм; б) см; в) м?

Б13. Средний диаметр красных кровяных телец (эритроцитов) d = 7,5 мкм. Сколько это: а) нм; б) мм; в) м?

Б14. Высота Эльбруса H = 5,642 км. Сколько это: а) м; б) см; в) мм?

Б15. Площадь лицевой поверхности монеты S = 1,5 см^2. Сколько это: а) мм^2; б) дм^2; в) м^2?

Б16. Площадь тетрадного листа S = 6 дм^2. Сколько это: а) мкм^2; б) нм^2; в) км^2?

Б17. Площадь поверхности капли тумана S = 2,5 мкм^2. Сколько это: а) нм^2; б) мм^2; в) м^2?

Б18. Объём футбольного мяча V = 5,3 дм^3. Сколько это: а) мм^3; б) см^3; в) м^3?

Б19. Объём гранитной колонны V = 2,5 м^3. Сколько это: а) см^3; б) дм^3; в) км^3?

Б20. Объём воды в озере V = 1,6 км^3. Сколько это: а) м^3; б) дм^3; в) см^3?

Б21. Объём дождевой капли V = 1,5 мм^3. Сколько это: а) см^3; б) дм^3; в) м^3?

Задачи средней трудности

В1. Высота Эйфелевой башни в Париже $H = 3 \cdot 10^2$ м. Сколько это: а) км; б) см; в) мм?

В2. Наибольшая глубина океана (Марианская впадина в Тихом океане) h = 11035 м. Сколько это: а) км; б) см; в) мм?

В3. Длина реки Волга $L = 3{,}7 \cdot 10^3$ км. Сколько это: а) м; б) дм; в) мм?

В4. Толщина волоса равна a = 0,11 мм. Сколько это: а) мкм; б) см; в) м?

В5. Жилая площадь квартиры S = 54 м^2. Сколько это: а) дм^2; б) см^2; в) мм^2?

В6. Площадь поверхности стола S = 150 дм^2. Сколько это: а) мм^2; б) см^2; в) м^2?

В7. Площадь пустыни Сахара $S = 7 \cdot 10^6$ км^2. Сколько это: а) м^2; б) дм^2; в) см^2?

В8. Площадь лезвия бритвы S = 0,04 мм^2. Сколько это: а) мкм^2; б) см^2; в) м^2?

В9. Объём нефтяного пятна на поверхности воды V = 0,12 см^3. Сколько это: а) мкм^3; б) мм^3; в) дм^3?

В10. Объём воды в озере равен $V = 4 \cdot 10^4$ м^3. Сколько это: а) км^3; б) дм^3; в) см^3?

В11. Объём волоска на корне пшеничного стебля $V = 1{,}5 \cdot 10^{-4}$ мм^3. Сколько это: а) мкм^3; б) см^3; в) м^3?

В12. Объём бактерии равен $V = 0{,}125$ мкм^3. Сколько это: а) мм^3; б) см^3; в) м^3?

Задачи трудные

Г1. Длина одной бактерии $l = 0{,}5$ мкм. Сколько таких бактерий уложились бы вплотную на длине: а) $l = 0{,}1$ мм; б) $l_2 = 1$ мм; в) $l_3 = 1$ см?

Г2. Длина швейной нити в катушке $l = 200$ м. Достаточно ли одной катушки, чтобы получить кусок нити длиной в миллионную долю железнодорожного пути между Москвой и Санкт-Петербургом, равного $L = 650$ км?

Г3. Какой длины будет полоса, состоящая из квадратных кусочков площадью $S_0 = 1$ см^2, вырезанных из листа площадью $S = 1$ м^2?

Г4. Какой длины получился бы ряд из плотно уложенных друг к другу своими гранями кубиков объёмом $V_0 = 1$ см^3 каждый, взятых в таком количестве, сколько их содержится в объёме $V = 1$ м^3?

Г5. Сколько потребовалось бы времени для того, чтобы уложить в ряд кубики объёмом $V_0 = 1$ мм^3 каждый, взятые в таком количестве, сколько их содержится в объёме $V = 1$ м^3, если на укладку одного кубика затрачивать время $t = 2$ с? Какова длина этого ряда?

§ 5. ИЗМЕРЕНИЯ И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

Измерительные приборы

Что значит ***измерить***? Измерить какую-либо физическую величину (объём, время, длину и т.д.) – это значит определить, сколько в измеряемой величине содержится ***единиц измерения*** данной величины. Например:

сколько *метров*, если мы измеряем *длину*,
сколько *кубических метров*, если мы измеряем *объём*,
сколько *секунд*, если мы измеряем *время,*
сколько *градусов*, если мы измеряем *температуру* и т.д.

Для измерения **длины** используется хорошо известный вам прибор под названием *линейка* (рис. 5.1). Как им пользоваться, объяснять, я думаю, не надо. Если необходимо измерить длину в несколько метров, то вместо линейки удобнее воспользоваться *рулеткой* (рис. 5.2).

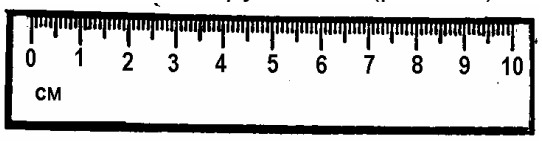


Рис. 5.1

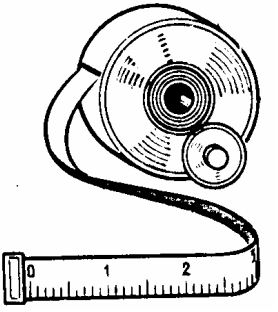


Рис. 5.2

Для измерения **объёма** жидкостей и некоторых сыпучих материалов (например, манной крупы) используется *мензурка* (рис. 5.3).

Для измерения **времени** пользуются *секундомером* (рис. 5.4). Большая стрелка указывает секунды, а маленькая – минуты.

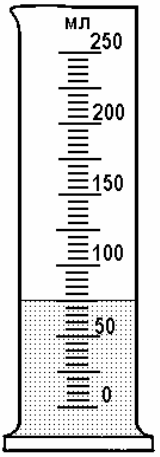


Рис. 5.3

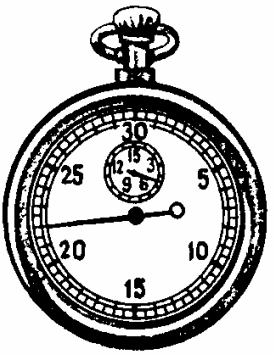
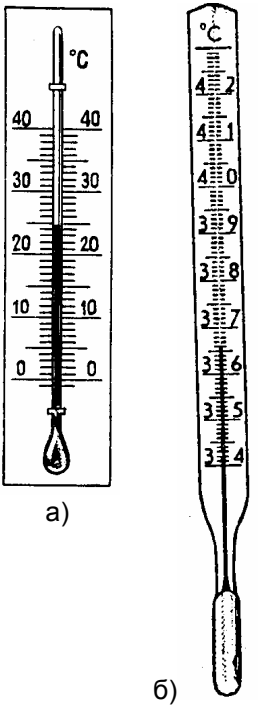


Рис. 5.4



а)

б)

Рис. 5.5

Для измерения **температуры** используются *термометры.* На рис. 5.5,*а* изображен комнатный термометр, а на рис. 5.5,*б* – медицинский термометр, которым вы, по всей вероятности, неоднократно пользовались.

Цена деления и пределы измерения

У каждого из изображенных на рис. 5.1–5.5 приборов есть измерительная **шкала**. Каждый *штрих* (черточка) шкалы соответствует определенному значению измеряемой величины, а расстояние между ближайшими штрихами называется *делением* шкалы.

Значение величины, соответствующей расстоянию между двумя ближайшими штрихами, называется *ценой деления.* Например, у линейки, изображенной на рис. 5.1, цена деления 1 мм.

Каждый прибор может измерять величину в определенных пределах, которые называются *пределами измерений*. Так, пределы измерения линейки на рис. 5.1 от 0 до 10 см.

Задача 5.1. Определите цену деления и пределы измерения приборов, изображенных на рисунках: 1) 5.3; 2) 5.4; 3) 5.5,*а*; 4) 5.5,*б*.

Решение. Для определения цены деления прибора поступают следующим образом:

- выбирают два ближайших штриха шкалы, возле которых написаны значения измеряемой величины;
- считают число делений между этими штрихами;
- вычитают из большего значения меньшее и полученную разность делят на число делений.

Попробуем, действуя в таком порядке, решить нашу задачу.

1. Возьмём два штриха на мензурке: 200 мл и 250 мл (см. рис. 5.3). Между ними 10 делений. Следовательно:

$$\text{Цена деления} = \frac{250\ \text{мл} - 200\ \text{мл}}{10} = 5\ \text{мл}.$$

Пределы измерения мензурки, как видно из рисунка, от 0 до 250 мл.

2. Возьмём два штриха на шкале секунд секундомера: 5 с и 10 с (рис. 5.4). Между этими штрихами 10 делений. Следовательно:

$$\text{Цена деления} = \frac{10\ \text{с} - 5\ \text{с}}{10} = 0{,}5\ \text{с}.$$

Пределы измерения секундомера определяются шкалой минут. Так как максимальное значение, которое может показывать минутная стрелка, 15 мин, то пределы измерения от 0 до 15 мин.

3. Возьмём два штриха на комнатном градуснике: 10° и 20° (рис. 5.5,*а*). Между этими штрихами 10 делений. Следовательно:

$$\text{Цена деления} = \frac{20^\circ - 10^\circ}{10} = 1^\circ.$$

Как видно из рисунка, нижний штрих термометра соответствует температуре –1°, а верхний – температуре 40°. Значит, пределы измерения термометра от –1 до 40°.

4. Возьмём два штриха на медицинском градуснике: 40° и 41° (рис. 5.5,*б*). Между ними 10 делений. Следовательно:

$$\text{Цена деления} = \frac{41^\circ - 40^\circ}{10} = 0{,}1^\circ.$$

Наименьшее значение температуры, которое может показывать термометр, 34°, а наибольшее 43°. Значит, пределы измерения от 34 до 43 градусов.

Ответ: 1) 5 мл; от 0 до 250 мл; 2) 0,5 с; от 0 до 15 мин; 3) 1°; от –1° до 40°; 4) 0,1°; от 34° до 43°.

СТОП! Решите самостоятельно: А1, А2 (в), А3 (б), Б1, Б2 (а).

Как определить показание прибора?

Попробуем в этом разобраться чисто практически.

Задача 5.2. Определите показания приборов, изображенных на рисунках: 1) 5.3; 2) 5.4; 3) 5.5,*а*; 4) 5.5,*б*.

Решение.

1. На рис. 5.3 уровень воды соответствует пятому штриху над отметкой 50 мл. Цена деления мензурки (как мы выяснили в предыдущей задаче) равна 5 мл. Значит, объём налитой жидкости составит:

$$50 \text{ мл} + 5 \cdot (5 \text{ мл}) = 75 \text{ мл}.$$

2. На рис. 5.4 минутная стрелка находится между четвёртой и пятой минутами. Секундная стрелка стоит на четвёртом штрихе после отметки 20 с. Так как цена деления на шкале секунд равна 0,5 с (см. задачу 5.1), то показание секундомера равно:

$$4 \text{ мин} + [20 \text{ с} + 4 \cdot (0{,}5 \text{ с})] = 4 \text{ мин } 22 \text{ с}.$$

3. Столбик жидкости в термометре на рис. 4.5,*а* остановился на пятом делении после отметки 20°. Так как цена деления 1° (см. задачу 5.1), то показание термометра равно:

$$20^\circ + 5 \cdot (1^\circ) = 25^\circ.$$

4. Столбик ртути в медицинском термометре на рис. 4.5,*б* остановился на шестом штрихе после отметки 36°. Так как цена деления 0,1° (см. задачу 4.1), показание термометра равно:

$$36° + 6\cdot(0{,}1°) = 36{,}6°.$$

Ответ: 1) 75 мл; 2) 4 мин 22 с; 3) 25°; 4) 36,6°.

СТОП! Решите самостоятельно: А5, Б3 (а), Б6, Б7 (а, д).

Как измерить объём тела неправильной формы?

Если тело не очень больших размеров (например, золотое колечко), то существует очень простой способ определить его объём. Для этого сначала надо налить в мензурку определенный объём воды, затем опустить в воду колечко и определить *объём воды с колечком.* Вычитая из второго объёма первый, мы узнаем объём колечка.

Задача 5.3. В мензурку с водой (рис. 5.6) опущено тело неправильной геометрической формы. Определите объём тела.

Решение. Как видно из рис. 5.6, объём воды до погружения тела составлял $V_{до}$ = 500 см^3, а объём воды после погружения тела (то есть объём воды с телом) равен $V_{после}$ = 800 см^3. Следовательно, объём тела составляет:

$$V_{тела} = V_{после} - V_{до} =$$
$$= 800 \text{ см}^3 - 500 \text{ см}^3 = 300 \text{ см}^3.$$

Ответ: $V_{тела}$ = 300 см^3.

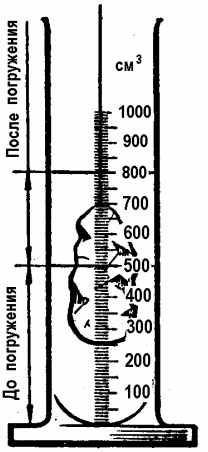


Рис. 5.6

СТОП! Решите самостоятельно: А7, В1 (а), В2 (а), В3 (а).

Как измерить толщину листа бумаги обычной линейкой?

(Метод ряда)

Оказывается, очень просто: надо только взять не один лист бумаги, а, скажем, 100. Если сложить 100 листов стопкой, то измерить толщину стопки обычной линейкой не представляет труда. Если полученную длину разделить на число листов в стопке, то как раз и получим толщину одного листа!

Этим же способом (его иногда называют *методом ряда*) можно определить объём маленькой дробинки (для этого надо опустить в мензурку с водой много таких дробинок) или толщину нити (для этого нужно намотать на карандаш много витков этой нити) и т.д.

Задача 5.4. Чтобы определить диаметр проволоки, ученик намотал вплотную на карандаш 30 витков, которые заняли часть карандаша длиной 3 см (рис. 5.7). Определите диаметр проволоки.

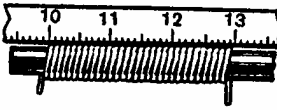


Рис. 5.7

Решение. Диаметр проволоки равен длине, приходящейся на один виток. То есть на один виток приходится длина:

$$\frac{3\text{ см}}{30} = \frac{30\text{ мм}}{30} = 1\text{ мм}.$$

Ответ: 1 мм.

СТОП! Решите самостоятельно: Б8, Б9, В4, В5.

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

Задачи очень лёгкие

А1. Определите цену деления и пределы измерения у мензурки, изображённой на рис. 5.8.

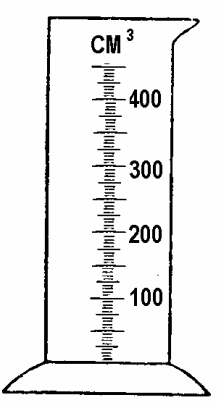


Рис. 5.8

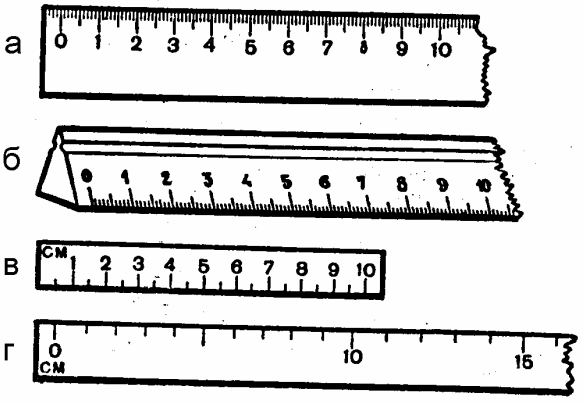


Рис. 5.9

А2. Определите цену деления у линеек, изображённых на рис. 5.9.

А3. На рис. 5.10 показаны мензурка и термометр. Найдите цену деления и пределы их измерения.

А4. Какова длина бруска, изображенного на рис. 5.11?

А5. На рис. 5.12 показано, как можно измерить диаметр шара. Определите его.

А6. Предложите способ определения диаметра металлического цилиндра при помощи линейки. Какие ещё приспособления для этого потребуются?

А7. Объясните с помощью рис. 5.13, как можно определить объём тела, которое не помещается в мензурке.

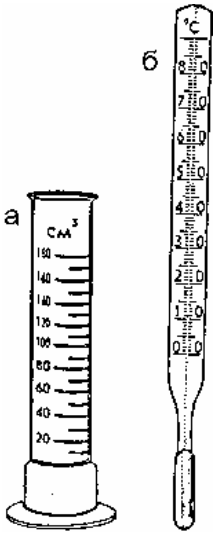


Рис. 5.10

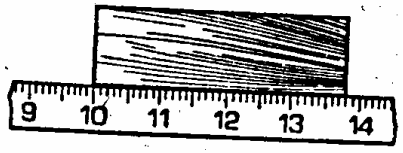


Рис. 5.11

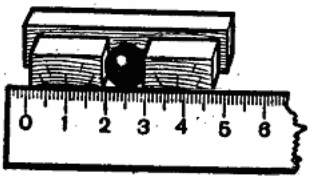


Рис. 5.12

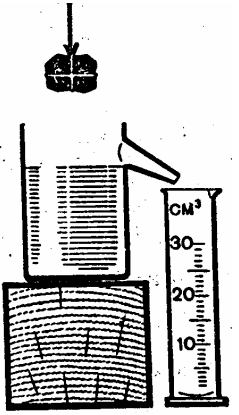


Рис. 5.13

Задачи лёгкие

Б1. Сравните между собой приборы, изображённые на рис. 5.14. Каково их назначение? Одинакова ли их форма? Рассмотрите шкалы этих приборов: равномерные они или нет? Найдите цену деления и пределы измерения.

Б2. Определите цену деления мензурок, изображённых на рис. 5.15. Каковы пределы измерения мензурок?

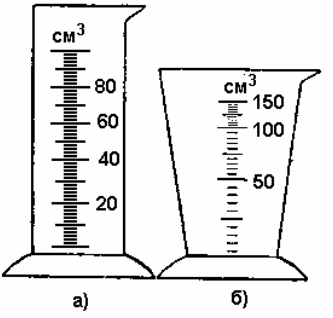


Рис. 5.14

Б3. Определите, сколько жидкости налито в мензурки, изображённые на рис. 5.15.

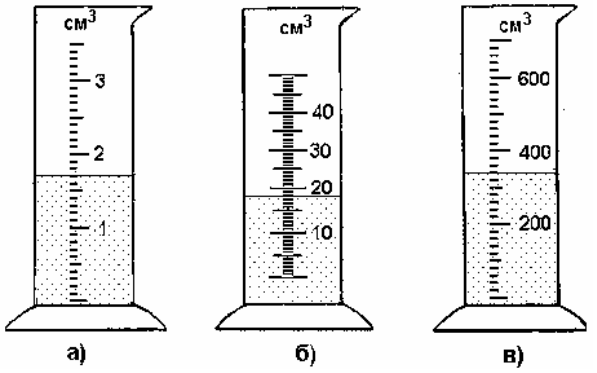


Рис. 5.15

Б4. Каковы объёмы жидкостей в мензурках, изображённых на рис. 5.16?

Б5. Сколько манной крупы насыпано в мензурку на рис. 5.17?

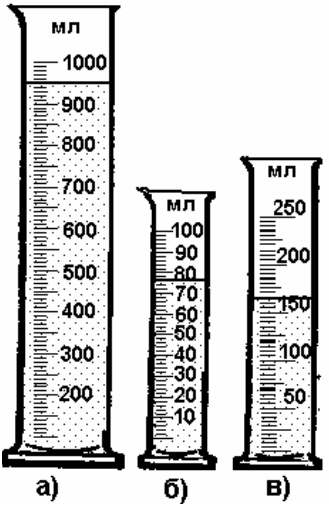


Рис. 5.16

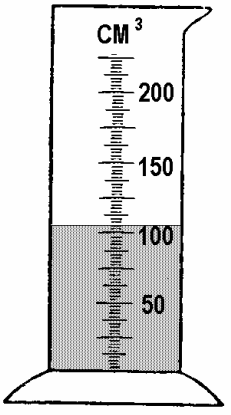


Рис. 5.17

Б6. Определите показание секундомера на рис. 5.18.

Б7. 1. Определите цену деления шкалы каждого термометра (рис. 5.19).

2. Какую максимальную температуру можно измерить термометрами, показанными на рис. 5.19,*б* и *д*?

3. Какую минимальную температуру можно измерить термометрами, показанными на рис. 5.19,*а* и *г*?

4. Какую температуру показывает каждый термометр?

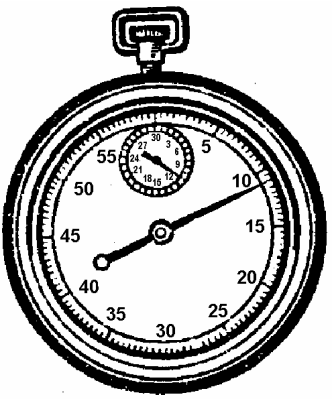


Рис. 5.18

Б8. Предложите способ определения толщины пятирублёвых монет при помощи линейки.

Б9. Предложите способ определения толщины листа бумаги, если в вашем распоряжении нет микрометра. Какие приборы для этого потребуются?

Б10. Как с помощью измерительной линейки определить средние диаметры мелких однородных предметов, например зёрен пшена, чечевицы, мака, булавочных головок и т.п.?

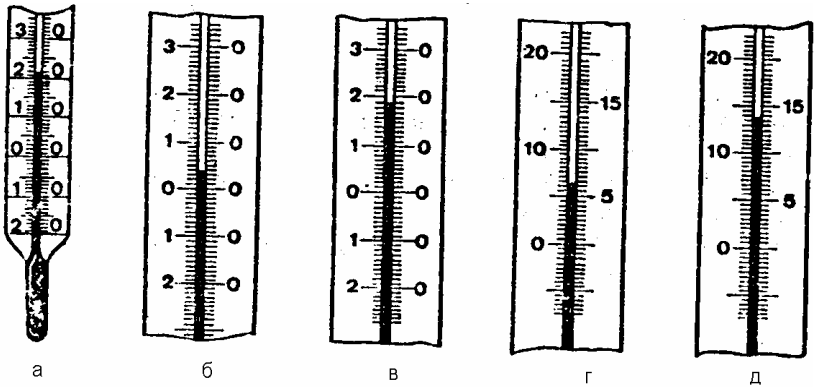


Рис. 5.19

Б11. Для рассматривания микропрепаратов под микроскопом их помещают на стеклянную пластинку и сверху покрывают очень тонким покровным стеклышком. Как определить толщину покровного стеклышка?

Задачи средней трудности

В1. Определите объём тел, помещённых в мензурки, изображённые на рис. 5.20.

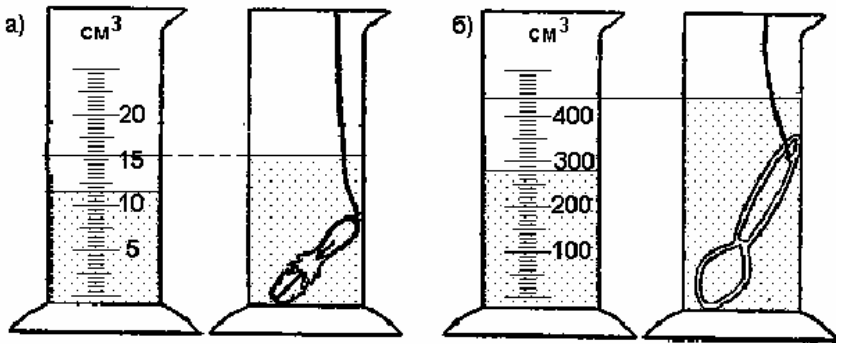


Рис. 5.20

В2. Каким будет уровень воды в мензурках, если в них погрузить тела, имеющие размеры, указанные на рис. 5.21?

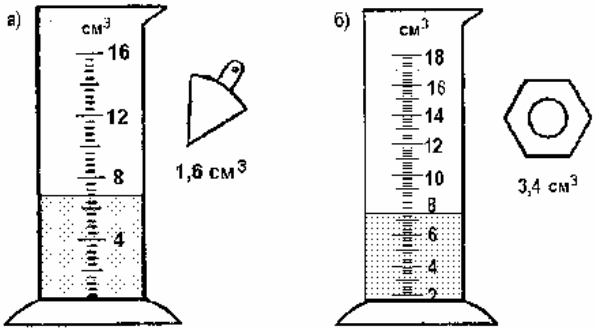


Рис. 5.21

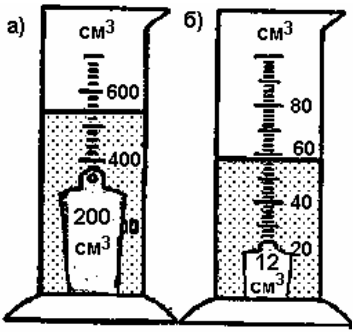


Рис. 5.22

В3. Сколько воды было налито в мензурки, если положения уровней воды после погружения в них тел указанных размеров отмечены на рис. 5.22?

В4. Предложите способ определения объёма капли из пипетки, если в вашем распоряжении имеются стаканчик с водой, мензурка и пипетка.

В5. Предложите способ определения среднего объёма свинцовой

дробинки, если в вашем распоряжении имеются мензурка, сосуд с водой и коробка дроби.

Задачи трудные

Г1. Из тонкостенного стакана цилиндрической формы надо изготовить мензурку. Какие приборы для этого понадобятся?

Г2. Тело неправильной формы не входит в мензурку. Есть два цилиндрических сосуда различного диаметра, вода и мензурка. Предложите способ определения объёма тела.

Г3. Вам даны кастрюля вместимостью 2 л, ведро с водой и чайник, в который необходимо как можно точнее отлить из ведра воду объёмом 1 л. Как это можно сделать?

§ 6. О ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ И ТОЧНОСТИ ВЫЧИСЛЕНИЙ

Математическая справка: как округлить число?

Пусть заданно число в *стандартном виде*, например: $2{,}234 \cdot 10^{6}$; $6{,}87 \cdot 10^{-5}$; $1{,}34567 \cdot 10^{1}$; $4{,}3 \cdot 10^{0}$ и т.п.

При *округлении* числа отбрасывают одну или несколько его последних цифр. Если первая отброшенная цифра равна 5 или больше 5, то последнюю из сохраняемых цифр увеличивают на единицу; если первая отброшенная цифра меньше 5, то последнюю из сохраняемых цифр оставляют без изменения.

Пример 6.1. Округлите следующие числа:

1) $1{,}234 \cdot 10^{6}$ до двух значащих цифр;

2) $6{,}87 \cdot 10^{-6}$ до одной значащей цифры;

3) $1{,}203 \cdot 10^{0}$ до трёх значащих цифр;

4) $6{,}99 \cdot 10^{2}$ до двух значащих цифр.

Решение.

1. В числе $1{,}234 \cdot 10^6$ требуется оставить две значащие цифры, следовательно, последние две (тройку и четверку) надо отбросить. Так как первая из отброшенных цифр (тройка) меньше 5, то последнюю из сохраняемых цифр (двойку) оставляем без изменений. Получаем:

$$1{,}234 \cdot 10^6 \approx 1{,}2 \cdot 10^6$$

(знак ≈ означает «приблизительно равно»).

2. В числе $6{,}87 \cdot 10^{-6}$ требуется оставить одну значащую цифру, следовательно, две последние (8 и 7) надо отбросить. Так как первая из отброшенных цифр 8 > 5, то последнюю (и единственную!) из сохраняемых цифр – шестерку надо увеличить на 1, то есть вместо 6 записать 7. Получаем:

$$6{,}87 \cdot 10^{-6} \approx 7 \cdot 10^{-6}.$$

3. В числе $1{,}203 \cdot 10^0 = 1{,}203$ требуется оставить три значащие цифры, значит, последнюю цифру (3) надо отбросить, а поскольку 3 < 5, то последняя из сохраняемых цифр (ноль) остается без изменений:

$$1{,}203 \cdot 10^0 = 1{,}203 \approx 1{,}20.$$

Читатель: Наверное, правильнее написать не 1,20, а 1,2: ведь 1,20 = 1,2.

Автор: Нет. Вот тут Вы не правы: 1,2 = 1,20 при условии, что 1,2 и 1,20 – *точные*, а не приближенные значения числа. Если же речь идет о приближенных значениях, то записи $a \approx 1{,}2$ и $a \approx 1{,}20$ имеют различный смысл: если $a \approx 1{,}2$, то это значит, что *точное* значение числа a удовлетворяет условию $1{,}15 \le a < 1{,}25$, а если $a \approx 1{,}20$, то $1{,}195 \le a < 1{,}205$! Как видите, ноль в числе 1,20 несёт вполне конкретную информацию, и отбрасывать его нельзя.

4. В числе $6{,}99 \cdot 10^2$ требуется оставить две значащие цифры, значит, последнюю девятку надо отбросить. При этом последнюю из сохраняемых цифр (9) надо увеличить на 1, то есть вместо 9 записать 0, а цифру в следующем разряде увеличить на единицу: 6+1 =7.

$$6{,}99 \cdot 10^2 = 7{,}0 \cdot 10^2.$$

СТОП! Решите самостоятельно: А1 (а), А2 (а), Б1 (а), Б2 (а).

Пример 6.2. Округлите до двух значащих цифр числа: 1) 5,391; 2) 40,2; 3) 0,0251; 4) 0,302; 5)9,991.

Решение. В данном случае можно действовать по описанному выше правилу, не приводя числа к стандартному виду:

1) $5{,}391 \approx 5{,}4$;
2) $40{,}2 \approx 40$;
3) $0{,}0251 \approx 0{,}025$;
4) $0{,}302 \approx 0{,}30$;
5) $9{,}991 \approx 10$.

СТОП! Решите самостоятельно: А3 (а, б, в), А4 (а, б, в).

Пример 6.3. Округлите до двух значащих цифр числа: 1) 1234; 2) 10024; 3) 751 516,7.

Решение.

Автор: В данном случае непосредственно округлить числа, просто отбрасывая цифры слева, не удастся: в самом деле, нельзя же, округляя 1234 до двух значащих цифр, написать, что $1234 \approx 12$!

Читатель: А может быть, вместо отброшенных слева цифр написать нули? Тогда получим: $1234 \approx 1200$.

Автор: Так тоже не годится, ведь запись $a \approx 1200$ означает, что число a имеет четыре значащие цифры: 1,2,0,0. А от нас требуется сохранить только две значащие цифры: 1 и 2.

Читатель: Так как же тогда быть?

Автор: Очень просто! Сначала приведем наши числа к стандартному виду, а потом округлим их так, как мы делали это в примере 6.1:

1) $1234 = 1{,}234 \cdot 10^3 \approx 1{,}2 \cdot 10^3$;
2) $10024 = 1{,}0024 \cdot 10^4 \approx 1{,}0 \cdot 10^4$;
3) $751\,516{,}7 = 7{,}515167 \cdot 10^5 \approx 7{,}5 \cdot 10^5$.

СТОП! Решите самостоятельно: Б3 (а, б, в), Б4 (а, б, в).

Автор: Рассмотрим такую задачу: дан чертеж прямоугольника. Как с помощью измерительной линейки определить его площадь?

Читатель: Извините меня, но эта задача для первого класса! Измеряем сначала одну сторону, потом другую...

Автор (перебивая): Допустим, одна сторона оказалась a = = 3,1 см, а вторая b = 4,1 см.

Читатель: А дальше находим площадь по формуле:

$$S = a \cdot b = 3{,}1 \text{ см} \times 4{,}1 \text{ см} = 12{,}71 \text{ см}^2.$$

Автор: А Вы уверены, что площадь *точно* 12,71 см^2, а не 12,72 или, скажем, 12,45 см^2?

Читатель: Конечно, уверен! А какие тут могут быть сомнения?

Автор: Давайте немного задумаемся над словами: «одна сторона оказалась равной 3,1 см». Что это значит? Это значит, что, приложив линейку к стороне прямоугольника, мы увидим примерно то, что показано на рис. 6.1,*а.*

Но если мы воспользуемся лупой, то увидим, что деление, соответствующее длине 3,1 см либо немного не доходит до конца стороны прямоугольника (рис. 6.1,*б*), либо, наоборот, заходит за него (рис. 6.1,*в*). Кроме того, и линия, которая изображает на чертеже сторону прямоугольника, и штрихи, обозначающие деления линейки, имеют определённую толщину. Поэтому, я думаю, Вы согласитесь, что значение длины стороны прямоугольника – приближенная величина.

Возникает вопрос: какова же точность наших измерений? «На глазок» измерить длину с точностью до десятых долей миллиметра мы не сможем, но утверждать, что полученное нами значение длины отличается от настоящей не более чем на полмиллиметра, можно. Ведь полмиллиметра – это половина цены деления линейки. Поэтому, утверждая, что длина стороны прямоугольника a равна 3,1 см, мы имеем в виду, что на самом деле

$$3{,}05 \text{ см} \le a < 3{,}15 \text{ см}.$$

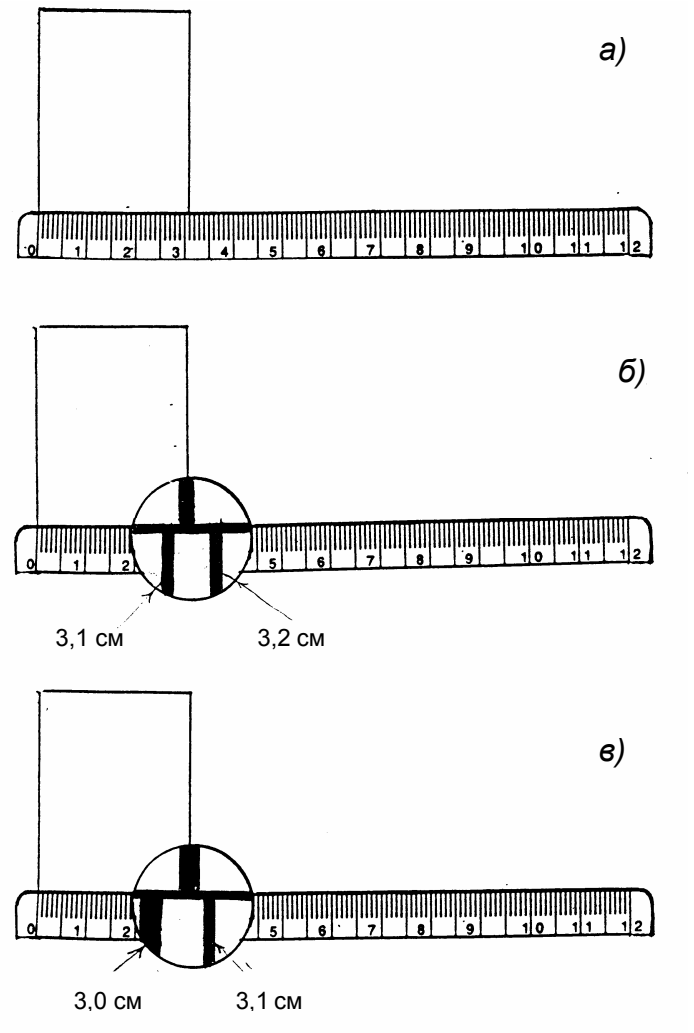


Рис. 6.1

Точно так же, утверждая, что сторона b равна 4,1 см, мы имеем в виду, что на самом деле

$$4{,}05 \text{ см} \le b < 4{,}15 \text{ см}.$$

Бóльшую точность с помощью обычной измерительной линейки получить нельзя.

Читатель: Согласен.

Автор: Но в таком случае придется поставить под сомнение правильность полученного Вами значения площади S = 12,71 см^2. Ведь при вычислении Вы использовали *точные* значения 3,1 см и 4,1 см, а на самом деле (как мы с Вами выяснили) эти значения приближенные.

Читатель: Как же тогда быть?

Автор: Давайте предположим сначала, что a и b принимают свои минимально возможные значения: a = = 3,05 см, b = 4,05 см. В этом случае

$$S = 3{,}05 \text{ см} \cdot 4{,}05 \text{ см} = 12{,}3525 \text{ см}^2.$$

Теперь давайте предположим, что a и b принимают свои максимальные значения: a = 3,15 см, b = 4,15 см. Тогда площадь

$$S = 3{,}15 \text{ см} \cdot 4{,}15 \text{ см} = 13{,}0725 \text{ см}^2.$$

Таким образом, истинное значение площади прямоугольника лежит в интервале:

$$12{,}3525 \text{ см}^2 \le S \le 13{,}0725 \text{ см}^2.$$

Читатель: Выходит, на вопрос, чему равна площадь прямоугольника, надо отвечать, что значение площади лежат в таких-то пределах?

Автор: Именно так и поступают физики, когда приводят результаты эксперимента. Более того, существует целая теория расчёта погрешностей... Но всему своё время.

При решении задач по физике мы будем пользоваться одним достаточно простым (хоть и не очень строгим с точки зрения теории погрешностей) правилом:

Полученный после действий умножения и деления результат необходимо округлить так, чтобы в нём осталось столько же значащих цифр, сколько их имеет заданная величина с наименьшим числом значащих цифр.

Например, в нашей задаче каждая из сторон была задана с точностью до двух значащих цифр: 3,1 см и 4,1 см. Значит,

и полученный результат надо округлить до двух значащих цифр:

$$12{,}71\ \text{см}^2 \approx 13\ \text{см}^2,$$

то есть в качестве ответа надо писать не $S = 12{,}71\ \text{см}^2$, а $\underline{S \approx 13\ \text{см}^2}$.

Задача 6.1. Стороны прямоугольника соответственно равны: 1) $a = 11{,}3$ см; $b = 6{,}1$ см; 2) $a = 0{,}9$ см; $b = 60{,}1$ см; 3) $a = 3{,}1$ м; $b = 6{,}1$ мм. Определите площадь прямоугольника.

Решение. Заметим, что главное в этой задаче – правильно округлить полученный результат. Во всех трёх случаях площадь вычисляется по формуле $S = ab$.

$a = 11{,}3$ см $b = 6{,}1$ см
$S = ?$

1. Так как величина с наименьшим числом значащих цифр в данном случае имеет две значащие цифры ($b = 6{,}1$ см), то и ответ мы должны округлить до двух значащих цифр:

$$S = ab = 11{,}3\ \text{см} \cdot 6{,}1\ \text{см} = 68{,}93\ \text{см}^2 \approx 69\ \text{см}^2.$$

$a = 0{,}9$ см
$b = 60{,}1$ см
$S = ?$

2. В данном случае наименее точно заданная величина содержит одну значащую цифру ($a = 0{,}9$ см), поэтому и ответ мы должны округлить до одной значащей цифры:

$$S = ab = 0{,}9\ \text{см} \cdot 60{,}1\ \text{см} = 54{,}09\ \text{см}^2 =$$
$$= 5{,}409 \cdot 10\ \text{см}^2 \approx 5 \cdot 10\ \text{см}^2.$$

$a = 3{,}1$ м
$b = 6{,}1$ мм
$S = ?$

3. Здесь длина стороны a задана в метрах, а стороны b – в миллиметрах. Для вычисления площади необходимо, чтобы величины измерялись в одних и тех же единицах. Для этого достаточно, например, выразить значение a в миллиметрах:

$$a = 3{,}1\ \text{м} = 3{,}1 \cdot (1\ \text{м}) = 3{,}1 \cdot 10^3\ \text{мм}.$$

Теперь произведём вычисление площади:

$$S = ab = (3{,}1 \cdot 10^3\ \text{мм}) \cdot (6{,}1\ \text{мм}) = 18910\ \text{мм}^2 =$$
$$= 1{,}8910 \cdot 10^4\ \text{см}^2 \approx 1{,}9 \cdot 10^4\ \text{см}^2.$$

Так как в данном случае обе стороны заданы с точностью до двух значащих цифр, то и ответ мы округлили до двух значащих цифр.

Ответ: 1) $S = ab \approx 69$ см^2; 2) $S = ab \approx 5 \cdot 10$ см^2;

3) $S = ab \approx 1{,}9 \cdot 10^4$ см^2.

СТОП! Решите самостоятельно: А5 (а, б), В1 (а, б).

Задача 6.2. Сторона прямоугольника a = 7 см, а площадь S = 1 см^2. Найдите вторую сторону.

a = 7 см, S = 1 см^2 b = ?	*Решение*. Так как данные задачи содержат одну значащую цифру, то и ответ надо округлить до одной значащей цифры.

$$S = a \cdot b \Rightarrow \frac{S}{a} = \frac{\cancel{a}b}{\cancel{a}} \Rightarrow b = \frac{S}{a}.$$

Подставим численные значения:

$$b = \frac{S}{a} = \frac{1 \text{ см}^2}{7 \text{ см}} = 0{,}142857142 \text{ см} \approx 0{,}1 \text{ см}.$$

Ответ: $b = \frac{S}{a} \approx 0{,}1$ см.

СТОП! Решите самостоятельно: Б5 (а, б), В2 (а, б).

Задача 6.3. В ведро, в котором находилось V_1 = 5,8 л воды, долили ещё: а) V_2 = 1,7 л; б) V_2 = 5,7 л; в) V_2 = =0,8 л; г) V_2 = 0,08 л; д) V_2 = 0,0081 л. Определите общий объём воды в ведре.

Решение.

Автор: Ясно, что общее количество воды $V = V_1 + V_2$. Главная трудность в том, чтобы правильно округлить полученный результат.

а) $V = V_1 + V_2$ = 5,8 л + 1,7 л = 7,5 л.

Исходные данные имели по две значащие цифры, и результат тоже имеет две значащие цифры, то есть никакого округления делать не нужно.

б) $V = V_1 + V_2$ = 5,8 л + 5,7 л = 11,5 л.

Читатель: Тут результат имеет три значащие цифры, а исходные данные только две. Значит, результат нужно округлить до двух значащих цифр: 11,5 л ≈ 12 л.

Автор: Я не согласен. Здесь мы имеем дело не с умножением, а со сложением. Если каждое слагаемое мы знаем с точностью *до десятых*, то почему же мы и сумму не будем знать с такой же точностью? Округление *до единиц* здесь будет слишком грубым, поэтому результат 11,5 л округлять не нужно!

в) $V = V_1 + V_2 = 5{,}8$ л + 0,8 л = 6,6 л.

Читатель: Здесь мы тоже знаем оба слагаемых с точностью *до десятых*, значит, округлять результат, наверное, не нужно?

Автор: Вы совершенно правы.

г) $V = V_1 + V_2 =$ 5,8 л + 0,08 л = 5,88 л.

Читатель: Но здесь-то уж точно нужно округлять? Ведь первое слагаемое задано с точностью *до десятых*, а второе – с точностью *до сотых*.

Автор: Да, вот тут результат действительно нужно округлить *до десятых*, поскольку за сотые мы ручаться не можем:

5,8 л + 0,08 л = 5,88 л ≈ 5,9 л.

д) $V = V_1 + V_2 =$ 5,8 л + 0,0081 л = 5,8081 л.

Читатель: Здесь первое слагаемое мы знаем с точностью *до десятых*, а второе не имеет ни десятых, ни даже сотых! Но если мы округлим до десятых, то получим: 5,8081 л ≈ 5,8 л. То есть после прибавления к 5,8 л объёма 0,0081 л окажется, что мы *ничего не прибавили*! Разве это правильно?

Автор: Да. Такую малую добавку величина V_1 = 5,8 л просто «не заметит», поэтому сумма будет приближенно равна первому слагаемому: 5,8 л + 0,0081 л = = 5,8081 л ≈ 5,8 л.

Ответ: а) $V \approx 7{,}5$ л; б) $V \approx 11{,}5$ л; в) $V \approx 6{,}6$ л; г) $V \approx 5{,}9$ л; д) $V \approx 5{,}8$ л.

Теперь сформулируем общее правило округления результата при сложении и вычитании физических величин.

При сложении и вычитании результат округляется так, чтобы он не имел значащих цифр в тех разрядах, которые отсутствуют хотя бы в одной из заданных величин.

СТОП! Решите самостоятельно: Б6 (а, д, и), В3 (а, е, з).

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

Задачи очень лёгкие

А1. Округлите до трёх значащих цифр числа: а) $6{,}9805 \cdot 10^{2}$; б) $4{,}79036 \cdot 10^{-3}$; в) $4{,}22716 \cdot 10^{3}$; г) $7{,}6298 \cdot 10^{-3}$; д) $4{,}3016 \cdot 10^{-6}$.

А2. Округлите до двух значащих цифр числа: а) $8{,}27 \cdot 10^{-2}$; б) $2{,}71 \cdot 10^{-3}$; в) $2{,}65 \cdot 10^{4}$; г) $1{,}601 \cdot 10^{-5}$; д) $3{,}07 \cdot 10^{-6}$.

А3. Округлите до двух значащих цифр числа: а) 2,15; б) 95,4; в) 0,957; г) 0,0981; д) 0,989; е) 0,991.

А4. Округлите до одной значащей цифры числа: а) 5,701; б) 1,28; в) 0,0329; г) 0,89; д) 0,946.

А5. По данным сторонам *a* и *b* прямоугольника вычислите его площадь *S:*

а) a = 6,9 см, b = 8,7 см;

б) a = 0,16 м, b = 1,12 м;

в) a = 78 мм, b = 0,48 мм;

г) a = 1,01 м, b = 2,02 м.

Задачи лёгкие

Б1. Округлите до двух значащих цифр числа:

а) $8{,}001 \cdot 10^{0}$; б) $4{,}07 \cdot 10^{1}$; в) $8{,}01 \cdot 10^{6}$;

г) $6{,}98 \cdot 10^{16}$; д) $9{,}98 \cdot 10^{-3}$.

Б2. Округлите до одной значащей цифры числа:

а) $8{,}94 \cdot 10^{3}$; б) $9{,}03 \cdot 10^{-3}$; в) $9{,}81 \cdot 10^{6}$;

г) $9{,}99 \cdot 10^{1}$; д) $9{,}81 \cdot 10^{-6}$.

Б3. Округлите до двух значащих цифр числа: а) 123; б) 867; в) 9611; г) 10 822; д) 10 063; е) 9987.

Б4. Округлите до одной значащей цифры числа:

а) 53,1; б) 59,2; в) 931; г) 392; д) 991; е) 892.

Б5. По стороне a и площади S прямоугольника найдите другую его сторону:

а) $S = 4$ см^2, $a = 2{,}0$ см; б) $S = 9{,}1$ см^2, $a = 3{,}1$ см;
в) $S = 80$ см^2, $a = 2{,}1$ см; г) $S = 2{,}12$ м^2, $a = 2{,}9$ м;
д) $S = 8180$ мм^2, $a = 90$ мм; е) $S = 0{,}22$ м^2, $a = 0{,}118$ м.

Б6. Два куска пластилина соединили в один. Масса первого куска $m_1 = 23{,}1$ г. Определите массу получившегося куска, если масса второго куска равна:

а) $m_2 = 3{,}2$ г; б) $m_2 = 0{,}3$ г; в) $m_2 = 0{,}31$ г;
г) $m_2 = 0{,}03$ г; д) $m_2 = 0{,}001$ г; е) $m_2 = 103{,}1$ г;
ж) $m_2 = 98{,}1$ г; з) $m_2 = 100$ г; и) $m_2 = 990$ г.

Задачи средней трудности

В1. По данным сторонам a и b прямоугольника вычислите его площадь S (в квадратных сантиметрах):

а) $a = 2{,}1$ см, $b = 0{,}12$ м;
б) $a = 22$ мм, $b = 4{,}61$ см;
в) $a = 212$ мм, $b = 1{,}2$ м;
г) $a = 2{,}61 \cdot 10^3$ мм, $b = 0{,}12$ м;
д) $a = 2{,}6 \cdot 10^{-3}$ м, $b = 23{,}1$ см;
е) $a = 0{,}62$ м, $b = 2{,}3 \cdot 10^4$ мм.

В2. По стороне a и площади S прямоугольника найдите другую его сторону:

а) $S = 26 \cdot 10^{-4}$ м^2, $a = 21$ см;
б) $S = 24 \cdot 10^{-3}$ м^2, $a = 120$ мм;
в) $S = 1$ м^2, $a = 13$ см;
г) $S = 0{,}10$ м^2, $a = 4{,}71$ дм;
д) $S = 24 \cdot 10^3$ км^2, $a = 1{,}21 \cdot 10^6$ мм;
е) $S = 1246$ мм^2, $a = 0{,}0124$ м.

В3. Из ведра с водой отлили некоторое количество воды. Сколько воды осталось в сосуде, если начальный объём воды $V = 10{,}0$ л, а отлитый объём равен:

а) $V_1 = 5{,}0$ л; б) $V_1 = 5$ л; в) $V_1 = 0{,}5$ л;
г) $V = 0{,}50$ л; д) $V_1 = 0{,}050$ л; е) $V_1 = 0{,}0050$ л;
ж) $V_1 = 9{,}0$ л; з) $V_1 = 9{,}9$ л; и) $V_1 = 9{,}99$ л?

B4. По данным сторонам треугольника вычислите его периметр (сумму длин сторон):

а) a = 12,3 см, b = 12 см, c = 10 см;

б) a = 1 см, b = 1,5 см, c = 1,15 см;

в) a = 1 км, b = 1,1 км, c = 200 м;

г) $a = 1{,}21 \cdot 10^2$ см, $b = 1{,}31 \cdot 10^2$ см, c = 1,41 м;

д) $a = 1{,}22 \cdot 10^{-3}$ м, $b = 1{,}3 \cdot 10^{-2}$ м, c = 13 мм;

е) $a = 15 \cdot 10^{-3}$ м, $b = 2{,}52 \cdot 10^{-2}$ м, c = 15,1 мм.

§ 7. НЕМНОГО ГЕОМЕТРИИ: ПРЯМОУГОЛЬНЫЙ ПАРАЛЛЕЛЕПИПЕД, ОКРУЖНОСТЬ, КРУГ, ЦИЛИНДР, ШАР

Прямоугольный параллелепипед

Таким труднопроизносимым термином называется тело, имеющее форму спичечного коробка. У прямоугольного параллелепипеда есть длина a, ширина b и высота c (рис. 7.1).

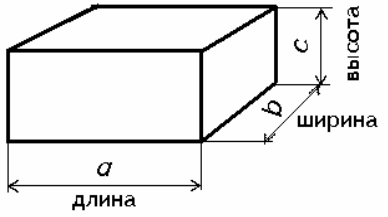


Рис. 7.1

Для того чтобы найти объём прямоугольного параллелепипеда, надо длину умножить на ширину и умножить на высоту:

$$V = a \cdot b \cdot c. \quad (7.1)$$

Заметим, что прямоугольный параллелепипед, длина, ширина и высота которого равны, называется *кубом* (рис. 7.2). Любая из сторон куба называется *ребром*. Если ребро куба равно a, то объём куба равен

$$V = a \cdot a \cdot a = a^3. \quad (7.2)$$

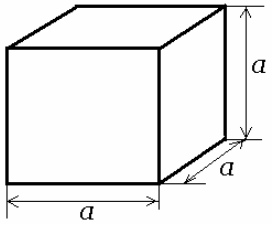


Рис. 7.2

Задача 7.1. Определите объём спичечного коробка, если его длина a = 50 мм, ширина b = 37 мм, высота c = = 14 мм.

a = 50 мм b = 37 мм c = 14 мм V = ?	*Решение.* Согласно формуле (7.1) $V = a \cdot b \cdot c$ = (50 мм)·(37 мм)·(14 мм) = = 25900 мм^3 = 2,5900·10^4 мм^3 ≈ ≈ 2,6·10^4 мм^3.

(Результат мы округлили до двух значащих цифр, так как исходные данные a, b и c заданы двумя значащими цифрами.)

Ответ: $V = a \cdot b \cdot c \approx 2{,}6 \cdot 10^4$ мм^3.

СТОП! Решите самостоятельно: А1, А2, Б1, Б2 (а). (Не забывайте округлять результат!)

Окружность

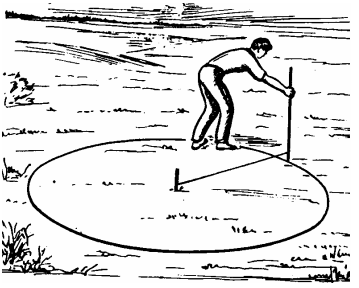


Рис. 7.3

Вы, конечно, знаете, что начертить окружность на бумаге проще всего с помощью циркуля. Если циркуля под рукой нет, можно воспользоваться способом, показанным на рис. 7.3.

Отрезок, соединяющий центр окружности (точку O) с любой точкой, лежащей на окружности (точка A), называется *радиусом* окружности. А отрезок, соединяющий две точки, лежащие на окружности (A и B), и проходящий через центр окружности, называется *диаметром* окружности (рис. 7.4). Радиус окружности обычно обозначают буквой R, а диаметр – буквой D.

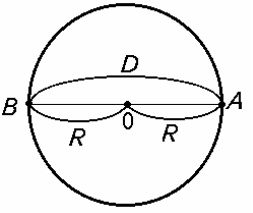


Рис. 7.4

Из рис. 7.4 видно, что диаметр равен двум радиусам:

$$D = 2R. \qquad (7.3)$$

Возникает вопрос: как, зная диаметр окружности, определить её длину?

Оказывается, **для любой окружности** отношение длины окружности к её диаметру – одно и то же число! Это число условились обозначать греческой буквой π (пи). Итак, число π равно:

$$\frac{\textit{Длина окружности}}{\textit{Диаметр окружности}} = \pi = 3{,}141592654...$$

Заметим, что число π – *иррациональное*, то есть оно выражается бесконечной непериодической десятичной дробью. Для практических расчетов число π обычно округляют до трёх значащих цифр: $\pi \approx 3{,}14$.

Зная число π, легко получить формулу для вычисления длины окружности. Пусть l – длина окружности, а D – её диаметр. Тогда $\frac{l}{D} = \pi$. Умножим обе части на D, получим $\frac{l}{D} D = \pi D$. Сократив D, получаем формулу для длины окружности:

$$l = \pi D. \qquad (7.4)$$

Учитывая, что диаметр равен двум радиусам: $D = 2R$, из формулы (7.4) легко получить: $l = \pi \cdot (2R)$ или $l = 2\pi R$.

Запомним:

$$l = 2\pi R. \qquad (7.5)$$

Задача 7.2. Какова длина окружности, если её радиус R = 2,0 м?

R = 2,0 м	*Решение.* Согласно формуле (7.5)
l = ?	$l = 2\pi R = 2\pi \cdot (2{,}0\text{ м}) \approx (2 \cdot 3{,}14 \cdot 2{,}0)\text{ м} =$
	$= 12{,}56\text{ м} \approx 13\text{ м}.$

Ответ: $l = 2\pi R \approx 13$ м.

СТОП! Решите самостоятельно: А4, А5, А6, Б4.

Круг

Часть плоскости, ограниченная окружностью, называется *кругом*. Подчеркнем, что окружность – это линия, а круг – плоская фигура (рис. 7.5).

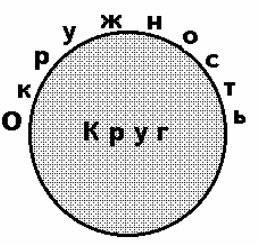


Рис. 7.5

Если круг имеет радиус R, то его площадь S вычисляется по формуле:

$$S = \pi R^2 . \qquad (7.6)$$

Если учесть, что радиус равен половине диаметра $R = \frac{D}{2}$, то можно записать:

$$S = \pi R^2 = \pi\left(\frac{D}{2}\right)^2 = \frac{\pi D^2}{2^2} = \frac{\pi D^2}{4}.$$

Итак:

$$S = \frac{\pi D^2}{4}. \qquad (7.7)$$

Задача 7.3. Определите площадь круга радиусом R = =3,1 см.

R = 3,1 см	*Решение.* Согласно формуле (7.6)
S =?	$S = \pi R^2 = \pi\cdot(3{,}1\text{ см})^2 \approx 3{,}14\cdot(3{,}1\text{см})^2 =$
	$= 30{,}1754\text{ см}^2 \approx 30\text{ см}^2$.

Ответ: $S = \pi R^2 \approx 30\text{ см}^2$.

СТОП! Решите самостоятельно: А8, А9, А10, Б6.

Цилиндр

Цилиндр изображен на рис. 7.6. *Основанием* цилиндра является круг. Форму цилиндра имеет, например, круглый карандаш (разумеется, до того, как его заточили).

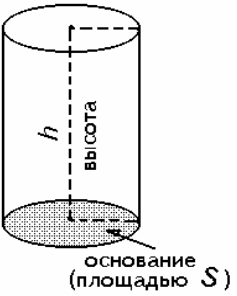


Рис. 7.6

Объём цилиндра равен произведению его площади основания на высоту:

$$V = S \cdot h. \qquad (7.8)$$

Задача 7.4. Цилиндр имеет основание площадью S = =0,5 м^2 и высоту h = 2 м. Определите объём цилиндра.

S = 0,5 м^2 h = 2 м V = ?	*Решение.* Согласно формуле (7.8): $V = S \cdot h = (0{,}5\ \text{м}^2) \cdot (2\ \text{м}) \approx 1\ \text{м}^3$.

Напомним, что исходные данные – всегда приближенные величины. В данном случае каждая исходная величина (S и h) задана одной значащей цифрой. Результат вычисления также получился с одной значащей цифрой. Но хотя округления результата здесь проводить не надо, нельзя забывать, что объём V – тоже приближенная величина. Поэтому в окончательном ответе стоит знак приближенного равенства.

Ответ: $V = S \cdot h \approx 1\ \text{м}^3$.

СТОП! Решите самостоятельно: А11, А12, Б8.

Шар

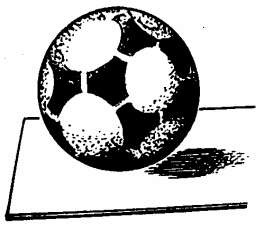


Рис. 7.7

Что такое *шар*, вы, конечно же, знаете. Форму шара имеет, например, футбольный мяч (рис. 7.7). Отрезок, соединяющий центр шара (точка O) с любой точкой на его поверхности (точка A), называется *радиусом* шара (рис. 7.8). А отрезок, соединяющий две точки на поверхности шара (A и B) и проходящий через центр шара (точку O), называется *диаметром* шара. Радиус шара обычно обозначают буквой R, а диаметр – буквой D.

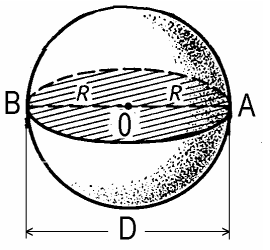


Рис. 7.8

Из рис. 7.8 видно, что $D = 2R$. Объём шара вычисляется по формуле:

$$V = \frac{4}{3}\pi R^3.$$

(7.9)

Задача 7.5. Вычислите объём шара, имеющего радиус R = 2,1 см.

R = 2,1 см	*Решение.* Согласно формуле (7.9)
V = ?	$V = \frac{4}{3}\pi R^3 = \frac{4}{3}\pi \cdot (2{,}1\,\text{см})^3 \approx$

$$\approx \frac{4}{3} \cdot 3{,}14 \cdot (2{,}1\ \text{см})^3 = 38{,}77272\ \text{см}^3 \approx 39\ \text{см}^3.$$

Ответ: $V = \frac{4}{3}\pi R^3 \approx 39\ \text{см}^3$.

СТОП! Решите самостоятельно: Б10, Б11, Б12.

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

Задачи очень лёгкие

А1. Определите объём комнаты, если её длина a = 6,2 м, ширина b = 4,2 м, а высота c = 3,1 м.

А2. Железобетонная плита имеет длину a = 5,8 м, ширину b = =1,8 м и высоту c = 0,20 м. Определите объём плиты.

А3. Определите объём прямоугольного бруска, если его размеры таковы: длина a = 10 см, ширина b = 8 см, высота c = 5 см.

А4. Диаметр обруча D = 0,50 м. Какова длина окружности обруча?

А5. Верхний край чайного блюдца представляет собой окружность диаметром D = 15 см. Какова длина этой окружности?

А6. Радиус монеты R = 17 мм. Какова длина окружности монеты?

А7. Искусственный пруд имеет форму круга радиуса R = 30 м. Какова длина береговой линии пруда?

А8. Определите площадь поверхности круглого озера радиусом R = 1,2 км.

А9. Определите площадь цирковой арены, если известно, что внутренний диаметр её равен D = 13 м.

А10. Определите площадь поверхности монеты диаметром D = =16 мм.

А11. Сосновое полено имеет форму цилиндра с площадью основания S = 400 см^2 и высотой h = 30 см. Определите объём полена.

А12. Вычислите объём цилиндрического стакана, если его высота h = 20 см, а площадь основания S = 52 см^2.

Задачи лёгкие

Б1. Определите объём прямоугольного бруска, длина которого a = 1,2 м, ширина b = 8 см, толщина c = 5 см.

Б2. Вычислите объём куба, если его ребро имеет длину:
а) a = 2,3 см; б) a = 0,211 м; в) a = 0,8 дм.

Б3. Высота гранитной колонны равна c = 4 м, основание колонны – прямоугольник со сторонами a = 50 см и b = 60 см. Определите объём колонны.

Б4. Диаметр дерева определяли, намотав на ствол дерева веревку. Длина веревки, целиком обхватившей ствол дерева, равна l = 1,2 м. Определите диаметр дерева.

Б5. Круглая лужайка огорожена изгородью длиной l = 50 м. Каков радиус лужайки?

Б6. Дно стакана имеет диаметр D = 6 см. Какова площадь дна стакана?

Б7. Срез апельсина представляет собой круг диаметром D = =7 см. Какова площадь среза?

Б8. Стебель пшеничного колоса имеет длину h = 60 см и площадь основания S = 2 мм^2. Определите объём стебля.

Б9. Консервная банка цилиндрической формы имеет высоту h = =52 мм и площадь основания S = 102 см^2. Определите объём консервной банки.

Б10. Вычислите объём шарика для настольного тенниса, если его радиус равен R = 15 мм.

Б11. Вычислите объём футбольного мяча, если его радиус R = =12,5 см.

Б12. Вычислите объём астероида, имеющего шарообразную форму, если его радиус равен R = 1,5 км.

Задачи средней трудности

В1. По трем ребрам a, b и c прямоугольного параллелепипеда вычислите его объём (ответ дайте в кубических миллиметрах):

а) a = 2,1 мм, b = 3,1 см, c = 0,12 м;

б) $a = 2{,}1 \cdot 10^3$ мм, $b = 34 \cdot 10^2$ см, c = 2 м;

в) a = 0,12 м, $b = 1{,}2 \cdot 10^{-2}$ м, c = 121 мм;

г) $a = 2{,}1 \cdot 10^{-3}$ м, $b = 0{,}13 \cdot 10^{-2}$ м, c = 1,12 мм;

д) $a = 65 \cdot 10^3$ мм, $b = 6{,}50 \cdot 10^3$ мм, c = 70 м;

е) a = 124 мм, b = 256 мм, c = 36 мм;

ж) a = 0,121 м, b = 0,15 м, c = 0,17 м;

з) $a = 7{,}3 \cdot 10^{-3}$ м, $b = 6{,}3 \cdot 10^{-3}$ м, c = 2,31 см;

и) a = 15 м, b = 15 см, $c = 1 \cdot 10$ мм.

В2. Объём прямоугольного бруска равен V = 10 см^3, а высота h = 2 см. Определите площадь основания бруска.

В3. Площадь основания прямоугольной колонны равна S = =0,25 м^2, а объём V = 1 м^3. Какова высота колонны?

В4. Определите площадь опоры колонны Исаакиевского собора в Санкт-Петербурге, если известно, что она имеет форму цилиндра диаметром D = 1,7 м. Каков объём колонны Исаакиевского собора, если её высота h = 17 м?

В5. Круглый стакан вмещает объём V = 200 мл воды. Какова высота столба воды, если площадь поверхности воды S = 20 см^2?

В6. Круглый карандаш имеет объём V = 3,75 см^3 и площадь основания S = 25 мм^2. Определите длину карандаша.

В7. Определите объём цилиндра, если радиус основания равен R = 1 см, а его высота h = 12 см.

В8. Вычислите объём земного шара, если его радиус R = = 6400 км.

В9. Вычислите объём капельки тумана, если её диаметр D = =0,1 мм.

Задачи трудные

Г1. Ученые подсчитали, что на корне пшеничного стебля имеется n = 10 000 000 волосков, служащих растению для питания. Какова общая длина этих волосков и какова площадь поперечного сечения волоска, если средняя длина его равна l = 2 мм, а общий объём их составляет V = 1,5 см^3?

Г2. У вас есть моток тонкой проволоки, карандаш и тетрадь в клетку. Как можно определить примерную площадь поперечного сечения проволоки?

Г3. Как определить внутреннюю площадь дна металлического толстостенного сосуда с небольшим отверстием вверху (рис. 7.9) с помощью мензурки с водой, линейки и тонкого стального стержня?

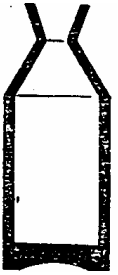


Рис. 7.9

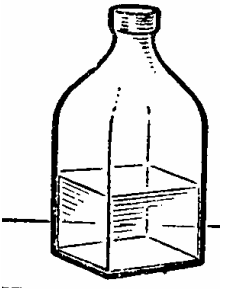


Рис. 7.10

Г4. Закрытая тонкостенная бутылка прямоугольной формы с плоским дном частично заполнена водой (рис. 7.10). Как, не открывая бутылку и имея лишь линейку, определить вместимость бутылки?

Г5. В ваше распоряжение предоставляются стеклянный тонкостенный цилиндрический сосуд, вода, линейка и флакон от духов. Как, используя только эти материалы, определить объём стекла флакона?

§ 8. ТЕПЛОВОЕ РАСШИРЕНИЕ ТВЁРДЫХ ТЕЛ И ЖИДКОСТЕЙ

Тепловое расширение твёрдых тел

Из опыта известно, что при нагревании размеры твёрдых тел немного увеличиваются, а при охлаждении – уменьшаются. Например, телеграфные провода в жаркую погоду провисают заметно больше, чем во время зимних морозов. В этом легко убедиться, если провести следующий опыт: нагревая натянутую проволоку электрическим током, мы видим, что она заметно провисает, а по прекращении нагревания снова натягивается (рис. 8.1).

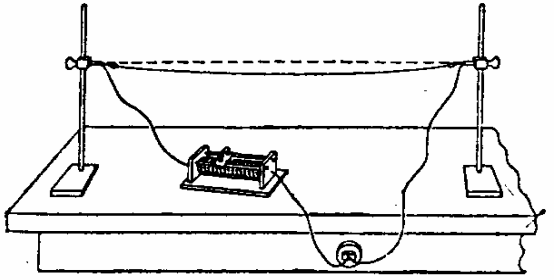


Рис. 8.1

Можно проделать и такой опыт: возьмём небольшой стальной шарик и металлическое кольцо, внутренний диаметр которого при комнатной температуре в точности равен диаметру шарика. При комнатной температуре шарик пройдёт сквозь кольцо (рис. 8.2,*а*). Но если шарик нагреть на газовой

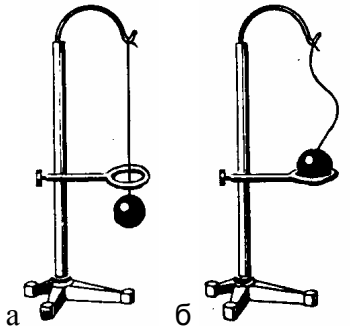


Рис. 8.2

горелке, он застрянет в кольце (рис. 8.2,*б*).

Читатель: Я понял, что все линейные размеры тел при нагревании увеличиваются. Но не вполне понятно, что произойдет, если нагревать тело, имеющее отверстие. Взять, например, то же кольцо, через которое продевали шарик (см. рис. 8.2). То, что внешний диаметр кольца увеличится, понятно. А вот что будет с внутренним диаметром? Он тоже увеличится или, наоборот, уменьшится (рис. 8.3)?

Автор: Опыт показывает, что размеры всех «дырок» изменяются с изменением температуры так же, как и остальные линейные размеры. Иными словами, *форма* тела, какой бы сложной она ни была, с изменением температуры *не меняется* – изменяются только *размеры*: при нагревании увеличиваются, при охлаждении уменьшаются. Значит, при нагревании внутренний диаметр кольца также увеличится. Кстати, в этом нетрудно убедиться на опыте. Для этого надо сначала нагреть на газовой горелке шарик так, чтобы он перестал проходить через кольцо. Если потом нагреть кольцо, то шарик опять будет проходить через него!

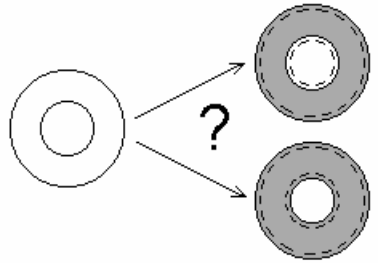


Рис. 8.3

СТОП! Решите самостоятельно: А1–А4, Б1, Б2.

Почему при нагревании некоторые тела разрушаются?

Если в стеклянный стакан налить кипяток, то стакан может треснуть. Почему? Дело здесь в *неравномерном* нагреве. Стекло плохо проводит тепло, поэтому, когда мы наливаем кипяток, внутренняя поверхность стакана сразу нагревается до 100 °С, а внешняя ещё сохраняет комнатную температуру.

В результате слои стекла, прилегающие к внутренней поверхности стакана, начинают расширяться, а слои, прилегающие к внешней поверхности стакана, – ещё нет. Получается так, как если бы мы приложили к внутренней поверхности стакана дополнительное давление. А стекло – вещество хрупкое, такого давления может и не выдержать.

СТОП! Решите самостоятельно: А5, Б5, Б6, Б7.

Как велики изменения размеров твёрдых тел при нагревании?

Оказывается, *очень невелики*! Ну, просто сущая ерунда. Приведем экспериментальные факты. Если изготовить стержни из различных материалов так, чтобы при 20° они имели длину *точно* 1 м, а затем нагреть их *точно* на 1°, то удлинения этих стержней будут такими, как показано в таблице 8.1.

Таблица 8.1

Удлинения метровых стержней при увеличении температуры от 20° до 21°

Вещество	Удлинение, мм	Вещество	Удлинение, мм
Асфальт	0,2	Железо, сталь	0,012
Бронза	0,0175	Стекло обычное	0,010
Медь	0,017	Инвар (сплав железа и никеля)	0,005

Скажем прямо, «на глазок» заметить такие изменения длины практически невозможно. Однако для *хрупких* веществ даже столь небольшие изменения размеров могут быть опасны. Взять, к примеру, асфальт. По сравнению со стеклом он при нагревании расширяется в 20 раз сильнее, поэтому асфальтовые покрытия на дорогах постоянно дают трещины и нуждаются в постоянном ремонте: ведь суточные колеба-

ния температуры приводят к неравномерному нагреву асфальта. А из-за этого возникают внутренние напряжения (как в стакане с кипятком), которые приводят к разрушению.

СТОП! Решите самостоятельно: А6, В4, В5, В6.

Тепловое расширение тел, изготовленных из разных материалов

Большинство вещей, которыми мы пользуемся, изготовлены из нескольких веществ. А разные вещества при нагревании расширяются по-разному: одни больше, другие меньше. Возникает вопрос: не может ли различное изменение размеров материалов, из которых изготовлен предмет, привести к его разрушению? Оказывается, может, если одно из веществ хрупкое (например, стекло).

Задача 8.1. Какие требования надо предъявить к проволоке, которую впаивают в стекло электрической лампочки? Почему?

Решение. Главное требование – одинаковое изменение размеров проволоки и стекла при изменении температуры. Если проволока будет расширяться сильнее или слабее, чем стекло, это вызовет в стекле внутренние напряжения (как в стакане, в который налили кипяток), и стекло может треснуть.

СТОП! Решите самостоятельно: А7, А8, А9, Б8.

Тепловое расширение жидкостей

Жидкости, как и твёрдые тела, с увеличением температуры расширяются, но значительно больше, чем твёрдые тела.

Экспериментально установлено, что если взять *точно* 1 м^3 различных веществ при температуре 20° и нагреть эти вещества *точно* на 1°, то объёмы веществ увеличатся, как показано в таблице 8.2.

Таблица 8.2

Увеличение объёмов 1 м^3 различных веществ при увеличении температуры от 20° до 21°

Вещество	Увеличение объёма, см^3	Вещество	Увеличение объёма, см^3
Стекло обычное	30	Машинное масло	720
Железо, сталь	36	Спирт этиловый	1100
Ртуть	181	Керосин, нефть	1100

То есть керосин, например, увеличивается в объёме в 30 раз больше, чем железо!

СТОП! Решите самостоятельно: А10, Б9, Б10, В7.

Термометр

На тепловом расширении жидкостей основано устройство прибора для измерения температуры – термометра, который представляет собой небольшой сосуд (резервуар) с жидкостью, соединенный с длинной и узкой вертикальной трубкой (рис. 8.4,*а*). Чтобы жидкость не испарялась, трубку сверху запаивают. При повышении температуры жидкость расширяется и поднимается вверх по трубке. Если сделать на трубке соответствующим образом отметки, то высота подъема жидкости покажет её температуру.

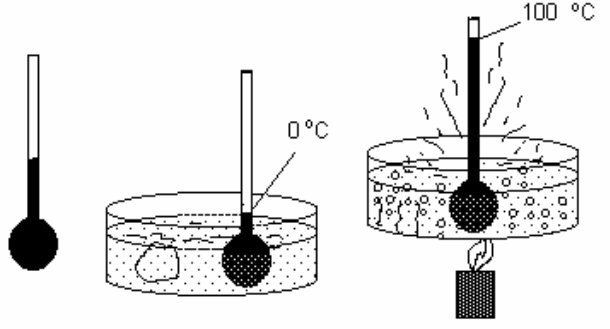


Рис. 8.4

Читатель: В общем-то, понятно. Но вот *как* сделать на трубке отметки «соответствующим образом»?

Автор: Очень просто. По шкале Цельсия[1] за 0 °С принимается температура таяния льда, а за 100 °С – температура кипения воды при атмосферном давлении. Значит, для того чтобы получить нулевую отметку, надо опустить наш еще не проградуированный термометр в воду с тающим льдом (рис. 8.4,*б*), а чтобы получить стоградусную отметку – в кипящую воду (рис. 8.4,*в*). После того, как эти две отметки сделаны, остается только разделить интервал между ними на 100 равных частей, и термометр готов!

Читатель: Мне вот что не понятно: ведь с повышением температуры расширяется не только жидкость, но и сосуд, в который она налита. Значит, если сосуд расширяется больше, чем жидкость, то может получиться так, что при нагревании уровень жидкости будет не подниматься, а наоборот, опускаться?

Автор: Вы правы! Можно подобрать такую жидкость и такое твёрдое тело, для которых это возможно. Но в основном жидкости всё же расширяются при нагревании значительно больше, чем твёрдые тела, поэтому *обычно* с повышением температуры уровень жидкости в сосуде повышается.

Читатель: А почему термометры заполняют обычно спиртом или ртутью? Не проще ли просто взять подкрашенную воду? Это было бы и дешевле, и безопаснее: ведь ртуть – вещество вредное для здоровья, да и спирт тоже... в некотором смысле.

Автор: Дело в том, что вода при нагревании ведёт себя довольно необычно. При нагревании от 0 до 4 °С объём воды *уменьшается*. При дальнейшем нагревании объём увеличивается. Таким образом, наименьший объём данная масса воды имеет при температуре 4°С. Ясно, что для

[1] Цельсий Андерс (1701–1744) – шведский астроном и физик. В 1742 г. предложил температурную шкалу (шкала Цельсия).

термометра вода – не самая подходящая жидкость. (Подумайте: почему?)

СТОП! Решите самостоятельно: Б11, Б12, В9, В11.

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

Задачи очень лёгкие

А1. Зачем на точных измерительных инструментах указывается температура (обычно 20 °С)?

А2. Почему при проводке телеграфной линии летом нельзя сильно натягивать провода между столбами?

А3. Зачем при изготовлении колес для электровозов, тепловозов, трамваев стальной бандаж (шину) перед одеванием на колесо сильно нагревают?

А4. В центре медного диска сделано отверстие. Изменится ли диаметр этого отверстия при нагревании и как?

А5. Почему зубные врачи не рекомендуют есть очень горячую пищу?

А6. Почему наиболее точные измерительные инструменты делаются из особого сплава – инвара?

А7. Для пайки электродов в электрическую лампу применяют специальный сплав – платинид, расширяющийся при нагревании так же, как и стекло. Что произойдет, если впаять в стекло медную проволоку (медь расширяется значительно больше стекла)?

А8. Объясните причину трескания эмали в посуде. При каких условиях трескание эмали было бы меньше?

А9. Объясните, какое значение имеет одинаковое тепловое расширение железа и бетона в железобетонных сооружениях.

А10. Почему нельзя наливать бензин в цистерну доверху?

Задачи легкие

Б1. На диске, вырезанном из медной пластинки, начертили отрезок прямой (рис. 8.5). Останется ли он прямым, если диск нагреть?

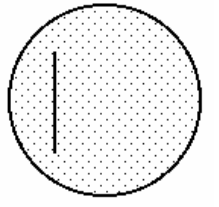


Рис. 8.5

Б2. На диске, вырезанном из медной пластинки, начертили окружность (рис. 8.6). Останется ли она правильной окружностью, если диск нагреть?

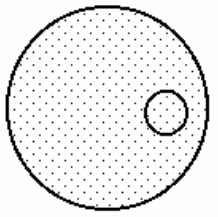


Рис. 8.6

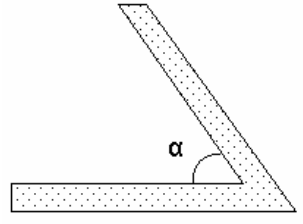


Рис. 8.7

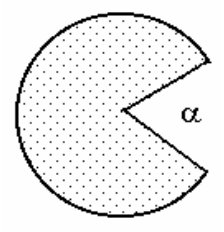


Рис. 8.8

Б3. Из медного листа вырезана пластинка, имеющая форму, изображенную на рис. 8.7. Изменится ли угол α при нагревании пластинки?

Б4. В диске из медной пластинки сделали вырез в виде сектора (рис. 8.8). Изменится ли угол α, если диск перенести из холодного помещения в тёплое?

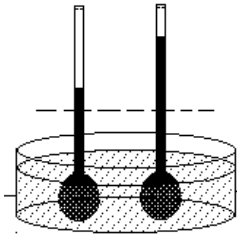
Б5. Почему между плитами бетонного шоссе делают зазоры?

Б6. Почему стаканы из толстого стекла лопаются чаще, чем тонкостенные, если в них наливают крутой кипяток?

Б7. Трещины на поверхности скал чаще всего образуются в жаркий день. Почему?

Б8. Поршни цилиндров двигателей обычно делают из того же материала, что и стенки цилиндров. Почему?

Б9. Бензиновая колонка имеет наверху десятилитровые емкости, которыми отмеривается бензин. Когда выгоднее покупать бензин: среди жаркого дня или лучше подождать до вечера, когда жара спадёт?



Б10. Два сосуда с трубками наполнили один машинным маслом, другой керосином до уровня, отмеченного пунктиром на рис. 8.9, и затем поставили в сосуд с горячей водой. В каком сосуде масло, а в каком керосин?

Б11. Мальчик заметил, что если одинаковые хрустальные вазы заполнить водой, температура которой 12 °С, и одну из

Рис. 8.9

них оставить в помещении, где температура воздуха 5 °С, а другую перенести в комнату с температурой 20 °С, то со временем в холодном помещении высота уровня воды в вазе устанавливается несколько ниже её верхнего края, а в тёплой комнате часть воды выливается. Как можно объяснить наблюдаемое явление?

Б12. Почему при охлаждении уровень воды в бутылке опускается, ведь бутылка тоже сжалась?

Задачи средней трудности

В1. Стальную полоску согнули так, как показано на рис. 8.10. Изменится ли расстояние *AB* между концами полоски, если перенести её из холодного помещения в тёплое?

В2. Толстую проволоку согнули так, как показано на рис. 8.11. Изменится ли расстояние *AB* между концами проволоки, если перенести её из холодного помещения в тёплое?

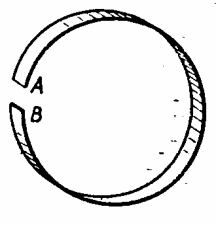


Рис. 8.10

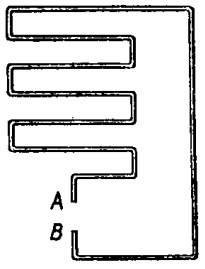


Рис. 8.11

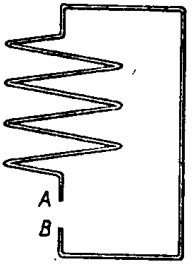


Рис. 8.12

В3. Толстую проволоку согнули так, как показано на рис. 8.12. Изменится ли расстояние *AB* между концами проволоки, если перенести её из холодного помещения в тёплое?

В4. На медные болты вручную навинтили (с небольшим усилием) железные гайки. Затем часть этих болтов с гайками отправили в неотапливаемый цех завода, а другую часть – в кузнечно-прессовый цех, где температура окружающего воздуха очень высокая. Чем можно объяснить, что в холодном цехе болты от гаек освобождать довольно легко, а в горячем цехе освобождать эти болты от гаек вручную порой бывает не под силу?

В5. Что надо сделать, чтобы вынуть стальной болт, застрявший в бронзовой втулке?

В6. На рис. 8.13 изображены две пластинки – медная и железная, скреплённые вместе. Пластинки нагреваются. Определите, какая из них медная, а какая железная.

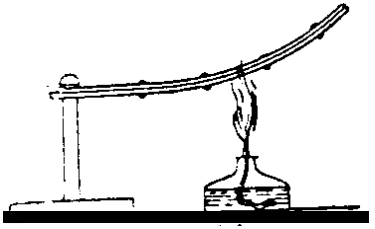


Рис. 8.13

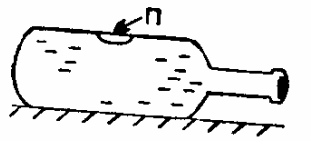


Рис. 8.14

В7. Увеличится или уменьшится объём пузырька воздуха (П на рис. 8.14), находящегося в закрытой бутылке с нагретым маслом, после его остывания?

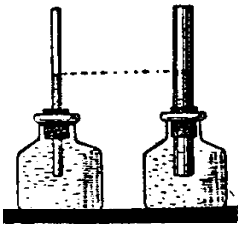


Рис. 8.15

В8. Как изменятся уровни масла в стеклянных трубках, соединённых с сосудами равных объёмов (рис. 8.15) при нагревании масла в них на одно и то же число градусов?

В9. Если термометр погрузить в очень горячую воду, то сначала столбик ртути уменьшается, а затем начинает расти. Объясните это явление.

В10. Если термометр быстро вынуть из горячей воды в холодном помещении, то уровень ртути в термометре сначала немного повышается, а затем начинает понижаться. Почему?

В11. Как бы действовал термометр, если бы в нём была не ртуть, а вода?

В12. Какова температура воды на дне озера, если температура воздуха –30 °С? Почему?

Задачи трудные

Г1. Тонкая пластинка слюды лежит на медной пластинке, расположенной горизонтально. Если поместить на слюду стальной шарик, предварительно его нагрев в пламени спиртовки, шарик не останется на одном месте, а будет перекатываться в том или ином направлении. Почему это происходит?

Г2. Площадь боковой поверхности куба, сделанного из некоторого сплава металлов, равна S = 150 см^2. После нагревания куба каждое его ребро стало длиннее на Δl = 1 мм. На сколько изменился объём куба?

Г3. Если нагретую медную лопатку положить на брусок свинца треугольного сечения (рис. 8.16), то можно явственно услышать звук. Объясните природу возникновения этого звука.

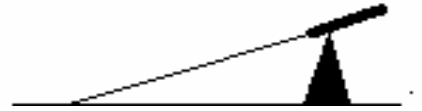


Рис. 8.16

Г4. В центре дна кастрюли имеется маленькое отверстие, через которое вода вытекает из кастрюли в течение трёх суток. Как изменится время вытекания воды, если эту кастрюлю с водой перенести в холодное помещение? (Изменением вязкости и объёма воды при её охлаждении пренебречь.)

Г5. Изогнутый кусок проволоки длиной 4l укреплён на подставке (рис. 8.17). Выясните, куда примерно переместится конец проволоки A, если её перенести из холодного помещения в тёплое. Считайте, что подставка энергии не поглощает.

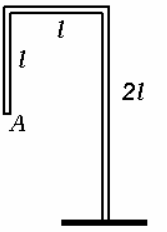


Рис. 8.17

§ 9. МОЛЕКУЛЯРНОЕ СТРОЕНИЕ ВЕЩЕСТВА

Экспериментально установлено, что *все вещества* состоят из мельчайших частиц – *молекул*.

Молекула вещества – это наименьшая частица данного вещества. Например, наименьшая частица воды – молекула воды, наименьшая частица сахара – это молекула сахара и т.д. Молекулы одного и того же вещества *абсолютно одинаковые.* Молекулы разных веществ – разные.

Молекулы состоят из ещё более мелких частиц – ***атомов.*** Например, молекула кислорода (а) состоит из двух одинаковых атомов – атомов ки-

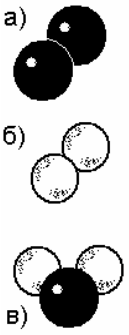


Рис. 9.1

слорода, молекула водорода (б) – из двух атомов водорода, а молекула воды (в) – из одного атома кислорода и двух атомов водорода (рис. 9.1). Некоторые молекулы состоят только из одного атома, как, например, молекула гелия.

Как мы уже знаем, при нагревании размеры твёрдых тел и жидкостей увеличиваются, а при охлаждении – уменьшаются. Как это объяснить с точки зрения молекулярного строения вещества, ведь размеры молекул всегда постоянны?

Очень просто! ***Между молекулами есть промежутки!*** Молекулы находятся друг от друга на расстояниях***,*** которые при нагревании увеличиваются, а при охлаждении – уменьшаются.

Размеры некоторых тел можно изменять и с помощью растяжения или сжатия. Довольно легко, например, сжать воздушный шарик руками. При этом его объём заметно уменьшится. Это значит, что расстояния между молекулами воздуха, находящегося внутри шарика, уменьшились. А сами молекулы, разумеется, остались такими же, какими были.

При растяжении резинового шнура его размеры увеличиваются за счёт увеличения расстояния между молекулами. Другое дело, что большинство твёрдых тел и жидкостей сжимаются с большим трудом, в то время как газы – довольно легко. Это связано с тем, что в твёрдых телах и жидкостях молекулы расположены достаточно близко друг к другу, а в газах расстояния между молекулами значительно больше.

Некоторые твёрдые вещества обладают способностью растворяться в жидкостях. Так, соль и сахар хорошо растворяются в воде. Это явление нетрудно объяснить, если учесть, что между молекулами воды (как, впрочем, и всякой другой жидкости) есть промежутки. В этих-то промежутках и располагаются молекулы растворяемых веществ. При этом может получиться так, что общий объём раствора окажется *меньше* начальных объёмов жидкости и твёрдого вещества. Это происходит за счёт более плотной «упаковки» молекул в растворе.

Заметим также, что некоторые жидкости могут растворяться друг в друге, например, спирт в воде.

СТОП! Решите самостоятельно: А1, А2, А3, Б1, Б4, В1, В3, В4.

Каковы же размеры молекул? Ясно, что поймать молекулу и измерить её линейкой вряд ли удастся. Но некоторые вещества, растекаясь по поверхности воды, образуют тонкие плёнки толщиной в один молекулярный слой. Благодаря таким плёнкам можно приближенно определить размеры молекул.

Задача 9.1. Кусочек парафина объёмом V = 1,0 мм^3 бросили в горячую воду. Парафин расплавился и растекся по поверхности воды, образовав тонкую плёнку площадью S = 1,0 м^2. Определите диаметр молекулы парафина, полагая, что толщина плёнки равна диаметру молекулы парафина.

V = 1,0 мм^3 S = 1,0 м^2 d =?	*Решение.* Объём парафина равен произведению площади плёнки на её толщину: $V = Sd$, отсюда находим толщину плёнки, равную диаметру молекулы:

$$d = \frac{V}{S} = \frac{1{,}0\ \text{мм}^3}{1{,}0\ \text{м}^2} = \frac{1{,}0 \cdot 10^{-9}\ \text{м}^3}{1{,}0\ \text{м}^2} = 1{,}0 \cdot 10^{-9}\ \text{м}.$$

Ответ: $d = \frac{V}{S} = 1{,}0 \cdot 10^{-9}$ м.

СТОП! Решите самостоятельно: Б6, Б7, В6.

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

Задачи очень лёгкие

А1. Одинаковы ли молекулы в воде, налитой в стакан, в капельке росы, в водяном паре над кипящей в кастрюле водой, в кубиках пищевого льда, только что вынутого из холодильника?

А2. Одинаковы ли объёмы и состав молекул у различных веществ?

А3. Чем объясняется увеличение длины проволоки при её нагревании?

А4. Почему уменьшается длина рельса при его охлаждении?

А5. Под действием груза резиновый шнур удлинился. Изменились ли при этом промежутки между частицами резины?

Задачи лёгкие

Б1. Одинаковы ли объёмы и состав молекул холодной и горячей воды?

Б2. К резиновому шнуру подвесили груз. Его длина увеличилась. Груз сняли. Шнур принял прежние размеры. Как изменялось расстояние между молекулами шнура?

Б3. Как изменяются промежутки между частицами медной заклепки при нагревании и охлаждении?

Б4. Длина столбика ртути в трубке комнатного термометра увеличилась. Увеличилось ли при этом число молекул ртути? Изменился ли объём каждой молекулы ртути в термометре?

Б5. Капля стеариновой кислоты растекается по поверхности воды до образования очень тонкой плёнки, её толщина около 0,000002 мм. Более тонких плёнок стеариновой кислоты получить не удается. Как можно объяснить этот факт? Как вы думаете, каков размер молекулы стеариновой кислоты?

Б6. Капля масла объёмом $V = 0{,}003$ мм^3 растеклась по поверхности воды тонким слоем и заняла площадь $S = 300$ см^2. Принимая толщину слоя равной диаметру молекулы масла, определите этот диаметр.

Б7. Оцените средний размер молекулы нефти, если капля нефти объёмом $V = 3$ мм^3 образовала на поверхности воды плёнку площадью $S = 3$ м^2. Считайте, что молекулы в плёнке расположены в один слой.

Б8. Оцените средний размер молекул масла, если капля масла объёмом $V = 0{,}4$ см^3 растеклась по поверхности воды, образовав пятно площадью $S = 500$ м^2. Считайте, что молекулы расположены в один слой.

Задачи средней трудности

В1. Можно ли сказать, что объём газа в сосуде равен сумме объёмов его молекул?

В2. Дано отношение произвольного объёма воды к сумме объёмов молекул этой же воды и отношение такого же объёма пара к сумме объёмов молекул того же пара. Какое отношение больше?

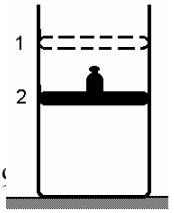


Рис. 9.2

В3. Под действием груза поршень в цилиндре опустился (рис. 9.2). Когда же груз удалили, то поршень

занял прежнее положение *1*. Как при этом изменилось отношение объёма воздуха, находящегося под поршнем, к сумме объёмов его молекул?

В4. Если в стакан, наполненный водой доверху, осторожно и медленно всыпать ложку соли, то вода не перельется через край. Как можно объяснить этот опытный факт?

В5. Если в мензурку налить 10 см^3 воды, а затем долить 10 см^3 ртути, то уровень воды окажется против отметки 20 см^3 на шкале мензурки. Если в мензурку налить 10 см^3 спирта, а затем долить 10 см^3 воды, то уровень жидкости в мензурке окажется ниже отметки 20 см^3 на шкале прибора. Как можно объяснить этот опытный факт?

В6. Какую площадь займёт на воде масляное пятно, если объём пролитого масла равен V = 0,3 см^3, а диаметр молекул d = 0,003 мкм. Считайте, что молекулы расположены в один слой.

В7. Нефть образовала на поверхности воды пятно площадью S = 2 м^2. Считая, что молекулы расположены в один слой, найдите объём нефти. Размер молекулы считать равным d = 0,001 мкм.

§ 10. ДВИЖЕНИЕ МОЛЕКУЛ. ТЕМПЕРАТУРА ТЕЛА. ДИФФУЗИЯ. БРОУНОВСКОЕ ДВИЖЕНИЕ

Что такое температура? В § 8 мы рассмотрели прибор для измерения температуры – термометр, но что измеряет этот прибор, мы пока так и не выяснили. Долгое время учёные определяли температуру несколько туманно, говорили примерно так: «Температура есть мера нагретости тела». Иными словами, чем горячéе тело на ощупь, тем выше его температура.

На первый взгляд, вроде бы логично, но... ведь не всякое тело можно потрогать руками. Ситуация прояснилась только после открытия молекулярного строения вещества. Оказа-

лось, что все молекулы находятся в непрерывном движении, и *чем быстрее движутся молекулы, тем выше температура тела.*

Диффузия

Положим в стакан холодного чая кусок сахара. Сахар растает и образует густой сироп на дне стакана. Этот сироп хорошо виден, если посмотреть сквозь стакан на свет. Оставим стакан в покое на несколько часов. Останется ли сироп на дне стакана? Нет, он постепенно разойдется по всему стакану. Это распространение сахара по всему объёму стакана происходит самопроизвольно, так как чай никто не перемешивал. Точно так же расходится по комнате запах (например, из открытого флакона с духами). Это происходит даже в том случае, если воздух в комнате совершенно неподвижен.

В обоих случаях одно вещество (сахар, пары ароматических веществ) распространяется в другом веществе (воде, воздухе). Это явление, при котором два вещества смешиваются друг с другом, называется ***диффузией*** (от латинского слова diffusio – распространение).

Явление диффузии можно объяснить, если предположить, что молекулы вещества все время движутся. Например, при диффузии сахара в воде молекулы растворённого сахара движутся в разные стороны между также движущимися молекулами воды.

Диффузию можно наблюдать и при соприкосновении твёрдых тел, правда идёт она значительно медленнее. В одном из опытов гладко отшлифованные пластины свинца и золота положили одна на другую и сжали грузом. При обычной комнатной температуре (около 20 ^{o}C) за 5 лет золото и свинец срослись, взаимно проникнув друг в друга на расстоянии 1 мм. Получился тонкий слой из сплава золота и свинца.

Читатель: А зависит ли скорость диффузии от температуры?

Автор: Конечно. Ведь с ростом температуры скорость молекул повышается, поэтому и диффузия идёт «веселее». В этом легко убедиться, если положить кусок сахара в стакан не с холодной, а с горячей водой.

СТОП! Решите самостоятельно: А1, А3, А6, Б1, Б5, Б6.

Броуновское движение

Читатель: А как удалось выяснить, что молекулы движутся?

Автор: Доказательством движения молекул служит явление, открытое в 1827 году английским ботаником Робертом Броуном (Brown, 1773–1858).

Если наблюдать в сильный микроскоп любые маленькие частицы, находящиеся даже в совершенно спокойной жидкости или газе (например, капельки жира в воде, частицы, из которых состоит дым, капельки тумана в воздухе), то обнаруживается, что эти частицы непрерывно движутся, причём направление движения изменяется случайным образом. Движение меньших частиц сильнее, чем бóльших. Это явление и получило название *броуновского движения.*

Как Вы думаете, чем можно объяснить это движение?

Читатель: Ну, молекулы же движутся. Вот мы и наблюдаем это движение.

Автор: Вы ошибаетесь! Молекулы невозможно увидеть в обычный микроскоп, а размеры броуновских частиц в сотни и даже тысячи раз превосходят размеры молекул.

Читатель: Может быть, эти частицы движутся под действием *ударов* молекул жидкости? Ведь если частица относительно мала, а случайные удары сыплются на неё со всех сторон... Вот она и шарахается из стороны в сторону.

Автор: Верно. А почему же движение наиболее мелких частиц происходит очень быстро, а движение крупных едва заметно?

Читатель: Я думаю, что, во-первых, на большую частицу удар одной отдельно взятой молекулы не может произве-

сти сильное «впечатление», а во-вторых, если *очень много* толчков наносится со всех сторон *совершенно беспорядочно*, то суммарный эффект должен быть близок к нулю: все эти удары как бы скомпенсируют друг друга.

Автор: Ваши рассуждения совершенно справедливы.

Много ли в стакане с водой молекул воды? Оказывается, *очень* много. Всего в 18 г воды (это примерно десятая часть стакана) содержится $6{,}02 \cdot 10^{23}$ молекул воды. Забегая вперёд, отметим, что это число называется числом Авогадро.

Прежде чем двинемся дальше, попробуем представить себе число $6{,}02 \cdot 10^{23}$. Ясно, что это довольно много. Но насколько много? Представим себе пустыню площадью 6,02 млн. км^2 (для сравнения площадь Сахары 7 млн. км^2). Пусть наша пустыня покрыта слоем песка толщиной 100 м и пусть каждая песчинка имеет объём 1 мм^3. Тогда число песчинок в нашей пустыне как раз равно числу Авогадро. (Проверьте: так ли это?)

СТОП! Решите самостоятельно: В1, В2.

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

Задачи очень лёгкие

А1. Чем объясняется распространение в воздухе запахов бензина, дыма, нафталина, духов и других пахучих веществ?

А2. Открытый сосуд с углекислым газом уравновесили на весах. Почему со временем равновесие весов нарушилось?

А3. Детский резиновый шар, наполненный водородом, через несколько часов становится слабо надутым. Почему?

А4. Морское животное кальмар при нападении на него выбрасывает тёмно-синюю защитную жидкость. Почему через некоторое время пространство, заполненное этой жидкостью, даже в спокойной воде становится прозрачным?

А5. На каком явлении основано консервирование фруктов и овощей? Почему сладкий сироп приобретает со временем вкус фруктов?

А6. На каком физическом явлении основан процесс засолки овощей, рыбы, мяса? В каком случае процесс происходит быстрее: если рассол холодный или горячий?

Задачи лёгкие

Б1. Где лучше сохранить детский резиновый шарик, наполненный водородом: в холодном или тёплом помещении?

Б2. Плотины водохранилищ строят из самого плотного монолитного бетона. Однако при большом напоре воды происходит просачивание (фильтрация) воды через плотину. Как можно объяснить наблюдаемое явление?

Б3. Почему чернильные, жирные и другие пятна легче удалить сразу после того, как они были оставлены, и значительно труднее сделать это впоследствии?

Б4. В полистироловой фляге длительное время хранился керосин. Если в эту, даже очень тщательно вымытую, флягу налить молоко, то в нём мы все же будем чувствовать запах керосина. Объясните почему.

Б5. Одинаковые кусочки сахара были брошены в стаканы с водой одновременно. В каком стакане начальная температура воды была больше (рис. 10.1)?

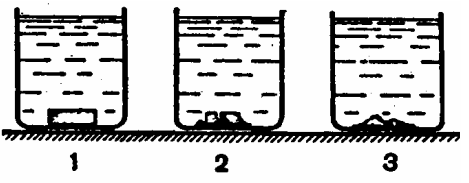


Рис. 10.1

Б6. Для придания стальным изделиям твёрдости их поверхностный слой насыщают углеродом (цементация), азотом (азотирование), алюминием (алютирование). Почему процессы проводят при очень высоких температурах? На каком физическом явлении они основаны?

Б7. Как можно ускорить диффузию в твёрдых телах?

Задачи средней трудности

В1. Если рассматривать в микроскоп каплю сильно разбавленного молока, то можно видеть, что плавающие в жидкости мелкие капли масла непрерывно движутся. Объясните это явление.

В2. Молекулы газа движутся со скоростями порядка нескольких сот метров в секунду. Почему же в воздухе запах пролитого около нас эфира или бензина мы не чувствуем мгновенно?

§ 11. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МОЛЕКУЛ

Если молекулы находятся очень далеко друг от друга, то есть на расстояниях, значительно бóльших, чем размеры самих молекул, то они практически *не взаимодействуют*: не притягиваются и не отталкиваются.

Если же молекулы находятся недалеко друг от друга, то есть на расстояниях, не на много бóльших, чем размеры молекул, то они *притягиваются*.

Если же молекулы «подойдут» друг к другу слишком близко, то есть как бы «столкнутся лбами», то они будут *отталкиваться*.

В существовании сил межмолекулярного притяжения легко убедиться, соединив, например, два кусочка пластилина: они легко прижмутся друг к другу и составят одно целое.

Читатель: А почему же тогда сила притяжения «не срабатывают», когда мы пытаемся соединить части разбитого стеклянного стакана?

Автор: Дело в том, что пластилин – вещество достаточно мягкое, а стекло – твёрдое. Поэтому молекулы пластилина удается сблизить на малое (по молекулярным меркам) расстояние, а молекулы стекла – нет. Хотя мы и с силой прижимаем части разбитого стакана друг к другу, на расстояниях, достаточных для «срабатывания» сил межмолекулярного притяжения, оказывается лишь ничтожно малое число молекул. Но если мы нагреем стекло так, что оно размягчится и станет похожим на пластилин, то осколки разбитого стакана легко соединятся друг с другом. (Проверьте экспериментально: так ли это?)

Читатель: А как убедиться в наличии сил отталкивания между молекулами?

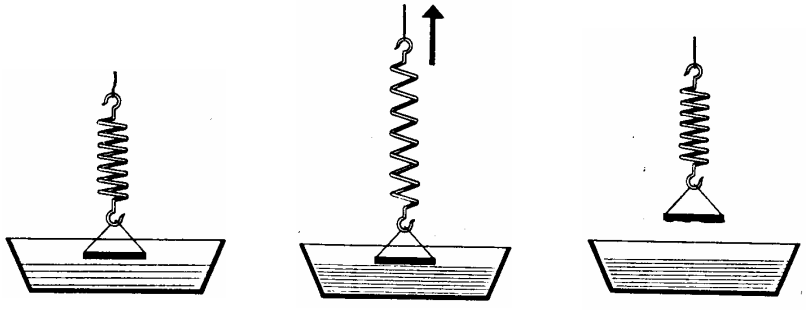
Автор: Если бы молекулы не отталкивались друг от друга, между ними не было бы промежутков. А значит, была бы невозможна диффузия. Кроме того, вещества могли бы существовать только в твёрдом состоянии, так как все

молекулы газов и жидкостей слиплись бы в один весьма прочный комок. Как мы видим, этого, к счастью, не происходит.

СТОП! Решите самостоятельно: А1, А2, А3, Б1, Б2.

Молекулы разных веществ также могут притягиваться друг к другу, если их сблизить на малое расстояние. Например, молекулы воды притягиваются к молекулам стекла даже сильнее, чем друг к другу. В этом можно убедиться на следующем опыте.

Если положить на поверхность воды стеклянную пластинку, подвешенную на пружинке (рис. 11.1,*а*), то при попытке приподнять её пружина заметно растянется (рис. 11.1,*б*). А когда пластина всё-таки оторвется от поверхности воды (рис. 11.1,*в*), к ней прилипнут капельки воды. Такой эффект называется ***смачиванием***.



а) б) в)

Рис. 11.1

Не все вещества смачиваются водой. Например, парафин водой не смачивается. При вынимании из воды куска парафина мы не увидим на нём ни одной капельки воды. Это значит, что молекулы воды сильнее притягиваются друг к другу, чем к молекулам парафина.

Отметим, что ртуть хорошо смачивает медь и совершенно не смачивает чугун. Поэтому ртуть удобно хранить в чугунной посуде.

СТОП! Решите самостоятельно: А4, А5, Б4, Б5.

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

Задачи очень лёгкие

А1. Почему разломанный карандаш мы не можем соединить так, чтобы он вновь стал целым?

А2. Плоскопараллельные концевые меры длины (плитки Иоганссона) отполированы так, что при контакте они прилипают друг к другу и взаимно удерживаются (рис. 11.2). Объясните причину этого явления.

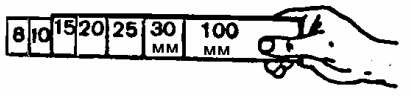


Рис. 11.2



Рис. 11.3

А3. Молекулы вещества притягиваются друг к другу. Почему же между ними существуют промежутки?

А4. Стеклянную пластинку, подвешенную на резиновом шнуре, опустили до соприкосновения с поверхностью воды (рис. 11.3). Почему при подъёме пластинки шнур растягивается?

А5. Масло сравнительно легко удаляется с чистой поверхности меди. Удалить ртуть с той же поверхности невозможно. Что можно сказать о взаимном притяжении между молекулами масла и меди, ртути и меди?

Задачи лёгкие

Б1. Сварку металлических деталей можно выполнить и холодным способом, если их, соединив, очень сильно сдавить. При каком условии такая сварка может быть выполнена?

Б2. Для чего при складывании полированных стёкол между ними кладут бумажные ленты?

Б3. Чтобы плотно закрыть стеклянный флакон, пользуются притертыми пробками. Пробку и часть горлышка флакона гладко отшлифовывают в том месте, где они соприкасаются. На чём ос-

новано применение притертых пробок?

Б4. Почему после дождя пыль на дороге не поднимается?

Б5. Почему для разделения листов бумаги, смоченных водой, требуется значительно большее усилие, чем при перелистывании сухих страниц книги?

Б6. Почему при перевозке листового стекла его смачивают водой?

§ 12. ТРИ СОСТОЯНИЯ ВЕЩЕСТВА И ИХ ОСОБЕННОСТИ

Три состояния вещества

Вещество может находиться в трёх состояниях: твёрдом, жидком и газообразном. Например, твёрдое состояние воды – это лёд.

Твёрдое тело сохраняет свою форму и свой объём. Для того чтобы изменить форму твёрдого тела, например, согнуть его или расколоть на части, необходимо приложить усилие. То есть твёрдые тела, как говорят, обладают механической прочностью. Конечно, у разных веществ прочность разная: одно дело лёд, а другое – сталь. Но, тем не менее, хоть какая-то прочность есть у каждого твёрдого тела.

Если кусок льда нагреть, то при 0 °С он расплавится (растает) и перейдёт в жидкое состояние – воду.

Вода, в отличие ото льда, не имеет своей формы – она принимает форму того сосуда, в который её налили. (Лишь очень маленькие капельки воды имеют «свою» форму – форму шариков.) Но вот свой объём вода сохраняет. Заставить воду уменьшить свой объём, попытавшись её сжать, – дело почти безнадёжное. Только при огромных давлениях вода сжимается лишь на $\frac{1}{10000}$ часть своего объёма. Свойства воды – сохранять свой объём и не сохранять форму –

характерны для всех жидкостей. Итак, ***жидкость не сохраняет своей формы, но сохраняет свой объём.***

Заметим, что не только вода, но и многие другие вещества (хотя и не все) могут находиться в твёрдом и жидком состояниях. Например, ртуть плавится при –39 °С, олово – при 232 °С, свинец – при 327 °С, сталь и чугун – примерно при 1400 °С.

Как мы знаем, вода обладает свойством высыхать (испаряться), т.е. переходить в газообразное состояние – водяной пар. Испаряться могут не только вода, но и все вещества, находящиеся в жидком состоянии: ртуть, олово, свинец, железо и т.д.

Газы в отличие от жидкостей и твёрдых тел не сохраняют ни своей формы, ни своего объёма. Они всегда полностью заполняют тот сосуд, в который их поместили: будь то бутылка или комната. Газы достаточно легко сжать, но они сопротивляются сжатию: в этом легко убедиться, сдавив резиновый мячик руками.

Отметим, что вещества, находящиеся при комнатной температуре в газообразном состоянии, при очень низких температурах могут перейти в жидкое и даже твёрдое состояние. Например, кислород при температуре ниже –219 °С, а азот при температуре ниже –210 °С – твёрдые вещества. (Напомним, что воздух состоит в основном из азота и кислорода.) Заметим также, что многие газы: азот, кислород, водяной пар – невидимы.

Читатель: Как же Вы говорите, что водяной пар невидимый, когда при кипении чайника водяной пар запросто можно увидеть?

Автор: Если внимательно посмотреть на носик кипящего чайника, то можно увидеть, что на расстоянии примерно 1–2 см от него как раз ничего и не видно, а вот дальше идёт тот самый «пар», про который Вы говорите. На самом деле, «пар» из чайника – это не водяной пар, а маленькие капельки воды, в которые превратился невидимый водяной пар. Точно так же видимый человеческим

глазом туман над рекой – это не водяной пар, а мельчайшие капельки воды.

СТОП! Решите самостоятельно: А1, А3, А6, Б5, Б6, В1.

Особенности молекулярного строения газов, жидкостей и твёрдых тел

1. В ***газах*** среднее расстояние между молекулами значительно (раз в 10 при нормальных условиях[1]) больше размера молекул. При таких расстояниях силами молекулярного взаимодействия можно пренебречь, кроме моментов, когда молекулы сталкиваются. Молекулы в газах движутся практически независимо друг от друга. Поэтому-то газы не имеют собственной формы и постоянного объёма. Нельзя наполнить газом, например, половину бутылки, так как двигаясь во всех направлениях и почти не притягиваясь друг к другу, молекулы быстро заполнят весь сосуд. При сжатии газа расстояния между молекулами уменьшаются, а при расширении – увеличиваются. Сами молекулы при этом *никак не изменяются.*

2. Частицы (молекулы или атомы) большинства ***твёрдых веществ*** расположены в определённом порядке. Эти частицы находятся в непрерывном *колебательном движении* около определённых точек, которые называются *узлами кристаллической решетки*. Свободно перемещаться с места на место частицы не могут, поэтому твёрдое тело сохраняет свою форму и свой объём. Такие вещества называются ***кристаллическими***.

На рис. 12.1 показана внутренняя структура некоторых кристаллических веществ:

а) кристаллическая решётка льда. Молекулы располагаются в вершинах правильных шестиугольников;

[1] Нормальными условиями в физике называется давление 760 мм рт. ст. и температура 0 °С.

б) элементарная ячейка поваренной соли представляет собой кубик, в вершинах которого и центрах его граней расположены атомы натрия, а на середине рёбер и в центрах ячеек расположены атомы хлора;

в) решётка графита, для которой характерна ярко выраженная слоистая структура. Связи между атомами разных слоев существенно слабее, чем в пределах одного и того же слоя. Графит, как и алмаз, состоит только из атомов углерода;

г) решётка алмаза. Каждый атом углерода является центром правильной треугольной пирамиды – тетраэдра, в вершинах которого находятся четыре ближайших соседа данного атома.

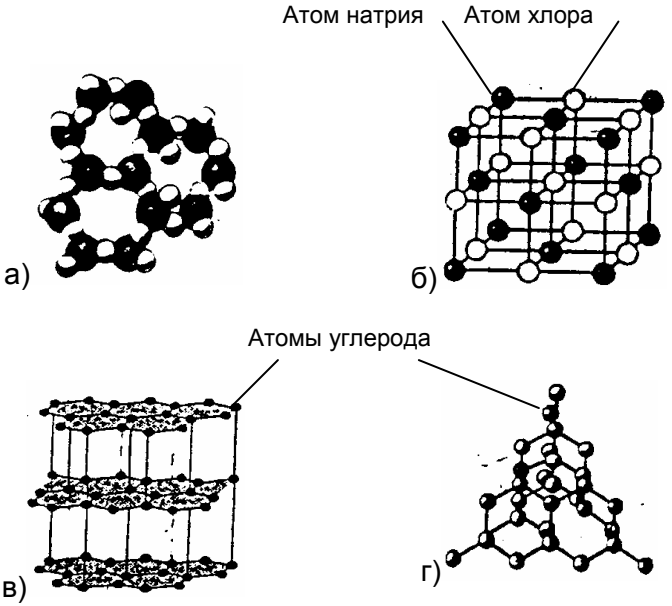


Рис. 12.1

3. ***Жидкости*** по своему строению занимают промежуточное положение между газами и твёрдыми телами. Молекулы в жидкостях расположены вплотную друг к другу (рис. 12.2), но уже без



Рис. 12.2

особого порядка (как муравьи, целиком заполнившие спичечную коробку).

Если в газах «образ жизни» молекул можно назвать «кочевым», а в твёрдых «оседлым», то в жидкостях они ведут «оседло-кочевой» образ жизни. Это значит, что, совершив ряд колебаний возле одной какой-нибудь точки, молекула внезапно перескакивает в новое место и т.д. (Длительность «оседлого» состояния составляет в среднем одну стомиллиардную секунды.) Поэтому жидкость сохраняет свой объём, но не имеет определённой формы.

Заметим, что поскольку в жидкостях и твёрдых телах молекулы находятся очень близко друг к другу, то сближать их ещё просто некуда. Подобным попыткам противостоят мощные силы отталкивания, которые не позволяют сколько-нибудь заметно уменьшить объём жидкости или твёрдого тела путём сжатия.

СТОП! Решите самостоятельно: Б8, Б9, Б10, В2, В3, В4.

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

Задачи очень лёгкие

А1. В мензурку налили 200 см^3 воды. Какой объём будет занимать вода из мензурки, если её перелить в трёхлитровую банку?

А2. Какое свойство жидкостей подмечено и нашло своё отражение в пословицах: «У воды гибкая спина» (финская); «Не расписывайся на воде» (корейская), «Вилами по воде писано» (русская), «На воде картины не напишешь» (японская)?

А3. В помещениях, где пользуются медицинским эфиром, обычно сильно им пахнет. В каком состоянии находится эфир в этом помещении?

А4. При неосторожном пользовании медицинским термометром его можно разбить. Почему в таких случаях рекомендуется как можно быстрее собрать пролитую ртуть, всю до мельчайших капелек?

А5. Можно ли считать точными такие выражения: пустое ведро, пустой чемодан, пустое помещение? Почему?

А6. Закрытая бутылка наполовину заполнена ртутью. Можно ли утверждать, что в верхней половине бутылки ртуть отсутствует?

А7. В каком состоянии при комнатной температуре находятся следующие вещества: вода, сахар, воздух, олово, спирт, лёд, кислород, алюминий, молоко, азот? Ответы впишите в таблицу, начертив её в тетради.

Состояние		
твёрдое	жидкое	газообразное

А8. Могут ли быть в жидком состоянии кислород, азот?

А9. Могут ли быть в газообразном состоянии ртуть, железо, свинец?

Задачи лёгкие

Б1. Из бутылки вылили всю воду и прочно закупорили её пробкой. Можно ли сказать, что бутылка пустая? Когда такое выражение возможно, когда – нет?

Б2. Можно ли открытый сосуд заполнить жидкостью, например водой, наполовину? А газом? Почему?

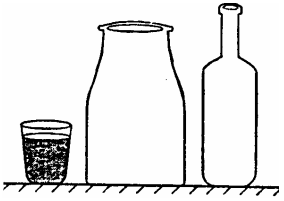


Рис. 12.3

Б3. В сосуды, изображённые на рис. 12.3, налито по 200 см^3 воды. Изобразите, каким примерно будет уровень воды в каждом сосуде. Сравните формы, которые примет вода в каждом сосуде. Что сохраняется при переливании воды из одного сосуда в другой? Что меняется?

Б4. Мокрое бельё вывесили на улицу. Почему после замерзания его трудно разогнуть, сложить?

Б5. Сравните между собой жидкое и газообразное состояния вещества. Что общего и в чём различия в этих состояниях?

Б6. Сравните твёрдое и жидкое состояния вещества. Что общего и в чём различия в этих состояниях?

Б7. Сравните между собой твёрдое и газообразное состояния вещества. Есть ли в них что-то общее? В чём главное различие?

Б8. Кусок олова нагрели, и оно перешло в жидкое состояние. Как при этом менялось движение и расположение частиц олова относительно друг друга?

Б9. Вода испарилась и превратилась в пар. Изменились ли при этом сами молекулы воды? Как изменилось их расположение и движение?

Б10. Объясните, почему газы легче сжать, чем жидкости в обычных условиях?

Б11. Как можно объяснить, что твёрдые тела сохраняют собственную форму?

Б12. Как можно объяснить, что твёрдые тела сохраняют собственный объём?

Б13. Могут ли сталь, чугун, алюминий находиться в жидком состоянии? Какие для этого необходимо выполнить условия? А в газообразном?

Б14. Молекулы твёрдого тела находятся в беспрерывном движении. Почему же твёрдые тела не распадаются на отдельные молекулы?

Б15. В каком состоянии – твёрдом или жидком – притяжение между молекулами свинца больше?

Задачи средней трудности

В1. Летним вечером над болотом образовался туман. Какое это состояние воды?

В2. Почему в газах и жидкостях диффузия протекает значительно быстрее, чем в твёрдых телах?

В3. Лёд расплавили и превратили в воду. Эту воду нагрели до кипения и полностью испарили. Изменились или нет молекулы воды в этих превращениях? Что изменилось в характере движения и взаимодействия молекул?

В4. Как можно объяснить, что твёрдые тела обладают механической прочностью?

§ 13. МАССА

Что мы знаем о массе? Мы знаем, что все тела обладают массой. Но у одних тел масса больше, а у других меньше. Давайте разберёмся, что же это такое *масса.*

Два основных свойства массы

1. *Чем больше масса тела, тем труднее его разогнать и тем труднее остановить.* Например, для разгона (и остановки) поезда нужно гораздо больше усилий, чем для разгона (и остановки) велосипеда.

Иными словами, чем больше масса тела, тем труднее изменить характер движения тела, то есть направление и величину скорости его движения. Поэтому говорят, что МАССА ЯВЛЯЕТСЯ МЕРОЙ ИНЕРТНОСТИ тела, то есть мерой способности тела сохранять характер своего движения.

2. *Чем больше масса тела, тем сильнее оно притягивается к Земле.* Поэтому предмет, имеющий большую массу, например, телевизор, гораздо труднее поднять, чем предмет, имеющий маленькую массу, например, авторучку. По этой же причине, тело с большей массой будет сильнее давить на чашку весов, чем тело с меньшей массой.

Поскольку силы, с которыми тела притягиваются к Земле, называются *гравитационными*, то говорят, что МАССА ЯВЛЯЕТСЯ ТАКЖЕ МЕРОЙ ГРАВИТАЦИИ тела, то есть величина массы определяет величину силы, с которой тело притягивается к Земле.

Аддитивность массы

Аддитивность (от латинского слова additivus – прибавляемый) – это свойство величин, состоящее в том, что значение величины, соответствующее целому, равно сумме значений величин, соответствующих его частям. Масса как раз и обладает этим свойством:

> Масса тела, состоящего из различных частей,
> равна сумме масс этих частей.

Например, масса горки песка равна сумме масс отдельных песчинок; масса раствора соли в воде равна сумме масс соли и воды; масса автомобиля равна сумме масс всех его деталей и т.д.

Читатель: А разве это не очевидно?

Автор: На самом деле, нет. Это следует из опыта. Так, объём тел *не обладает* свойством аддитивности: как мы знаем, объём раствора спирта в воде *меньше* объёмов воды

и чистого спирта, из которых получен раствор; объём соляного раствора *меньше* суммы объёмов пресной воды и растворённой в ней соли и т.д.

СТОП! Решите самостоятельно: А1, Б1, Б3, В1, В3.

Как измерить массу?

Сначала нужно договориться о *единице измерения,* то есть нужно изготовить некоторый предмет и принять его *массу за эталонную* – такую, с которой будут *сравниваться* массы остальных тел.

В настоящее время таким эталоном является специально изготовленный образец из платиноиридиевого сплава, который хранится в специальной лаборатории в городе Севре близ Парижа. Массу этого образца *приняли* за *один килограмм* (рис. 13.1).

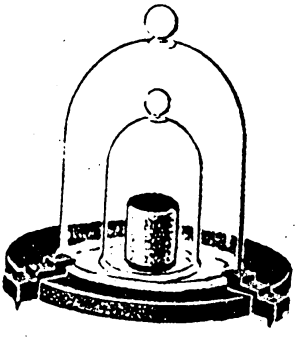


Рис. 13.1

Килограмм – это основная единица измерения массы в Международной системе единиц (СИ).

Измерить массу любого тела – это значит указать, какую долю она составляет от массы в 1 кг. Например, если мы говорим, что масса тела 2 кг, это значит, что масса тела в 2 раза больше массы эталона, а если мы говорим, что масса тела 0,5 кг, то это значит, что масса этого тела составляет половину от массы эталона.

Для удобства измерений наряду с единицей измерения массы 1 кг используют ещё и такие единицы:

1 тонна (т) = 1000 кг;

1 грамм (г) = 0,001 кг;

1 миллиграмм (мг) = 0,001 г = 0,000001 кг.

Для того чтобы измерить массу тела, надо убедиться, что два тела, масса одного из которых известна, имеют одинаковые массы. Как это можно сделать? Удобнее всего для

этого воспользоваться тем обстоятельством, что равные массы с одинаковой силой притягиваются к Земле.

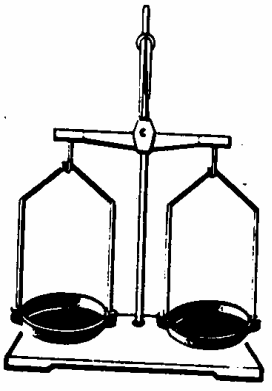


Рис. 13.2

Наиболее простой прибор, позволяющий установить равенство двух масс – это рычажные весы (рис. 13.2). Основная часть рычажных весов – стержень (коромысло) весов, который может свободно поворачиваться вокруг оси, находящейся посередине стержня. К концам стержня подвешены чаши весов.

Если массы тел, лежащих на чашах весов, равны между собой, то весы находятся в равновесии.

На одну чашу весов помещают тело, массу которого нужно определить, а на другую – гири, массы которых известны. Гири подбирают так, чтобы установить равновесие. Масса тела равна общей массе гирь, уравновешивающих тело.

Для взвешивания используют специальный *набор гирь* разной массы (рис. 13.3). Он состоит из 9 гирь массами 100, 50, 20, 20, 10, 5, 2, 2 и 1 г. При помощи этих гирь можно подобрать любую массу от 1 до 210 г. Гири, массы которых меньше грамма, делают в виде пластинок из алюминия массой 500, 200, 200, 100, 50, 20, 20 и 10 мг.

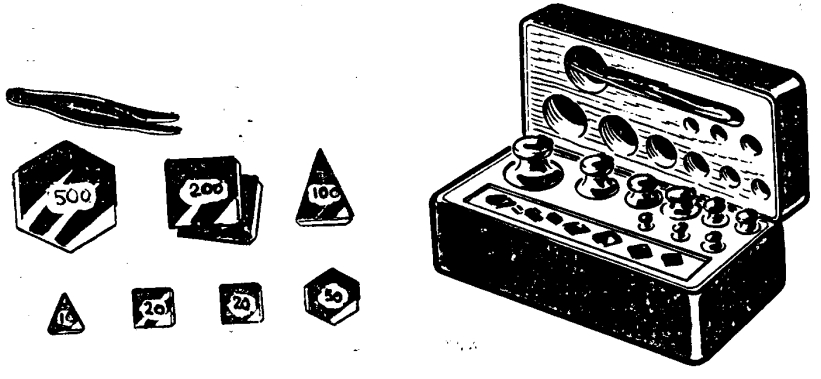


Рис. 13.3

СТОП! Решите самостоятельно: А4, А5, Б5 (а), Б6 (а), Б7 (а), В7 (а), В9 (а).

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

Задачи очень лёгкие

А1. Изменилась ли масса сена в копне, когда это сено спрессовали в тюк? Что изменилось?

А2. Изменилась ли масса хлопка в контейнере, когда его спрессовали в тюки? Что изменилось?

А3. Из овечьей шерсти скатали валенки. Сравните массы шерсти и валенок, если отходов не было. Что изменилось?

А4. Масса тела M = 2,5 т. Выразите её в килограммах.

А5. Масса тела M = 25 г. Выразите её в килограммах.

А6. Масса тела M = 250 г. Выразите её в килограммах.

А7. Выразите в граммах массу: а) M_1 = 1,1 кг; б) M_2 = 2,02 кг.

Задачи лёгкие

Б1. Изменилась ли масса воздуха в баллоне, если кран открыли и часть воздуха вышла из баллона?

Б2. Воздух под поршнем насоса сжали. Изменилась ли масса воздуха?

Б3. В стакане находится смесь воды и снега. Изменится ли масса содержимого в стакане, если снег растает?

Б4. Изменяется ли масса воды при её замерзании?

Б5. Выразите в граммах и килограммах следующие массы: а) M_1 = 150 г 500 мг; б) M_2 = 225 г 700 мг;
в) M_3 = 30 г 200 мг.

Б6. Выразите в килограммах массы тел: а) m_1 = 4,5 т;
б) m_2 = 0,75 т; в) m_3 = 4000 г; г) m_4 = l20 г; д) m_5 = 25 г.

Б7. Выразите в тоннах массу: а) m_1 = 1кг; б) m_2 = 0,72 кг.

Б8. Выразите в граммах массу: а) m_1 = 0,1 мг; б) m_2 = 100 мг.

Б9. Выразите в миллиграммах массу: а) m_1 = 1 г; б) m_2 = = 0,15 г.

Б10. Определяя массу тела, ученик уравновесил его на весах, поставив на их правую чашку следующие гири: одну m_1 = 50 г, две m_2 = 20 г, одну m_3 = 10 г и по одной m_4 = 50 мг, m_5 = 20 мг и m_6 = 10 мг. Запишите, чему равна масса взвешиваемого тела, вы-

разив её в граммах и килограммах. (Массы гирь считайте *точными*.)

Б11. Рассмотрите рис. 13.3. Какими гирями из этого набора можно уравновесить на весах тело массой: а) M_1 = 310,7 г; б) M_2 = 52,2 г; в) M_3 = 0,75 г?

Задачи средней трудности

В1. Гирю опустили в сосуд с водой. Изменилась ли масса гири?

В2. Деревянный шар массой 0,5 кг поместили в широкий сосуд с водой. Шар плавает на поверхности воды. Изменилась ли масса шара?

В3. Тело переместили с Земли на Луну. Изменилась ли при этом масса тела?

В4. Тело перенесли с поверхности Земли в открытый космос. Изменилась ли при этом масса тела?

В5. Изменится ли масса воды, когда часть её обратится в лёд или пар?

В6. Изменилась ли масса воздуха в цилиндре под поршнем, если поршень вдвинули в цилиндр, и газ стал занимать объём в два раза меньше первоначального?

В7. Выразите в миллиграммах массу: а) 1 кг; б) 0,48 кг.

В8. Выразите в килограммах массу: а) 120 мг; б) 1,2 мг.

В9. Выразите в тоннах массу: а) 1 мг; б) 220 мг.

В10. Выразите в граммах массу: а) 1 т; б) 0,12 т.

В11. Выразите в тоннах массу: а) 1 г; б) 1200 г.

В12. При взвешивании тела ученик положил на правую чашку весов гири, изображенные на рис. 13.4, после чего весы пришли в равновесие. Вычислите массу взвешиваемого тела и выразите её в килограммах.

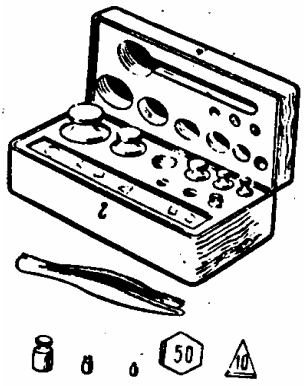


Рис. 13.4

Задачи трудные

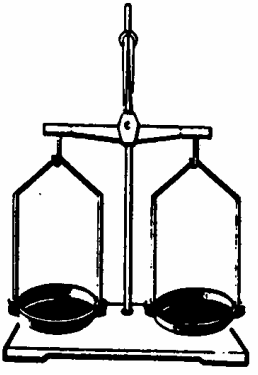


Рис. 13.5

Г1. Даны восемь совершенно одинаковых по размеру и виду шариков. Однако в одном из них сделана небольшая полость. Пользуясь только весами (рис. 13.5), определите, какой шар с полостью. Весы можно использовать не более двух раз.

Г2. Возьмите поваренную соль массой M = 0,9 кг, два сосуда и две гири массами m_1 = 5 г и m_2 = 20 г. Как распределить соль в сосуды: в один M_1 = 0,2 кг, в другой M_2 = 0,7 кг, при условии, что весами можно пользоваться только 3 раза?

§ 14. ПЛОТНОСТЬ

Что такое плотность и зачем она нужна?

Рассмотрим несколько чисто практических задач.

1. В некотором банке установлен сейф, полезный объём которого 0,100 м^3. Какую массу золота можно хранить в этом сейфе?

2. Бак имеет объём 20,0 л. Какую массу бензина можно хранить в баке?

3. Пробирка имеет объём 10,0 см^3. Какую массу ртути можно налить в пробирку?

Читатель: Для решения этих задач у нас не хватает данных. Вот если бы мы знали, какую массу имеет 1 м^3 золота, 1 л бензина, 1 см^3 ртути, тогда решить эти задачи не составило бы труда.

Автор: Вы правы. Сообщаю: 1 м^3 золота имеет массу 19,3 т, 1 л бензина – 0,710 кг, 1 см^3 ртути – 13,6 г.

Читатель: Тогда все просто:

1. Если 1 м^3 золота имеет массу 19,3 т, то в сейфе с полезным объёмом 0,100 м^3 уместится 0,100·19,3 = =1,93 т золота.

2. Если 1 л бензина имеет массу 0,710 кг, то в баке емкостью 20,0 л можно хранить 20,0·0,710 = 14,2 кг бензина.

3. Если 1 см^3 ртути имеет массу 13,6 г, то в пробирку объёмом 10,0 см^3 можно налить 10,0·13,6 = 136 г ртути.

Автор: Совершенно верно. Надеюсь, Вы убедились, что для целого ряда чисто практических задач очень полезно знать, какую массу имеет единица объёма (то есть 1 м^3, 1 л, 1 см^3 и т.д.) того или иного вещества. Поэтому физики ввели специальную физическую величину, которую назвали *плотностью.*

Плотностью вещества называется физическая величина, численно равная массе единицы объёма данного вещества.

Как измерить плотность вещества?

Автор: Для наглядности лучше всего было бы изготовить из данного вещества кубик объёмом 1 см^3, а затем определить массу этого кубика, взвесив его на рычажных весах.

Плотность вещества как раз и будет численно равна массе этого кубика (рис. 14.1).

Читатель: По-моему, такой кубик изготовить, конечно, можно, но это совершенно необязательно. Достаточно взять какой-нибудь кусок данного вещества и по

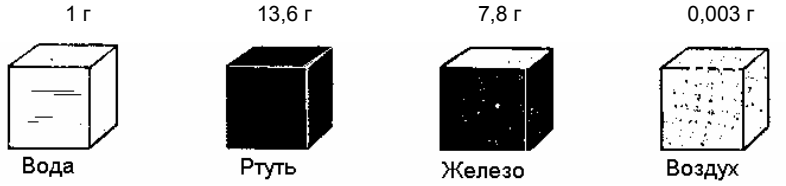


Рис. 14.1

возможности точно измерить его массу и объём. Если потом разделить массу на объём, мы получим *массу, которая приходится на единицу объёма данного вещества*, то есть плотность. Например, если объём кусочка металла равен 2,00 см^3, а масса – 21,0 г, то на один кубический сантиметр приходится масса:

$$21{,}0 : 2{,}00 = 10{,}5 \text{ г}.$$

Автор: Совершенно правильно! Более того, Вы фактически получили формулу, с помощью которой можно рассчитывать плотность любого вещества по известной массе и объёму:

$$\textit{ПЛОТНОСТЬ} = \frac{\textit{МАССА}}{\textit{ОБЪЁМ}}. \qquad (14.1)$$

В физике плотность обычно обозначают греческой буквой ρ (ро), массу – буквой m, а объём буквой V. Тогда формула (14.1) кратко записывается так:

$$\rho = \frac{m}{V}. \qquad (14.2)$$

В каких единицах измеряется плотность?

Можно, например, указать, сколько граммов содержится в одном кубическом сантиметре данного вещества. Тогда говорят, что плотность вещества равна столько-то *граммов на сантиметр в кубе*. Обозначают эту единицу измерения так: г/см^3.

Например, плотность железа равна 7,8 г/см^3. А можно указать, сколько килограммов содержится в одном кубическом метре данного вещества. Тогда говорят, что плотность вещества равна столько-то *килограммов на метр в кубе* (кг/м^3). Например, плотность золота равна $19{,}3 \cdot 10^3$ кг/м^3.

Есть и другие единицы измерения плотности, например: килограмм на литр (кг/л), тонна на метр в кубе (т/м^3) и т.д., но на практике они используются реже. В Международной системе единиц (СИ) плотность принято измерять в кг/м^3.

Читатель: А почему единица измерения плотности записывается в *виде дроби*: г/см^3?

Автор: Согласно формуле (14.2) мы получаем плотность путем деления одной именованной величины (массы) на другую именованную величину (объём). Запись г/см^3 указывает, что при расчете плотности мы *делили* массу, выраженную в граммах, на объём, выраженный в кубических сантиметрах.

Итак, плотность характеризует физические свойства вещества: показывает, насколько оно «плотное». Например, ртуть плотнее железа, а вода плотнее воздуха (см. рис. 14.1).

В таблицах 14.1, 14.2 и 14.3 приведены плотности некоторых веществ.

СТОП! Решите самостоятельно: А1, А2, А3, А4, Б1, Б2.

О плотности с молекулярной точки зрения

Читатель: Как видно из таблиц 14.1–14.3, плотности твёрдых тел и жидкостей значительно больше плотности газов. Но ведь молекулы не меняют свою массу при переходе вещества из жидкого состояния в газообразное. Почему же плотности так сильно отличаются?

Автор: Масса каждой молекулы, конечно, не меняется. Изменяется *количество молекул в единице объёма вещества.* В жидкостях и твёрдых телах молекулы расположены почти вплотную, а в газах расстояния между молекулами достаточно велики. Поэтому в газах на единицу объёма приходится значительно меньше молекул, чем в жидкости или твёрдом теле. Отсюда вытекает и различие в плотностях.

Заметим также, что для большинства веществ плотность в твёрдом состоянии больше, чем в жидком, так как в твёрдом состоянии молекулы обычно «упакованы» более плотно. Однако вода тут является исключением: в жидком состоянии она плотнее. Плотность воды 1,0 г/см^3, а плотность льда 0,9 г/см^3.

Таблица 14.1

Плотности некоторых веществ, находящихся в твёрдом состоянии при 20 °С

Вещество	ρ, кг/м^3	ρ, г/см^3	Вещество	ρ, кг/м^3	ρ, г/см^3
Осмий	$22{,}6\cdot10^3$	22,6	Стекло оконное	$2{,}5\cdot10^3$	2,5
Иридий	$22{,}4\cdot10^3$	22,4	Мел	$2{,}4\cdot10^3$	2,4
Платина	$21{,}5\cdot10^3$	21,5	Фарфор	$2{,}3\cdot10^3$	2,3
Золото	$19{,}3\cdot10^3$	19,3	Бетон	$2{,}3\cdot10^3$	2,3
Вольфрам	$19{,}1\cdot10^3$	19,1	Кирпич	$1{,}8\cdot10^3$	1,8
Уран	$19{,}0\cdot10^3$	19,0	Графит	$1{,}6\cdot10^3$	1,6
Свинец	$11{,}3\cdot10^3$	11,3	Сахар-рафинад	$1{,}6\cdot10^3$	1,6
Серебро	$10{,}5\cdot10^3$	10,5	Песок сухой	$1{,}5\cdot10^3$	1,5
Молибден	$10{,}2\cdot10^3$	10,2	Текстолит	$1{,}4\cdot10^3$	1,4
Кобальт	$8{,}9\cdot10^3$	8,9	Оргстекло	$1{,}2\cdot10^3$	1,2
Медь	$8{,}9\cdot10^3$	8,9	Эбонит	$1{,}2\cdot10^3$	1,2
Никель	$8{,}9\cdot10^3$	8,9	Капрон	$1{,}1\cdot10^3$	1,1
Кадмий	$8{,}65\cdot10^3$	8,65	Натрий	$0{,}97\cdot10^3$	0,97
Латунь*	$8{,}5\cdot10^3$	8,5	Полиэтилен	$0{,}92\cdot10^3$	0,92
Сталь**, железо	$7{,}8\cdot10^3$	7,8		$0{,}90\cdot10^3$	0,92
	$7{,}3\cdot10^3$				

Олово	$7{,}1\cdot10^3$	7,3	Лёд при 0 °С	$0{,}90\cdot10^3$	0,90
Цинк	$7{,}0\cdot10^3$	7,1	Парафин	$0{,}80\cdot10^3$	0,90
Чугун***	$4{,}5\cdot10^3$	7,0	Дуб сухой	$0{,}70\cdot10^3$	0,80
Титан	$4{,}0\cdot10^3$	4,5	Берёза сухая	$0{,}40\cdot10^3$	0,70
Корунд	$3{,}5\cdot10^3$	4,0	Сосна сухая	$0{,}24\cdot10^3$	0,40
Алмаз	$2{,}7\cdot10^3$	3,5	Пробка	$0{,}12\cdot10^3$	0,24
Алюминий	$2{,}7\cdot10^3$	2,7	Бальза (де-		0,12
Гранит	$2{,}7\cdot10^3$	2,7	рево)	$0{,}020\cdot10^3$	
Мрамор		2,7	Пенопласт		0,020

---

* Латунью называется сплав меди с цинком.

** Сталью называется сплав железа с углеродом при содержании углерода не более 2,14%.

***Чугуном называется сплав железа с углеродом при содержании углерода от 2,14 до 5%.

Таблица 14.2

Плотности некоторых веществ, находящихся в жидком состоянии при температуре 20 °С

Жидкость	ρ, кг/м^3	ρ, г/см^3	Жидкость	ρ, 10^3 кг/м^3	ρ, г/см^3
Ртуть	$13{,}6\cdot10^3$	13,6	Масло машин-	$0{,}90\cdot10^3$	0,90
Олово (при	$6{,}8\cdot10^3$	6,8	ное		
400 °С)			Масло касторо-	$0{,}90\cdot10^3$	0,90
Серная кислота	$1{,}8\cdot10^3$	1,8	вое		
Мёд	$1{,}35\cdot10^3$	1,35	Бензол	$0{,}88\cdot10^3$	0,88
Глицерин	$1{,}26\cdot10^3$	1,26	Скипидар	$0{,}87\cdot10^3$	0,87
Жидкий кислород	$1{,}14\cdot10^3$	1,14	Жидкий воздух	$0{,}86\cdot10^3$	0,86
(при			(при		
–182 °С)			–194 °С)		
Тяжёлая вода	$1{,}10\cdot10^3$	1,1	Керосин	$0{,}80\cdot10^3$	0,80
Вода морская	$1{,}03\cdot10^3$	1,03	Спирт	$0{,}80\cdot10^3$	0,80
Молоко цельное	$1{,}03\cdot10^3$	1,03	Нефть	$0{,}80\cdot10^3$	0,80
Вода дистилли-	$1{,}00\cdot10^3$	1,00	Ацетон	$0{,}79\cdot10^3$	0,79
рованная			Эфир	$0{,}71\cdot10^3$	0,71
	$0{,}93\cdot10^3$			$0{,}71\cdot10^3$	

Масло подсолнечное		0,93	Бензин		0,71

Таблица 14.3

Плотности некоторых газов при 0 °С и нормальном атмосферном давлении

Газ	ρ, кг/м^3	ρ, г/см^3	Газ	ρ, кг/м^3	ρ, г/см^3
Хлор	3,21	0,00321	Оксид углерода (II) (угарный газ)	1,25	0,00125
Оксид углерода (IV) (углекислый газ)	1,98	0,00198	Природный газ	0,80	0,00080
Кислород	1,43	0,00143	Водяной пар (при 100 °С)	0,59	0,00059
Воздух	1,29	0,00129	Гелий	0,18	0,00018
Азот	1,25	0,00125	Водород	0,09	0,00009

Изменяется ли плотность с изменением температуры тела?

Если нагревать твёрдое тело (или жидкость) определённой массы, то, как мы знаем из § 8, объём твёрдого тела (жидкости) увеличивается. Масса же не зависит от температуры. Следовательно, величина плотности $\rho = \frac{m}{V}$ с ростом температуры будет уменьшаться, так как числитель дроби *m* не изменится, а знаменатель *V* увеличится.

Напомним, что это правило *не выполняется* для воды в интервале температур от 0 до 4°С. При нагревании воды от 0 до 4°С объём воды *уменьшается*, а значит, плотность *растёт*. Но при отрицательных температурах и при температуре, большей 4°С, вода (лёд) ведёт себя так же, как обычные вещества, то есть плотность с увеличением температуры уменьшается.

СТОП! Решите самостоятельно: Б5, Б6, Б7, В1, В2, В4.

Как связаны между собой единицы измерения плотности?

Читатель: Если внимательно посмотреть на значения плотностей в таблицах 14.1 и 14.2, то довольно легко заметить, что плотность любого вещества в кг/м^3 ровно в 1000 раз больше плотности того же вещества в г/см^3. Почему это так?

Автор: Давайте разберемся. Прежде всего отметим, что:

1 кг = 1000 г;

1 м^3 = 10^6 см^3 = 1 000 000 см^3 (см. табл. 4.3, § 4).

$$1\ \text{кг/м}^3 = \frac{1\ \text{кг}}{1\ \text{м}^3} = \frac{1000\ \text{г}}{1\ 000\ 000\ \text{см}^3} =$$

$$= \frac{\cancel{1000} \cdot (1\ \text{г})}{1000\cancel{000} \cdot (1\ \text{см}^3)} = \frac{1}{1000}\ \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = 0{,}001\ \text{г/см}^3.$$

Итак, 1 кг/м^3 = 0,001 г/см^3, следовательно, 1 г/см^3 = =1000 кг/м^3.

В некоторых расчетах удобно пользоваться и такой единицей измерения плотности, как килограмм на литр (кг/л). Установим связь между 1 кг/л и 1 г/см^3.

Мы знаем, что 1 кг = 1000 г и 1 л = 1 дм^3 = 1000 см^3 (см. табл. 4.3). Тогда

$$1\ \text{кг/л} = \frac{1\ \text{кг}}{1\ \text{л}} = \frac{1000\ \text{г}}{1000\ \text{см}^3} = \frac{\cancel{1000} \cdot (1\ \text{г})}{\cancel{1000} \cdot (1\ \text{см}^3)} = 1\ \text{г/см}^3.$$

Мы получили следующее соотношение между единицами измерения плотности:

$$1\ \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = 1\ \frac{\text{кг}}{\text{л}} = 1000\ \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

Задача 14.1. Найдите плотность металла, если кусок массой m = 390 г занимает объём V = 50 см^3.

V = 50 см^3 | m 390 г

m = 390 г
ρ = ?

Заметим, что, зная массу m и объём V тела, можно по формуле $\rho = \frac{m}{V}$ вычислить его плотность. А зная плотность, можно по таблице 14.1 выяснить, из какого вещества сделано тело. Например, в нашем случае плотность 7,8 г/см^3 имеют железо, сталь.

СТОП! Решите самостоятельно: А8, А9, А10, Б11, В10.

Что такое средняя плотность?

Читатель: До сих пор мы говорили о плотности *вещества*. А можно ли говорить о плотности *тела*, если оно неоднородное: содержит полости или изготовлено из разных материалов, например, автомобиль?

Автор: Можно. Только в этом случае выражение $\rho = \frac{m}{V}$ будет означать не плотность вещества, а *среднюю плотность тела*. Иногда эту величину полезно знать. Например, если средняя плотность автомобиля больше плотности воды, он утонет, а если меньше – останется на плаву.

Есть ли в теле полость?

Если у нас есть, например, стальной шарик, то, зная его массу и объём, легко установить, сплошной он или имеет полость. Для этого сначала надо вычислить среднюю плотность шарика $\rho = \frac{m}{V}$, а потом сравнить её с табличным значением для стали. Если значение плотности совпадает с табличным, то шарик сплошной, а если меньше табличного, то шарик имеет полость.

СТОП! Решите самостоятельно: Б12, Б13, В8.

Как найти массу по известной плотности и объёму?

Согласно формуле (14.2) $\rho = \frac{m}{V}$. Умножим обе части этого равенства на V:

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

После сокращения V в правой части получим формулу для массы:

$$m = \rho V. \qquad (14.3)$$

Задача 14.2. Определите массу золотого слитка объёмом $V = 5{,}00$ см^3.

$V = 5{,}00$ см^3	*Решение*. Значение плотности золота берём из таблицы 14.1: $\rho = 19{,}3$ г/см^3. Согласно формуле (14.3) $m = \rho \cdot V$. Подставим численные значения:
m = ?	

$$m = \rho \cdot V = 19{,}3 \text{ г/см}^3 \cdot 5{,}00 \text{ см}^3 \approx 96{,}5 \text{ г}.$$

Ответ: $m = \rho \cdot V \approx 96{,}5$ г.

СТОП! Решите самостоятельно: А12, А13, Б19 (а,б), Б25, Б27, Б29.

Задача 14.3. Определите массу кирпича, размеры которого равны: $a = 25$ см, $b = 12$ см, $c = 6{,}0$ см. Сколько таких кирпичей можно перевезти на легковом автомобиле грузоподъёмностью $M = 300$ кг?

$a = 25$ см $b = 12$ см $c = 6{,}0$ см $M = 300$ кг	*Решение.* Объём кирпича, который имеет форму прямоугольного параллелепипеда, равен $V = abc$. Подставим значение объёма кирпича в формулу (14.3):
m =? n =?	$$m = \rho V = \rho abc. \qquad (1)$$

Массу в общем виде (то есть в буквах) мы нашли. Теперь найдем искомое число кирпичей n. Если максимально возможное число кирпичей, которое может увезти автомобиль, равно n, значит, масса этих кирпичей равна грузоподъ-

ёмности автомобиля: $m \cdot n = M$. Разделив обе части этого равенства на m, найдём n:

$$\frac{\cancel{m} \cdot n}{\cancel{m}} = \frac{M}{m} \quad \Rightarrow \quad n = \frac{M}{m}.$$

Подставим в данную формулу значение m из формулы(1) и получим значение n в общем виде:

$$n = \frac{M}{\rho abc}. \qquad (2)$$

Плотность кирпича по таблице 14.1 ρ = 1,8 г/см^3. Теперь подставим в формулы (1) и (2) численные значения:

$$m = \rho abc = (1{,}8 \text{ г/см}^3)\cdot(25 \text{ см})\cdot(12 \text{ см})\cdot(6{,}0 \text{ см}) =$$

$$= 2700 \text{ г} \approx 2{,}7\cdot 10^3 \text{ г} = 2{,}7 \text{ кг}.$$

$$n = \frac{M}{\rho abc} = \frac{300 \text{ кг}}{2{,}7 \text{ кг}} = 111{,}1\ldots \approx 1{,}1\cdot 10^2 \text{ (кирпичей)}.$$

Ответ: $m = \rho abc \approx 2{,}7$ кг; $n = \dfrac{M}{\rho abc} \approx 1{,}1\cdot 10^2$.

СТОП! Решите самостоятельно: Б32, Б35, В23, В24.

Как вычислить объём тела по известным массе и плотности?

Разделим обе части формулы (14.3) $m = \rho V$ на ρ, получим:

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

Сократив ρ в правой части, получим формулу для расчета объёма:

$$V = \frac{m}{\rho}. \qquad (14.4)$$

Задача 14.4. Сосуд какой ёмкости надо взять, чтобы он вместил m = 32 кг бензина?

m = 32 кг

Читатель: Разрешите мне попробовать.

V=? | *Автор:* Пожалуйста.

Читатель: Значение плотности бензина берём таблицы 14.2: ρ = 0,71. Согласно формуле (14.4) $V = \frac{m}{\rho}$. Подставим численные значения:

$$V = \frac{32}{0{,}71} = 45{,}07 \text{ м}^3 \approx 45 \text{ м}^3$$

(оставляем две значащие цифры).

Автор: Не слишком ли много Вы получили? Например, 45 м^3 воды имеют массу 45 т, а у Вас всего-то 32 кг бензина...

Читатель: Вообще-то, конечно, многовато... Но я ведь считал по формуле $V = \frac{m}{\rho}$. Я уверен, что формула эта правильная, да и в вычислениях я ошибки не вижу...

Автор: Формула, конечно, правильная, спору нет, но давайте ***проверим РАЗМЕРНОСТЬ*** Вашего ответа, то есть выясним, в каких единицах Вы получили объём.

Читатель: А как это сделать?

Проверка размерности результата

Автор: Договоримся о следующем обозначении: если мы хотим указать *только* единицу измерения той или иной физической величины, то букву, обозначающую эту величину, будем заключать в квадратные скобки, например: [*m*] = кг, [*V*] = м^3, [ρ] = кг/м^3 и т.д.

Для того чтобы узнать, ***в каких единицах*** мы получили ответ, достаточно подставить в формулу, по которой мы производим вычисления, не сами величины, а только их размерности. Далее с размерностями (единицами измерения) можно сделать обычные алгебраические преобразования (как с обычными алгебраическими величинами) и посмотреть, что получится.

Например, плотность задана в г/см^3, объём – в см^3, а нам необходимо вычислить массу по формуле $m = \rho \cdot V$. Получим размерность массы:

$[\rho]$ = г/см^3, $[V]$ = см^3, $[m] = [\rho] \cdot [V] = \frac{\text{г}}{\text{см}^3} \cdot \text{см}^3 = \text{г}$.

Значит, массу мы получили в граммах.

Другой пример. Вычислим, какой будет размерность объёма, вычисленного по формуле: $V = \frac{m}{\rho}$, если $[m]$ = кг, $[\rho]$ = кг/м^3.

$$[V] = \frac{[m]}{[\rho]} = \text{кг} : \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = \frac{\text{кг}}{1} : \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^3}{1 \cdot \text{кг}} = \text{м}^3.$$

Значит, объём мы получили в м^3.

Теперь вернемся к нашей задаче.

Вы производили вычисления по формуле $V = \frac{m}{\rho}$. Массу взяли равной 32 кг, следовательно, $[m]$ = кг, а плотность – 0,71 г/см^3, то есть $[\rho]$ = г/см^3. Тогда размерность объёма получится:

$$[V] = \frac{[m]}{[\rho]} = \text{кг} : \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = \frac{\text{кг}}{1} : \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = \frac{\text{кг} \cdot \text{см}^3}{1 \cdot \text{г}} = \frac{\text{кг}}{\text{г}} \text{см}^3.$$

Согласитесь это никак не м^3 и даже не см^3!

Читатель: А что же это такое?

Автор: Если учесть, что кг = 1000 г, то $\frac{\text{кг}}{\text{г}} = \frac{1000\ \text{г}}{\text{г}} = 1000$.

Значит, $\frac{\text{кг}}{\text{г}} \cdot \text{см}^3$ = 1000 см^3. Вы получили ответ в ТЫСЯЧАХ КУБИЧЕСКИХ САНТИМЕТРОВ: V = 45·1000 см^3 = 45·10^3 см^3 = 4,5·10^4 см^3. Было бы значительно проще, если бы прежде, чем подставлять в формулу численные значения, Вы перевели бы массу из килограммов в граммы: 32 кг = 32·10^3 г. Тогда:

$$[V] = \frac{[m]}{[\rho]} = \text{г} : \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = \frac{\text{г}}{1} : \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = \frac{\text{г} \cdot \text{см}^3}{1 \cdot \text{г}} = \text{см}^3.$$

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{32 \cdot 10^3 \text{г}}{0{,}71\ \text{г/см}^3} \approx 4{,}5 \cdot 10^4 \text{см}^3.$$

Читатель: По-моему, с тем же успехом мы могли бы взять массу в килограммах, а плотность не в г/см^3, а в кг/м^3: 0,71 г/см^3 = 0,71·10^3 кг/м^3 . Тогда

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

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{32\ \text{кг}}{0{,}71 \cdot 10^3\ \text{кг/м}^3} \approx 0{,}045\ \text{м}^3 = 4{,}5 \cdot 10^{-2}\ \text{м}^3.$$

Автор: Совершенно верно. Главное, чтобы не ошибиться, надо всегда проверять, в каких единицах Вы получили ответ. А кроме того, всегда полезно проверить численное значение ответа на соответствие здравому смыслу!

Ответ: $V = \frac{m}{\rho} \approx 0{,}045\ \text{м}^3 = 4{,}5 \cdot 10^4\ \text{см}^3$.

СТОП! Решите самостоятельно: А19, А22, Б38, Б39.

Мензурка с жидкостью

Задача 14.5. В стеклянную мензурку массой $m_с$ = = 150 г налили $V_ж$ = 70 см^3 дистиллированной воды. Какова масса мензурки с водой?

$m_с$ = 150 г $V_ж$ = 70 см^3	*Решение.* Общая масса мензурки с водой равна сумме масс мензурки $m_с$ и налитой в неё воды $m_ж$:
m = ?	$m = m_с + m_ж$.

Масса налитой воды согласно формуле (14.3) равна $m_ж = \rho_ж V_ж$, где $V_ж$ – объём воды, а $\rho_ж$ – плотность воды, $\rho_ж$ = 1,00 г/см^3, отсюда:

$$m = m_с + \rho_ж V_ж. \qquad (14.5)$$

Ответ в общем виде получен, проверим размерность:

$$[m] = [m_с] + [\rho_ж] \cdot [V_ж] = \text{г} + \frac{\text{г}}{\cancel{\text{см}^3}} \cdot \cancel{\text{см}^3} = \text{г} + \text{г} = \text{г}.$$

Запись г + г = г не должна вас удивлять, так как при сложении двух масс, выраженных в граммах, в результате мы также получаем массу, выраженную в граммах.

Подставим численные значения:

$$m = m_с + \rho_ж V_ж = 150\ г + 1{,}00\ г/см^3 \cdot 70\ см^3 =$$
$$= 220\ г \approx 2{,}2 \cdot 10^2\ г.$$

Ответ: $m = m_с + \rho_ж V_ж \approx 2{,}2 \cdot 10^2$ г.

СТОП! Решите самостоятельно: Б45, В30, В31.

Как вычислить *наружный* объём бутылки?

Задача 14.6. Масса пустой пол-литровой молочной бутылки m = 400 г. Каков её наружный объём?

m = 400 г
$V_н$ = ?

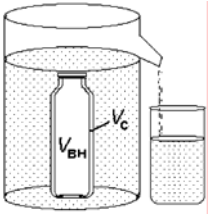


Рис. 14.2

Решение. Ясно, что раз бутылка пол-литровая, то её емкость, или *внутренний* объём, составляет пол-литра, то есть $V_{вн}$ = 0,500 л. (Мы взяли три значащие цифры, так как точность изготовления молочных бутылок обычно не превышает 1 $см^3$ = 0,001 л.)

Наружный объём бутылки можно измерить, опустив пустую бутылку, закрытую пробкой, в отливной стакан: объём вытесненной бутылкой воды как раз и равен наружному объёму бутылки. Как видно из рис. 14.2, наружный объём равен сумме внутреннего объёма $V_{вн}$ и объёма стекла $V_с$, из которого изготовлена бутылка:

$$V_н = V_{вн} + V_с. \quad (1)$$

Плотность стекла находим в таблице 14.1: ρ = =2,5 кг/л (мы учли, что г/$см^3$ = кг/л), а масса бутылки дана в условии задачи. Следовательно, объём стекла можно вычислить по формуле (14.4):

$$V_{\text{с}} = \frac{m}{\rho}. \qquad (2)$$

Подставляя (2) в (1), получим:

$$V_{\text{н}} = V_{\text{вн}} + \frac{m}{\rho}. \qquad (14.6)$$

В общем ответ получен, проверим размерность:

$$[V_{\text{н}}] = [V_{\text{вн}}] + \frac{[m]}{[\rho]} = \text{л} + \frac{\text{г}}{\text{кг/л}} = ?$$

Не получается! Значит, массу бутылки надо перевести в килограммы: m = 400 г = 0,400 кг, тогда

$$[V_{\text{н}}] = [V_{\text{вн}}] + \frac{[m]}{[\rho]} = \text{л} + \frac{\cancel{\text{кг}}}{\cancel{\text{кг/л}}} = \text{л} + \text{л} = \text{л}.$$

Подставим численные значения:

$$V_{\text{н}} = V_{\text{вн}} + \frac{m}{\rho} = 0{,}500\ \text{л} + \frac{0{,}400\ \text{кг}}{2{,}5\ \text{кг/л}} \approx 0{,}66\ \text{л}.$$

Ответ: $V_{\text{н}} = V_{\text{вн}} + \frac{m}{\rho} \approx 0{,}66$ л.

СТОП! Решите самостоятельно: Б48, В35, В36.

Сколько воды вытеснит камешек, брошенный в стакан с водой?

Задача 14.7. Какая масса воды выльется из отливного стакана, полностью заполненного водой, если в него бросить кусочек гранита массой $m_{\text{т}}$ = 78 г?

$m_{\text{т}}$ = 78 г
$m_{\text{ж}}$ = ?

Решение. Прежде всего заметим, что при погружении твёрдого тела в жидкость оно занимает тот объём, который раньше занимала жидкость, то есть оно *вытесняет* жидкость со своего старого места. Ясно, что объём вытесненной жидкости равен объёму тела.

Если ввести обозначения: $V_{\text{ж}}$ – объём вытесненной жидкости, $V_{\text{т}}$ – объём погружённого в жидкость тела, то можно записать равенство:

$$V_ж = V_т. \qquad (14.7)$$

Поскольку согласно формуле (14.4) $V_ж = \frac{m_ж}{\rho_ж}$, а $V_т = \frac{m_т}{\rho_т}$, где $m_ж$ – масса вытесненной жидкости; $\rho_ж$ – плотность жидкости; $m_т$ – масса погружённого в жидкость тела; $\rho_т$ – плотность тела, то из формулы (14.7) следует:

$$\frac{m_ж}{\rho_ж} = \frac{m_т}{\rho_т}. \qquad (14.8)$$

В нашем случае плотность жидкости – это плотность воды: $\rho_ж$ = 1,00 г/см^3, а плотность тела – плотность гранита: $\rho_т$ = 2,7 г/см^3. Масса тела нам известна: $m_т$ = 78 г, а массу жидкости $m_ж$ требуется найти.

Воспользуемся формулой (14.8). Умножим обе части формулы (14.8) на $\rho_ж$, получим:

$$\frac{m_ж}{\rho_ж} \cdot \rho_ж = \frac{m_т}{\rho_т} \cdot \rho_ж \Rightarrow$$

$$m_ж = m_т \frac{\rho_ж}{\rho_т}. \qquad (14.9)$$

Ответ в общем виде, то есть «в буквах» мы получили, проверим размерность результата:

$$[m_ж] = [m_т] \frac{[\rho_ж]}{[\rho_т]} = \text{г} \cdot \frac{\cancel{\text{г/см}^3}}{\cancel{\text{г/см}^3}} = \text{г}.$$

Подставим численные значения:

$$m_ж = m_т \frac{\rho_ж}{\rho_т} = (78\ \text{г}) \cdot \frac{1{,}00\ \text{г/см}^3}{2{,}7\ \text{г/см}^3} = 28{,}888\ \text{г} \approx 29\ \text{г}.$$

Ответ: $m_ж = m_т \frac{\rho_ж}{\rho_т} \approx 29$ г.

СТОП! Решите самостоятельно: А29, Б52, Б53, В41.

Камешек в пробирке с водой

Задача 14.8. В пробирку, доверху заполненную водой, опустили небольшой камешек, часть воды при этом вылилась из пробирки. Известно, что до опускания камешка масса пробирки с водой была равна m_1 = 44 г. Определите массу пробирки с камешком, если: а) масса камешка $m_к$ = 4,5 г, а масса вытесненной воды $m_ж$ = 1,5 г; б) камешек – это кусочек гранита объёмом $V_к$= 7,5 см^3; в) камешек – это кусочек мела массой $m_к$ = 11 г.

Решение.

m_1 = 44 г
$m_к$ = 4,5 г
$m_ж$ = 1,5 г
m_2 = ?

Случай а.

Ясно, что масса пробирки увеличилась на величину массы камешка $m_к$ и уменьшилась на величину массы вытесненной этим камешком воды $m_ж$. Поэтому

$$m_2 = m_1 + m_к – m_ж. \qquad (14.10)$$

Подставим численные значения:

$$m_2 = m_1 + m_к – m_ж = 44 \text{ г} + 4{,}5 \text{ г} – 1{,}5 \text{ г} = 47 \text{ г}.$$

Ответ: $m_1 = m_к + m_к – m_ж \approx 47$ г.

СТОП! Решите самостоятельно: Б55, Б56.

m_1 = 44 г
$V_к$ = 7,5 см^3
m_2 = ?

Случай б.

В данном случае масса камешка будет равна:

$$m_к = \rho_к V_к,$$

где $\rho_к$ = 2,7 г/см^3 – плотность гранита; а масса вытесненной воды:

$$m_ж = \rho_ж V_к,$$

где $\rho_ж$ = 1,00 г/см^3 – плотность воды. (Объём вытесненной воды равен объёму камешка.)

Подставив значения $m_к$ и $m_ж$ в формулу (14.10), получим ответ:

$$m_2 = m_1 + \rho_к V_к – \rho_ж V_к.$$

Итак:

$$m_2 = m_1 + V_к(\rho_к – \rho_ж). \qquad (14.11)$$

Проверим размерность результата:

$$[m_2] = [m_1] + [V_к]([\rho_к] - [\rho_ж]) = г + см^3 \cdot \left(\frac{г}{см^3} - \frac{г}{см^3} \right) =$$

$$= г + см^3 \left(\frac{г}{см^3} \right) = г + г = г.$$

Подставим численные значения:

$$m_2 = m_1 + V_к(\rho_к - \rho_ж) =$$

$= 44$ г $+ 7{,}5$ см$^3 \cdot (2{,}7$ г/см$^3 - 1{,}00$ г/см$^3) = 56{,}75$ г ≈ 57 г.

Ответ: $m_2 = m_1 + V_к(\rho_к - \rho_ж) \approx 57$ г.

СТОП! Решите самостоятельно: В44, В45.

$m_1 = 44$ г $m_к = 11$ г m_2 = ?	*Случай в.* Здесь массу камешка мы знаем, и для того чтобы по формуле (14.10) вычислить массу пробирки с камешком, нам не хватает только массы вытесненной камешком воды $m_ж$.

Тут мы вполне можем воспользоваться формулой (14.9):

$$m_ж = m_к \frac{\rho_ж}{\rho_к}$$

($m_т$ здесь заменена на $m_к$, а $\rho_т$ на $\rho_к$, так как тело, погруженное в воду, в данном случае это и есть наш камешек – кусочек мела, плотность которого по таблице 14.1 равна $\rho_к = 2{,}4$ г/см^3).

Подставив это значение $m_ж$ в формулу (14.10), получим:

$$m_2 = m_1 + m_к - m_к \frac{\rho_ж}{\rho_к} = m_1 + m_к \left(1 - \frac{\rho_ж}{\rho_к} \right).$$

Итак:

$$m_2 = m_1 + m_к \left(1 - \frac{\rho_ж}{\rho_к} \right). \qquad (14.12)$$

Проверим размерность:

$$[m_2] = [m_1] + [m_к] \left(1 - \frac{[\rho_ж]}{[\rho_к]} \right) = г + г \cdot \left(1 - \frac{г/см^3}{г/см^3} \right) =$$

$$= г + г \cdot 1 = г.$$

Подставим численные значения:

$$m_2 = m_1 + m_к\left(1 - \frac{\rho_ж}{\rho_к}\right) = 44\text{ г} + 11\text{ г} \cdot \left(1 - \frac{1{,}00\text{ г/см}^3}{2{,}4\text{ г/см}^3}\right) =$$

$$= 50{,}41\text{ г} \approx 50\text{ г}.$$

Ответ: $m_2 = m_1 + m_к\left(1 - \frac{\rho_ж}{\rho_к}\right) \approx 50$ г.

СТОП! Решите самостоятельно: Г13, Г14.

Копия предмета и её масса

Задача 14.9. Некоторая деталь изготовлена из материала плотностью $\rho_1 = 8{,}0$ г/см^3 и имеет массу $m_1 = 80$ г. Определите, какой будет масса точной копии этой детали, если её изготовить из материала плотностью $\rho_2 = 2{,}7$ г/см^3 и при этом: а) копия имеет точно такие же размеры, что и сама деталь; б) копия имеет все размеры (длину, ширину, высоту) в $k = 3$ раза (точно) бóльшие, чем сама деталь.

Решение.

$\rho_1 = 8{,}0$ г/см^3 $\rho_2 = 2{,}7$ г/см^3 $m_1 = 80$ г	*Случай а.* Раз размеры равны, значит, и объёмы детали и её копии равны: $V_1 = V_2$. Отсюда:
$m_2 = ?$	$\frac{m_1}{\rho_1} = \frac{m_2}{\rho_2} \Rightarrow \frac{m_1}{\rho_1}\rho_2 = \frac{m_2}{\cancel{\rho_2}}\cancel{\rho_2} \Rightarrow$

$$m_2 = \frac{m_1}{\rho_1}\rho_2 . \qquad (14.13)$$

Проверим размерность:

$$[m_2] = \frac{[m_1]}{[\rho_1]}[\rho_2] = \frac{\text{г}}{\cancel{(\text{г/см}^3)}} \cdot \cancel{(\text{г/см}^3)} = \text{г}.$$

Подставим численные значения:

$$m_2 = \frac{m_1}{\rho_1}\rho_2 = \frac{80\text{ г}}{8{,}0\text{ г/см}^3} \cdot 2{,}7\text{ г/см}^3 \approx 27\text{ г}.$$

Ответ: $m_2 = \frac{m_1}{\rho_1}\rho_2 \approx 27$ г.

СТОП! Решите самостоятельно: В47, В50.

$\rho_1 = 8{,}0$ г/см^3	
$\rho_2 = 2{,}7$ г/см^3	
$m_1 = 80$ г	
$k = 3$	
$m_2 = ?$	

Случай б.

Читатель: В данном случае все размеры копии (длина, ширина, высота) в 3 раза больше размеров детали, значит, и объём копии в 3 раза больше объёма детали: $V_2 = 3V_1$.

Автор: Вы немного поторопились! Предположим, что наша деталь имеет форму куба с ребром 1 см, тогда его объём равен: $V_1 = (1\text{ см})^3 = 1\text{ см}^3$. Если все размеры куба (длину, ширину и высоту) увеличить в $k = 3$ раза, то это будет значить, что ребро куба стало равным 3 см, а его объём:

$$V_2 = (3\text{ см})^3 = 3^3\text{ см}^3 = 27\text{ см}^3.$$

То есть при увеличении размеров детали в k раз её объём увеличился не в k, а в k^3 раз! Согласны?

Читатель: Да, для куба действительно так. Но ведь деталь может иметь и более сложную форму! Как быть в этом случае?

Автор: Мы всегда можем представить себе, что наша деталь состоит из большого числа маленьких кубиков, ребро каждого из которых равно, например, a, а объём, соответственно, $V_1 = a^3$. Тогда при увеличении размеров детали в k раз ребро каждого кубика тоже увеличится в k раз и станет равным ka. А объём составит

$$V_2 = (ka)^3 = k^3a^3 = k^3V_1.$$

То есть объём каждого кубика увеличится в k^3 раз. А значит, и объём всей детали увеличится в k^3 раз.

Следовательно, и в нашей задаче мы можем записать соотношение:

$$V_2 = k^3V_1.$$

Отсюда

$$\frac{m_2}{\rho_2} = k^3\frac{m_1}{\rho_1} \Rightarrow \frac{m_2}{\cancel{\rho_2}}\cancel{\rho_2} = k^3\frac{m_1}{\rho_1}\rho_2\,.$$

Итак:

$$m_2 = k^3 m_1 \frac{\rho_2}{\rho_1}. \qquad (14.14)$$

Проверим размерность. Заметим, что k – величина безразмерная, то есть просто число. Размерности таких величин полагают равными единице: $[k] = 1$.

$$[m_2] = [k]^3[m_1]\frac{[\rho_2]}{[\rho_1]} = 1^3 \cdot \text{г} \cdot \frac{\text{г/см}^3}{\text{г/см}^3} = 1 \cdot \text{г} = \text{г}.$$

Подставим численные значения:

$$m_2 = k^3 m_1 \frac{\rho_2}{\rho_1} = 3^3 \cdot 80\ \text{г} \cdot \frac{2{,}7\ \text{г/см}^3}{8{,}0\ \text{г/см}^3} = 729\ \text{г} \approx 0{,}73\ \text{кг}.$$

Ответ: $m_2 = k^3 m_1 \frac{\rho_2}{\rho_1} \approx 0{,}73$ кг.

СТОП! Решите самостоятельно: Г16, Г18.

Плотность смеси, сплава, раствора

Задача 14.10. Сплав состоит из m_1 = 1,0 г золота и m_2 = 2,0 г серебра. Какова плотность сплава? Считайте, что объём сплава равен объёму составляющих его частей.

m_1 = 1,0 г
m_2 = 2,0 г
ρ = ?

Решение. Из таблицы 14.1 находим плотность золота ρ_1 = 19,3 г/см^3 и плотность серебра ρ_2 = 10,5 г/см^3.

Плотность сплава равна отношению массы сплава к его объёму: $\rho = \frac{m}{V}$. Пусть m – масса сплава, V – объём сплава, V_1 – объём золота, V_2 – объём серебра. Тогда

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m_1 + m_2}{V_1 + V_2}. \qquad (1)$$

Согласно формуле (14.4) можно записать:

$$V_1 = \frac{m_1}{\rho_1} \quad \text{и} \quad V_2 = \frac{m_2}{\rho_2}.$$

Подставляя эти значения V_1 и V_2 в формулу (1), получим значение плотности сплава:

$$\rho = \frac{m_1 + m_2}{\left(\frac{m_1}{\rho_1} + \frac{m_2}{\rho_2}\right)}. \qquad (14.15)$$

Проверим размерность результата:

$$[\rho] = \frac{[m_1] + [m_2]}{\left(\frac{[m_1]}{[\rho_1]} + \frac{[m_2]}{[\rho_2]}\right)} = \frac{\text{г} + \text{г}}{\frac{\text{г}}{\text{г/см}^3} + \frac{\text{г}}{\text{г/см}^3}} =$$

$$\text{г} : \frac{\text{г}}{\text{г/см}^3} = \frac{\text{г} \cdot \text{г/см}^3}{\text{г}} = \text{г/см}^3.$$

Подставим численные значения:

$$\rho = \frac{m_1 + m_2}{\left(\frac{m_1}{\rho_1} + \frac{m_2}{\rho_2}\right)} = \frac{1,00\ \text{г} + 2,00\ \text{г}}{\left(\frac{1,00\ \text{г}}{19,3\ \text{г/см}^3} + \frac{2,00\ \text{г}}{10,5\ \text{г/см}^3}\right)} =$$

$$= 12,38\ \text{г/см}^3 \approx 12\ \text{г/см}^3.$$

Ответ: $\rho = \frac{m_1 + m_2}{\left(\frac{m_1}{\rho_1} + \frac{m_2}{\rho_2}\right)} \approx 12\ \text{г/см}^3.$

СТОП! Решите самостоятельно: Г20, Г22, Д9.

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

Задачи очень лёгкие

А1. Какие металлы имеют плотность бóльшую, чем у золота?
А2. Плотность какого вещества больше: алмаза или мрамора?
А3. У какого металла плотность меньше, чем у воды?
А4. Какая жидкость имеет наибольшую плотность при 20 °С?
А5. У каких газов плотность при 0 °С больше, чем у воздуха?
А6. Какой газ имеет наименьшую плотность при 0 °С?
А7. Определите плотность бензина, если его объём V = 200 см^3 имеет массу m = 140 г.
А8. Объём слитка металла V = 50 см^3, а его масса m = 355 г. Какова плотность этого металла? Какой металл имеет такую же плотность?

А9. Кусок металла массой m = 461,5 г имеет объём V = 65 см^3. Что это за металл?

А10. Картофелина массой m = 59,0 г имеет объём V = 50,0 см^3. Определите плотность картофеля.

А11. Из двух тел с одинаковой массой второе имеет больший объём. У какого из этих тел плотность меньше?

А12. Какова масса V= 250 см^3 серной кислоты?

А13. Определите массу соломы в соломокопнителе, если объём копнителя V = 16 м^3, а плотность свежей соломы ρ = 28 кг/м^3.

А14. На сколько изменилась общая масса автомобиля, когда в бак его долили V = 200 л бензина?

А15. Пользуясь таблицей плотностей, определите массу: а) V_1 = = 2 см^3 песка; б) соснового бруска, объём которого V_2 = = 10 см^3; в) чугунной детали объёмом V_3 = 20 см^3; г) оловянного бруска объёмом V_4 = 10 см^3; д) медного бруска объёмом V_5 = 500 см^3; е) V_6 = 2,0 см^3 гранита; ж) V_7 = =5,0 см^3 парафина; з) V_8 = 100 см^3 бетона.

А16. Во сколько раз масса куска мрамора объёмом V = 1 м^3 больше массы куска парафина того же самого объёма?

А17. Во сколько раз V_1 = 1,0 см^3 гранита тяжелее V_2 = 1,0 см^3 кирпича: $\frac{m_1}{m_2}$?

А18. Во сколько раз масса гелия объёмом V = 1 м^3 больше массы водорода того же объёма: $\frac{m_1}{m_2}$?

А19. Титановая деталь для машины имеет массу m = 450 г. Определите её объём.

А20. Какой объём занимает масса M = 400 г графита?

А21. Стальная деталь машины имеет массу m = 780 г. Определите её объём.

А22. Какой вместимости надо взять сосуд, чтобы в него можно было налить бензин, масса которого m = 35 кг?

А23. Стальная деталь машины имеет массу m = 3,90 кг. Определите объём детали.

А24. В бидон входят m=7,2 кг керосина. Определите ёмкость бидона.

А25. Сосуд вмещает m = 2,72 кг ртути. Определите ёмкость сосуда. Сколько граммов керосина можно вместить в этот сосуд?

А26. Когда бак целиком наполнили скипидаром, то оказалось, что масса его увеличилась на m = 32 кг. Какова вместимость бака?

А27. Приведите пример двух металлов, которые, имея одинаковые массы, значительно отличались бы объёмами.

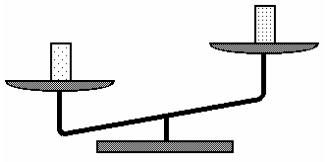


Рис. 14.3

А28. На чашках весов (рис. 14.3) находятся одинаковые по объёму бруски из железа и чугуна. На какой чашке находится железо?

А29. Сколько воды по объёму выльется из отливного стакана, если в него погрузить стальной брусок объёмом $V_т$ = 245 см^3?

А30. В стакан с ртутью опустили платиновый шарик. Определите объём шарика, если известно, что он втеснил $V_ж$ = =1,5 см^3 ртути.

Задачи лёгкие

Б1. Что больше: плотность свинца или плотность железа? Во сколько раз?

Б2. Во сколько раз плотность ртути больше плотности бензина?

Б3. Какое вещество имеет бóльшую плотность: серная кислота или спирт? Во сколько раз?

Б4. Плотность редкого металла осмия ρ = 22,6 г/см^3. Что означает это число? Во сколько раз плотность осмия больше плотности алюминия?

Б5. Плотность алюминия в твёрдом состоянии ρ_1 = 2700 кг/м^3, в жидком ρ_2 = 2380 кг/м^3. В чём причина такого изменения плотности алюминия?

Б6. Чем объяснить отличие плотности водяного пара от плотности воды?

Б7. В цилиндре под поршнем находится газ. Поршень начинают осторожно выдвигать из цилиндра. Изменится ли при этом масса газа в цилиндре? Его объём? Плотность? Число частиц (молекул) газа? (Газ из цилиндра не вытекает.)

Б8. В цилиндре под поршнем находится кислород. Поршень начинают вдвигать в цилиндр. Как при этом изменяются: а) масса; б) его объём; в) его плотность; г) число молекул?

Б9. Подсолнечное масло объёмом V = 10,0 л имеет массу m = =920 г. Найдите плотность масла. Выразите её в килограммах на кубический метр (кг/м^3).

Б10. Самое лёгкое дерево – бальза. Масса его древесины объ-

ёмом V = 100 см^3 равна m = 12 г. Вычислите плотность древесины бальзы в г/см^3 и в кг/м^3.

Б11. Из какого металла изготовлена втулка подшипника, если её масса m = 3,9 кг, а объём V = 500 см^3?

Б12. Чугунный шар имеет массу m = 800 г при объёме V = =125 см^3. Сплошной или полый этот шар?

Б13. Масса алюминиевой детали m = 300 г, её объём V = =150 см^3. Есть ли в этой детали пустоты?

Б14. На чашках уравновешенных весов лежат кубики (рис. 14.4). Одинаковы ли плотности веществ, из которых сделаны кубики?

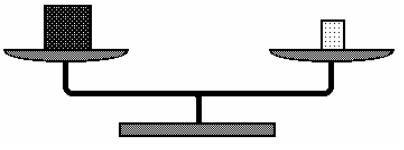


Рис. 14.4

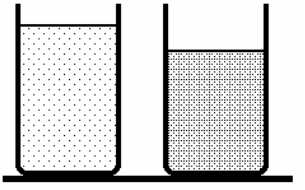


Рис. 14.5

Б15. В один из двух одинаковых сосудов налили воду (левый сосуд), в другой – раствор серной кислоты (рис. 14.5) равной массы. Какая жидкость имеет бóльшую плотность? На основании чего вы делаете вывод?

Б16. На одной чашке весов (рис 14.6) поставлен брусок из свинца, а на другой – из олова. На какой чашке находится свинцовый брусок?

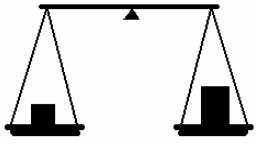


Рис. 14.6

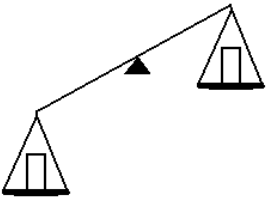


Рис. 14.7

Б17. На чашках весов (рис 14.7) находятся одинаковые по объёму бруски из железа и натрия. На какой чашке находится железо?

Б18. С помощью весов мальчик определил, что стакан, заполненный водой, имеет бóльшую массу, чем тот же стакан, заполненный подсолнечным маслом, но меньшую, чем молоком. Ка-

кая из этих жидкостей имеет наибольшую плотность, а какая — наименьшую?

Б19. Вычислите в килограммах массу: а) V_1 = 1,00 дм^3 свинца; б) V_2 = 1,0 дм^3 парафина; в) V_3 = 2,0 дм^3 гранита; г) V_4 = 10 дм^3 алюминия; д) V_5 = 5,00 л мёда; е) V_6 = 10,0 л молока; ж) V_7 = 2,00 л ртути.

Б20. Определите массу воды, бензина и ртути объёмом V = 10 л.

Б21. В мензурку налит керосин (рис. 14.8). Определите его массу.

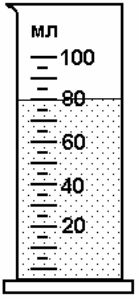


Рис. 14.8

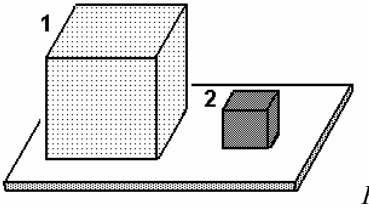


Рис. 14.9

Б22. На железнодорожную четырехосную платформу массой m = 21 т погрузили гранит объёмом V = 19 м^3. Какой стала общая масса платформы с грузом?

Б23. На сколько масса алюминия объёмом V = 1,0 м^3 меньше массы свинца того же объёма?

Б24. На рис. 14.9 изображены два кубика одинаковой массы: один (*1*) из янтаря, другой (*2*) из меди. У какого из кубиков масса вещества в объёме V = 1 см^3 больше и во сколько раз: $\frac{m_1}{m_2} = ?$ (Плотность янтаря 1,1 г/см^3).

Б25. Три кубика — из мрамора, льда и латуни — имеют одинаковый объём. Какой из них имеет наибольшую массу, какой — наименьшую?

Б26. Два ведра наполнены доверху водой: одно – дистиллированной, другое – морской. Если ведра одинаковы, то что можно сказать о массе воды в них?

Б27. Какая из трех ложек одинакового объёма имеет бóльшую массу: стальная, алюминиевая или серебряная?

Б28. Два тела одинакового объёма имеют массы в два раза отличающиеся друг от друга: $\frac{m_1}{m_2} = 2$. У какого тела плотность больше и во сколько раз: $\frac{\rho_1}{\rho_2} = ?$

Б29. Диаметры алюминиевого и парафинового шаров одинаковы. Какой из них имеет меньшую массу и во сколько раз: $\frac{m_2}{m_1} = ?$

Б30. Два одинаковых бака наполнены: один – керосином, другой – бензином. Масса какого горючего больше и во сколько раз: $\frac{m_1}{m_2} = ?$

Б31. Объём одной отливки в пять раз больше объёма другой отливки из того же металла: $V_1 = 5V_2$. Какая отливка имеет большую массу и во сколько раз: $\frac{m_1}{m_2} = ?$

Б32. Определите массу прямоугольной мраморной плиты с размерами: а = 1,0 м, *b* = 0,80 м, с = 0,10 м.

Б33. В аквариум длиной *a* = 40 см и шириной *b* = 20 см налита вода до высоты *c* = 35 см. Определите массу налитой воды. Какую массу имеет такой же объём машинного масла?

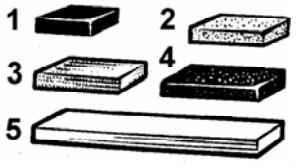
Б34. Определите массу оконного стекла длиной *a* = 3,0 м, высотой *b* = 2,5 м и толщиной *c* = 0,60 см.

Б35. Сколько потребуется железнодорожных цистерн для перевозки *m* = 1000 т нефти, если вместимость каждой цистерны *V* = 50 м^3?

Б36. В карьере за сутки добыто *V* = 5000 м^3 песка. Сколько железнодорожных платформ грузоподъемностью *M* = 65 т потребуется, чтобы перевезти этот песок? (Песок принять сухим.)

Б37. На сколько увеличилась общая масса автомашины после погрузки на неё *n* = 50 сухих сосновых брусков объёмом *V* = 20 дм^3 каждый?

Б38. Лаборант, идущий на склад для получения *m* = 5 кг ртути, взял с собой пол-литровую склянку. Не придётся ли ему возвращаться за дополнительной пустой посудой?



Б39. В бутылку вмещается *V* = 500 мл воды. Вместится ли в эту бутылку *m* = 720 г серной кислоты?

Б40. На рис. 14.10 изображены бруски одинаковой массы, изготовленные из меди, алюминия, олова, золота,

Рис. 14.10

свинца. Пользуясь таблицей плотностей, определите, из какого вещества изготовлен каждый брусок.

Б41. Какая из трёх ложек одинаковой массы имеет бóльшие размеры: стальная, алюминиевая или серебряная?

Б42. Два сплошных однородных цилиндра одинаковы по высоте и массе. Один из них изготовлен из алюминия, другой – из стали. Какой из них «толще»?

Б43. Из двух медных заклепок первая имеет вдвое бóльшую массу, чем вторая: $m_1 = 2m_2$. Чему равно отношение объёмов этих тел: $\frac{V_1}{V_2} = ?$

Б44. Какая чугунная гиря – массой $m_1 = 5{,}0$ кг или $m_2 = = 20$ кг – имеет больший объём и во сколько раз: $\frac{V_2}{V_1} = ?$

Б45. В мензурку массой $m_с = 100$ г налили $V_ж = 50$ см^3 скипидара. Определите массу мензурки с налитой жидкостью.

Б46. В стеклянную банку массой $m_с = 600$ г налили $V_ж = =500$ см^3 мёда. Какова масса банки с мёдом?

Б47. Наружный объём стеклянной бутылки $V_н = 0{,}6$ л, а ёмкость бутылки $V_{вн} = 0{,}5$ л. Определите объём стекла, из которого изготовлена бутылка.

Б48. Стальная фляга ёмкостью $V_{вн} = 0{,}75$ л имеет массу $m = =0{,}30$ кг. Чему равен её наружный объём?

Б49. Определите массу воды, которая выльется из отливного стакана, если в него погрузить тело объёмом $V_т = 100$ см^3.

Б50. Сосуд наполнен водой. В каком случае из сосуда выльется больше воды: при погружении бруска свинца или бруска олова? Масса каждого бруска $m_т = 1$ кг.

Б51. Для промывки деталей их опускают в сосуд с керосином. В каком случае уровень керосина в сосуде станет выше: при погружении в него детали из алюминия или детали из меди такой же массы? (Детали сплошные.)

Б52. Определите объём воды, которая выльется из отливного стакана, если в него опустить, свинцовую дробь массой $m_т = 684$ г.

Б53. Для промывки медной детали массой $m_т = 17{,}8$ кг её опустили в бак с керосином. Определите массу керосина, вытесненного этой деталью.

Б54. Определите массу воды, которая выльется из стакана, доверху заполненного водой, при погружении в него куска стали массой $m_т$ = 78 г.

Б55. В стакан, доверху наполненный керосином, опустили металлическую деталь массой $m_к$ = 100 г, при этом из стакана вылилось $m_ж$ = 9,0 г керосина. Определите массу стакана после опускания детали, если до того масса стакана с керосином была равна m_1 = 200 г.

Б56. В пробирку, заполненную спиртом, опустили небольшой камешек, при этом из пробирки вылилось $m_ж$ = 3,5 г спирта. Определите массу камешка, если до опускания камешка масса пробирки со спиртом была равна m_1 = 40 г, а после опускания камешка m_2 = 48,5 г.

Б57. Пробирка, до краёв наполненная водой, имеет массу m_1 = =60 г. Если в эту пробирку опустить небольшой камешек, то масса пробирки станет равной m_2 = 64 г. Известно, что при опускании камешка вылилось $m_ж$ = 2 г воды. Какова масса камешка?

Задачи средней трудности

В1. Известно, что при одинаковых условиях разные газы в объёме V = 1 м^3 содержат одно и то же число молекул, а плотности газов разные. Чем объясняется различие в плотности газов?

В2. Медную деталь нагрели. Изменились ли при этом масса детали, её объём и плотность? Ответ обоснуйте.

В3. Имеются три бруска льда одинаковой массы, взятые при разных температурах, равных соответственно 0, –4 и –25 °С. У какого бруска самый большой объём?

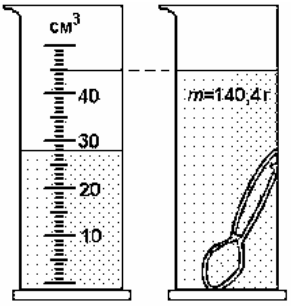


Рис. 14.11

В4. Наибольшую плотность вода имеет при 4 °С. Как изменяются масса, объём и плотность воды при охлаждении её от 4 до 0 °С?

В5. Как изменятся масса, объём и плотность воды при нагревании от 0 до 4 °С? (См. задачу В4.)

В6. Рассмотрите рис. 14.11 и определите вещество, из которого изготовлена ложка.

В8. Кубик из пенопласта имеет ребро a = 2,0 см. Масса кубика m = 0,10 г. Есть ли в кубике полость?

В9. Латунный цилиндр имеет площадь основания S = 20 см^2 и высоту h = 10 см. Масса цилиндра равна m = 1,7 кг. Определите, является ли цилиндр сплошным или же в нём имеется полость?

В10. Сплошной деревянный цилиндр имеет радиус основания R = 5,0 см и высоту h = 20 см. Определите породу дерева, если масса цилиндра m = 1,26 кг.

В11 Платиновый шарик имеет радиус R = 2,00 мм и массу m = =0,229 г. Определите, есть ли в шарике полость?

В12. Из одного и того же вещества отлили три шара объёмами V_1 = 18 см^3, V_2 = 90 см^3 и V_3 = 120 см^3. Масса первого шара m_1 = 153 г. Из какого вещества изготовлены шары и какова масса каждого из оставшихся шаров?

В13. Рассмотрите рис. 14.12 и рассчитайте массу тел, если они изготовлены изо льда.

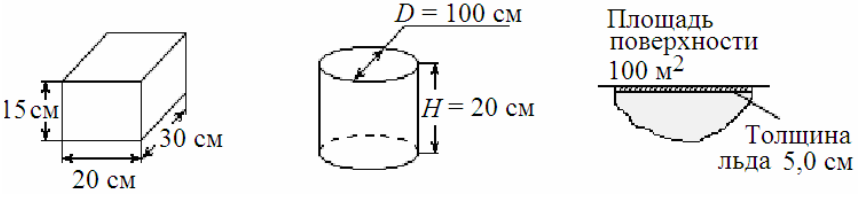


Рис. 14.12

В14. а) Определите массу алюминиевого угольника, размеры которого указаны на чертеже (рис 14.13). Толщина угольника c = 5,0 мм.

б) Найдите массу железного угольника тех же размеров.

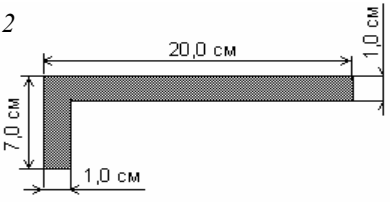


Рис. 14.13

В15. Кузов трехтонного автомобиля имеет следующие размеры: длину a = 3 м 10 см, ширину b = 2 м 10 см и высоту c = 60 см. Определите высоту слоя песка при полной загрузке автомобиля. Масса песка m = 3,0 т.

В16. Дорожка в саду имеет ширину a = 2,0 м. На какую длину можно покрыть эту дорожку слоем песка толщиной c = = 1,0 см, если масса песка m = 3,0 т?

В17. Для того чтобы жесть, используемая для изготовления консервных банок, не ржавела, её покрывают тонким слоем олова (лудят) из расчёта m = 0,45 г на S = 200 см^2 жести. Какова толщина слоя олова на жести?

В18. Пластинки золота можно расплющивать до толщины a = =0,00010 мм. Какую площадь поверхности металла (дерева и т.д.) можно покрыть такими пластинками, изготовленными из золота массой m = 2,316 г?

В19. Определите массу медного провода длиной l = 10,0 м и площадью поперечного сечения S = 2,00 мм^2.

В20. Моток медной проволоки сечением S = 2,0 мм^2 имеет массу m = 17,8 кг. Как, не разматывая моток, определить длину проволоки? Чему она равна?

В21. Радиолюбитель поставил антенну из медной проволоки длиной a = 40 м, площадью поперечного сечения S = =3,4 мм^2. Рассчитайте массу медной проволоки.

В22. Сколько штук строительного кирпича с размерами a = =250 мм, b = 120 мм, c = 65 мм допускается перевозить на автомашине грузоподъемностью M = 4,0 т?

В23. Машина рассчитана на перевозку груза массой M = 3,0 т. Сколько листов железа можно нагрузить на неё, если длина каждого листа a = 2,0 м, ширина b = 80 см и толщина c = =2,0 мм.

В24. Аквариум необходимо наполнить водой. Сколько вёдер воды потребуется, если в ведро входит V_0 = 10,0 л воды, а размеры аквариума таковы: длина a = 1,0 м, ширина b = =0,50 м, а уровень воды в нём должен быть c = 70 см?

В25. Железный и алюминиевый стержни имеют одинаковое сечение и равные массы. Какой из стержней длиннее? Во сколько раз?

В26. В вашем распоряжении находятся только кувшин, весы с гирьками и сосуд с водой. Объясните, как бы вы поступили, используя лишь эти тела, чтобы определить вместимость кувшина?

В27. Как определить плотность неизвестной жидкости, используя только стакан, воду и весы с разновесом?

В28. Необходимо определить плотность вещества, из которого изготовлена мелкая дробь. Предложите способ определения плотности в этом случае. Какие приборы вам для этого потребуются?

В29. Вам дана мелкая свинцовая дробь. Как определить, есть ли в ней примеси?

В30. В пластиковую бутылку налили $V_ж$ = 2,00 л цельного молока. Масса бутылки с молоком оказалась равной m = =2,16 кг. Определите массу бутылки.

В31. В банку массой $m_с$ = 0,67 кг налили некоторое количество эфира. Масса банки с жидкостью стала равной m = 0,81 кг. Определите объём налитого эфира.

В32. Сосуд, наполненный бензином, имеет массу m = 2,00 кг. Этот же сосуд без бензина имеет массу $m_с$ = 600 г. Определите ёмкость сосуда.

В33. В стеклянную бутылку массой $m_с$ = 450 г налили $V_ж$ = =0,200 л некоторой жидкости. Масса бутылки с жидкостью оказалась равной m = 3,17 кг. Определите плотность жидкости. Что это за жидкость?

В34. В пустую мензурку массой $m_с$ = 240 г налили $V_ж$ = 75 см^3 жидкости. Масса мензурки с жидкостью m = 375 г. Определите плотность жидкости.

В35. Найдите ёмкость стеклянного сосуда $V_{вн}$, если его масса m = 50 г и наружный объём $V_н$ = 37 см^3.

В36. Вычислите массу стеклянного флакона для духов, если он вмещает $V_{вн}$ = 50 см^3 жидкости и имеет наружный объём $V_н$ = 75 см^3.

В37. Хрустальный графин вмещает $V_{вн}$ = 0,80 л жидкости и имеет наружный объём $V_н$ = 1,20 л. Масса графина m = = 1,05 кг. Определите плотность хрусталя.

В38. В отливной стакан, заполненный неизвестной жидкостью, опустили металлическую деталь объёмом $V_т$ = 10,0 см^3, при этом из стакана вылилось $m_ж$ = 7,1 г жидкости. Какова плотность жидкости?

В39. В сосуд с водой опустили кусочек цинка. Известно, что объём вытесненной воды равен $V_ж$ = 15,00 см^3. Определите массу цинка.

В40. В сосуд, заполненный неизвестной жидкостью, погрузили тело из неизвестного материала массой $m_т$ = 15,0 г. Объём вытесненной жидкости при этом составил $V_ж$ = 2,00 см^3. Какова плотность тела?

В41. В доверху заполненный глицерином стакан опустили стальной шарик. При этом из стакана вылилось $m_ж$ = 10,0 г глицерина. Определите массу шарика.

В42. Деталь из неизвестного металла массой $m_т$ = 100 г опустили в отливной стакан, заполненный машинным маслом. При этом из стакана вылилось $m_ж$ = 4,19 г масла. Определите плотность металла.

В43. Латунная деталь массой $m_т$ = 850 г опущена в отливной стакан, заполненный неизвестной жидкостью. При этом из стакана вылилось $m_ж$ = 80 г жидкости. Какова плотность жидкости?

В44. В стакан, доверху заполненный бензином общей массой m_1 = 250 г, опустили чугунную деталь объёмом $V_к$ = 10 см^3. Определите, какой стала общая масса стакана.

В45. В банку, доверху заполненную неизвестной жидкостью общей массой m_1 = 2,30 кг, опустили кусок кирпича объёмом $V_к$ = 200 см^3, при этом общая масса банки стала равна m_2 = 2,48 кг. Определите плотность жидкости.

В46. В доверху наполненный глицерином сосуд опустили кусочек иридия, в результате чего общая масса сосуда увеличилась от m_1 = 225 г до m_2 = 430 г. Определите объём кусочка иридия.

В47. Масса медного чайника m_1 = 1,32 кг. Определите массу такого же алюминиевого чайника.

В48. Деревянная модель детали машины, изготовленная из сосны, имеет массу m_1 = 0,80 кг. Какую массу будет иметь эта деталь, изготовленная из стали?

В49. Какова масса соснового бруска, имеющего такие же размеры, как и дубовый массой m_1 = 40 кг?

В50. Масса детали, изготовленной из латуни, равна m_1 = 200 г. Определите плотность сплава, из которого изготовлена такая же по размерам копия этой детали, если масса копии m_2 = 176 г.

В51. Деталь, отлитая из меди, имеет массу m_1 = 89 г. Масса такой же по размерам деревянной детали m_2 = 4,0 г. Определите плотность дерева.

Задачи трудные

Г1. Определите плотность стекла, из которого сделан куб массой m = 857,5 г, если площадь всей поверхности куба S = 294 см^2.

Г2. Какую массу имеет куб с площадью поверхности S = =150 см^2, если плотность вещества, из которого он изготовлен, ρ = 2700 кг/м^3?

Г3. Определите массу полого куба, изготовленного из латуни. Полная площадь наружной боковой поверхности куба S = 216 см^2, толщина стенок a = 2,0 мм.

Г4. При исследовании облака установили, что средний объём капельки воды в нём равен V_0 = 0,000 0040 мм^3. Какая масса воды содержится в облаке объёмом V = 1,0 м^3, если в облаке объёмом V_1 = 0,10 см^3 в среднем содержится n_1 = =140 капелек?

Г5. Из дерева изготовлено тело неправильной формы. Как определить плотность дерева? Предложите способ определения и назовите приборы, которые для этого потребуются.

Г6. Как определить длину медного провода в мотке, если его нельзя разматывать? Провод имеет круглое сечение. Какие приборы для этого потребуются?

Г7. В стеклянной пробке от графина имеется полость. Как определить объём этой полости, не разбивая пробку? Какое оборудование для этого потребуется?

Г8. Стеклянный флакон от духов целиком заполнен ртутью и плотно закрыт притертой стеклянной пробкой. Как, не вынимая пробки, определить массу находящейся во флаконе ртути? Какие физические приборы для этого понадобятся?

Г9. Как определить толщину тонкой стеклянной пластинки прямоугольной формы, имея весы с разновесом и масштабную линейку? При этом учтите, что непосредственно измерять толщину пластинки линейкой нецелесообразно, так как это даст недостаточно точный результат.

Г10. Масса пустой бутылки $m_с$ = 460 г. Масса этой же бутылки, наполненной водой, m_1 = 960 г, а наполненной подсолнечным маслом m_2 = 920 г. Определите по этим данным плотность подсолнечного масла. (Плотность воды считайте известной.)

Г11. Колба имеет массу $m_с$ = 14,72 г. Наполненная водой, она имеет массу m_1 = 39,74 г, а наполненная водным раствором соли m_2 = 44,85 г. Определите плотность раствора.

Г12. Найдите объём полости внутри стеклянной пробки графина, если масса пробки m = 77 г, а её объём (внешний) V = 37 см^3. Плотность стекла примите равной $\rho_{ст}$= = 2,5 г/см^3.

Г13. Пробирка, заполненная водой, имеет массу m_1 = 44 г. Определите массу той же пробирки с кусочком стали массой $m_к$ = 10 г, доверху залитую водой.

Г14. Масса пробирки с водой составляет m_1 = 50 г. Масса этой же пробирки, заполненной водой, но с кусочком металла в ней плотностью ρ = 8,0 г/см^3 составляет m_2 = 61 г. Определите массу кусочка металла.

Г15. Масса стакана, заполненного водой, m_1 = 260 г. Когда в этот стакан с водой поместили камешек массой $m_к$ = 28,8 г и часть воды вылилась, то масса стакана, воды и камешка стала равной m_2 = 276,8 г. Определите плотность вещества камня.

Г16. Мраморная статуя имеет массу m_1 = 100 кг. Какую массу имеет медная копия этой статуи, размеры которой в k = 2,5 раза больше?

Г17. Стальной мост через реку имеет массу m_1 = 780 т. Определите массу деревянной модели этого моста, размеры которой в k = 100 раз меньше размеров моста. Плотность дерева ρ_2 = 0,80 г/см^3.

Г18. Медная деталь имеет массу m_1 = 100 г. Деревянная копия этой детали, размеры которой в k = 2,0 раза больше размеров самой детали, имеет массу m_2 = 75 г. Определите плотность дерева.

Г19. Золотая ваза имеет массу m_1 = 10,5 кг, а её точная копия, размеры которой в n = 3,5 раза меньше, имеет массу m_2 = =107 г. Определите плотность сплава, из которого отлита копия.

Г20. Чтобы получить латунь, сплавили куски меди массой m_1 = =178 кг и цинка массой m_2 = 355 кг. Какой плотности была получена латунь? (Объём сплава равен сумме объёмов его составных частей.)

Г21. Сплав состоит из олова массой m_1 = 2,92 кг и свинца массой m_2 = 1,13 кг. Какова плотность сплава, если считать, что объём сплава равен сумме объёмов его составных частей?

Г22. Тщательным совместным растиранием смешано по m = =100 г парафина, буры и воска. Какова средняя плотность получившейся смеси, если плотность этих веществ равна соответственно: ρ_1 = 0,90 г/см^3, ρ_2 = 1,7 г/см^3 и ρ_3 = =1,0 г/см^3?

Задачи очень трудные

Д1. В сосуд, заполненный жидким маслом плотностью $\rho_ж$ = =0,90 г/см^3, опустили камешек плотностью $\rho_к$ = 2,5 г/см^3, в результате чего часть масла вытекла, а масса пробирки с оставшимся маслом и камешком увеличилась на Δm = 26 г. Определите массу камешка.

Д2. В сосуд, заполненный водой, опустили камешек массой $m_к$ = 39 г, после чего часть воды вытекла, а общая масса пробирки с

камешком и оставшейся водой увеличилась на Δm = 25 г. Определите плотность камешка.

Д3. В сосуд, заполненный водой плотностью ρ_1 = 1,00 г/см^3, бросают кусок алюминиевого сплава. После того, как часть воды вылилась из сосуда, его масса с оставшейся водой и куском сплава увеличилась на Δm = 25 г. Когда вместо воды использовали жидкое масло плотностью ρ_2 = 0,90 г/см^3 и повторили измерения, то масса сосуда с маслом и куском сплава увеличилась на Δm_2 = 26 г. Определите плотность сплава.

Д4. Железная и алюминиевая детали имеют одинаковые объёмы. Найдите массы этих деталей, если масса железной детали на Δm = 12,75 г больше массы алюминиевой.

Д5. Девочки вылепили из пластилина фигурку олимпийского мишки и поручили мальчикам отлить из свинца его точную копию, но в k = 2 раза (точно) бóльшей высоты. Какую массу будет иметь отливка, если на изготовление образца пошло V = 100 см^3 пластилина?

Д6. Стальная Эйфелева башня в Париже имеет высоту H = =300 м и массу M = 7200 т. Какой будет масса точной модели Эйфелевой башни, если её изготовить из материала, плотность которого ровно в 3 раза меньше, чем у стали: $\rho_2 = \frac{\rho_1}{3}$? Высота копии h = 30 см.

Д7. В чистой воде растворена кислота. Масса раствора m = = 240 г, а его плотность ρ = 1,2 г/см^3. Определите массу кислоты, содержащейся в растворе, если плотность кислоты ρ_2 = 1,8 г/см^3. Считайте объём раствора равным сумме объёмов его составных частей.

Д8. Кусок сплава из свинца и олова массой m = 664 г имеет плотность ρ = 8,3 г/см^3. Определите массу свинца в сплаве. Считайте объём сплава равным сумме объёмов его составных частей.

Д9. В куске кварца содержится небольшой самородок золота. Масса куска m = 100 г, а его средняя плотность ρ = =8,00 г/см^3. Определите массу золота, содержащегося в кварце, если плотность кварца $\rho_к$ = 2,65 г/см^3.

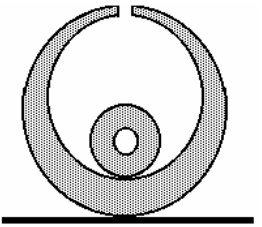


Рис. 14.14

Д10. Сплав золота и серебра массой m = 400 г имеет плотность ρ = 14·10^3 кг/м^3.

Полагая объём сплава равным сумме объёмов его составных частей, определите массу золота и процентное содержание его в сплаве.

Д11. Как определить плотность неизвестной жидкости, используя стакан и весы с разновесом из латуни?

Д12. При изготовлении полого медного шара с небольшим отверстием в него поместили другой полый медный шар (рис. 14.14). Как определить объём внутренней полости малого шара?

Д13. Как опытным путем определить массу медного купороса, содержащегося в водном растворе? (Плотность купороса известна.) Считать, что объём раствора равен сумме объёмов его составных частей.

Д14. На привале у озера юный турист вручил своим товарищам ведро и кувшин вместимостью V_1 = 7 л и V_2 = 3 л соответственно. При этом дал задание принести из озера ровно столько воды, сколько вмещается в кастрюлю, о которой сообщил, что если целиком (ровным слоем) наполнить её сухим песком плотностью ρ = 1500 кг/м^3, то масса этого песка составит m = 7,5 кг. Ребята (все они любители физики) дружно взялись за дело и тут же выполнили его. А вы смогли бы выполнить это задание? Расскажите как.

§ 15. МЕХАНИЧЕСКОЕ ДВИЖЕНИЕ. ДВИЖЕНИЕ И ПОКОЙ. ТРАЕКТОРИЯ. ПУТЬ. ПРЯМОЛИНЕЙНОЕ И КРИВОЛИНЕЙНОЕ ДВИЖЕНИЕ. ВРЕМЯ В ПУТИ

Движемся или покоимся?

Автор: Человек спокойно лежит на диване и отдыхает. Как Вы считаете, он движется или покоится?

Читатель: Конечно, покоится. А какие тут могут быть сомнения?

Автор: То-то и оно, что сомнения есть. Ведь, как Вы, наверное, знаете, Земля вращается вокруг своей оси, совершая за одни сутки полный оборот (рис. 15.1).

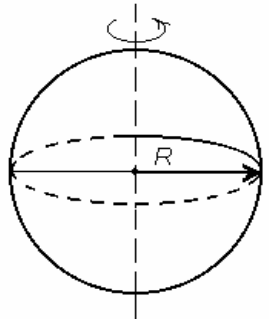


Рис. 15.1

Радиус Земли R = 6400 км. Значит, если человек отдыхает на экваторе, то всего за одни сутки он преодолевает путь, равный длине окружности радиусом R = 6400 км:

$l = 2\pi r = 2\pi \cdot 6400$ км $\approx 40 \cdot 10^3$ км.

Какой уж тут покой!

Но это было бы еще полбеды. Дело в том, что Земля (как Вы, возможно, слышали) движется вокруг Солнца по окружности радиусом $r = 1{,}5 \cdot 10^8$ км (рис. 15.2). Значит, всего за один год человек (лёжа на диване) преодолевает путь: $L = 2\pi r = 2\pi \cdot 1{,}5 \cdot 10^8$ км $\approx 9{,}4 \cdot 10^8$ км.

И в то же время человек (по здравому смыслу) вроде бы покоится. Волей-неволей напрашивается вывод, что движение и покой – понятия относительные. То есть относительно дивана человек действительно покоится, а относительно центра Земли – нет, и относительно Солнца – тем более нет!

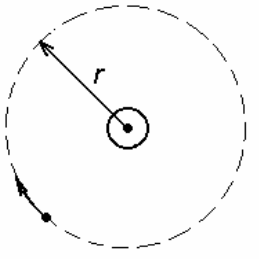


Рис. 15.2

Таким образом, говоря о движении и покое, всегда необходимо называть ***тело отсчета*** (диван, например), относительно которого рассматривается движение или покой.

Что такое механическое движение?

Механическим движением *называется изменение положения тела относительно других тел с течением времени*.

Если это положение с течением времени не меняется, значит, тело относительно других тел (тела) не движется. Например, если два автомобиля едут по шоссе друг за другом так, что расстояние между ними с течением времени не меняется, значит, они *покоятся относительно друг друга*.

А если дерево, растущее у дороги, удаляется относительно проехавшего мимо мотоциклиста, значит, *дерево движется относительно мотоциклиста.*

СТОП! Решите самостоятельно: А1, А2, А3, Б3, В1, В2.

Траектория и путь

Траекторией называется линия, вдоль которой движется тело.

Например, линия, прочерченная мелом на доске, – это траектория кусочка мела; светящийся след, оставленный в ночном небе метеоритом, – это траектория метеорита (рис. 15.3); ломаная линия, по которой движется молекула газа, – это траектория молекулы газа (рис. 15.4).



Рис. 15.3

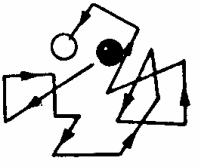


Рис. 15.4

Путь – это расстояние, пройденное телом, отсчитываемое вдоль траектории.

Путь – величина неотрицательная и измеряется в единицах длины: километрах (км), метрах (м), сантиметрах (см), миллиметрах (мм) и т.д.

Движение прямолинейное и криволинейное



Рис. 15.5

Если траектория представляет собой отрезок прямой, движение называется ***прямолинейным***, а если траектория – кривая линия, то движение называется ***криволинейным.*** Например, спортсмен, бегущий короткую 100-метровую дистанцию, движется прямолинейно, а движение лыжника, прыгнувшего с трамплина, криволинейное (рис. 15.5)

Читатель: Если движение – понятие относительное, то путь и траектория тоже, наверное, относительные понятия? Я хочу сказать, что они должны зависеть от выбора тела отсчёта.

Автор: Конечно. Взять, к примеру, чемодан, стоящий на полке движущегося поезда. Относительно полки траектория чемодана – это точка (он же неподвижен относительно полки), а относительно земли траектория чемодана – отрезок прямой: поезд же движется вперёд! Путь чемодана относительно полки за все время пути равен нулю, а относительно земли путь чемодана явно положительная величина: ведь приехал же чемодан (вместе с поездом) из одного города в другой.

СТОП! Решите самостоятельно: А4, Б4, Б5, В5.

Время в пути

Задача 15.1. Поезд вышел из Москвы в момент времени $t_н$ = 14 ч 10 мин и, проведя в пути время Δt = =2 ч 30 мин,

прибыл в город Тверь. Какое время $t_к$ показывают часы в момент прибытия?

$t_н$ = 14 ч 10 мин Δt = 2 ч 30 мин $t_к$ = ?	*Решение.* Очевидно, что показания часов увеличатся на время Δt проведённое поездом в пути. Следовательно:

$$t_к = t_н + \Delta t = 14 \text{ ч } 10 \text{ мин} + 2 \text{ ч } 30 \text{ мин} = 16 \text{ ч } 40 \text{ мин}.$$

Ответ: $t_к = t_н + \Delta t = 16$ ч 40 мин.

СТОП! Решите самостоятельно: А5, Б6, Б7.

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

Задачи очень лёгкие

А1. В движущемся относительно земли вагоне пассажирского поезда лежит книга. В покое или движении находится книга относительно: а) стола; б) рельсов; в) пассажира, сидящего в купе; г) телеграфных столбов; д) пола вагона?

А2. Движутся или покоятся относительно друг друга пассажиры метро находящиеся на двух эскалаторах: а) движущихся в одном направлении; б) движущихся в разных направлениях?

А3. Бревно плывет по течению реки. Движется ли оно относительно воды? Относительно берега?

А4. Прямолинейным или криволинейным является движение следующих тел относительно поверхности земли: а) спортсмена, пробежавшего 3000 м по дорожке стадиона; б) кабины лифта; в) дождевых капель в безветренную погоду; г) карандаша, когда им пишут?

А5. Поезд отправился от железнодорожной станции в момент времени $t_н$ = 16 ч 27 мин. Он находился в пути время Δt = 1 ч 43 мин. Вычислите время $t_к$ его прибытия в пункт назначения.

Задачи лёгкие

Б1. Пассажир летит самолётом из Санкт-Петербурга в Москву. Относительно каких тел в самолёте пассажир находится в состоянии покоя? Относительно каких тел он движется? Как он может судить об этом?

Б2. Пассажиры на палубе судна, совершающего круиз, наблюдают, как оно подплывает к пристани. Относительно каких тел эти пассажиры находятся в движении? Как они могут судить об этом? Есть ли тела, относительно которых пассажиры неподвижны?

Б3. Группа самолётов выполняет одновременно фигуры высшего пилотажа, сохраняя заданный строй. Что можно сказать о движении самолётов относительно друг друга?

Б4. Прямолинейным или криволинейным является движение следующих тел относительно поверхности земли: а) камень, выпущенный из рук, падает на землю; б) шарик падает на землю, скатившись с поверхности стола; в) движение лопастей вентилятора; г) колебания груза, подвешенного на длинной нити; д) движение веток дерева на ветру?

Б5. Одинаковые ли пути проходят электровоз и хвостовой вагон при движении поезда?

Б6. Скоростной экспресс «Красная стрела» вышел из Москвы в момент времени $t_н$ = 17 ч 03 мин и через промежуток времени Δt = 4 ч 58 мин прибыл в Санкт-Петербург. Определите время прибытия экспресса.

Б7. Мальчик отправился в магазин за покупками в момент времени $t_н$ = 14 ч 30 мин и вернулся домой в момент времени $t_к$ = 16 ч 45 мин. Сколько времени мальчик ходил за покупками?

Б8. Самолёт вылетел из Санкт-Петербурга в момент времени $t_н$ = 8 ч 20 мин и прибыл в пункт назначения в момент времени $t_к$ = 14 ч 45 мин. Сколько времени продолжался рейс самолёта?

Б9. Почему на борту самолёта и других средств передвижения имеются специальные часы, измеряющие так называемое «бортовое время»? В какой момент времени эти часы начинают идти? Что они показывают в «начальный момент времени»?

Задачи средней трудности

В1. Почему в летящем самолёте, глядя в иллюминатор на безоблачное небо, мы не испытываем ощущения полета?

В2. Когда самолёт летит над облаками, то пассажиру иногда кажется, что самолёт падает вниз на облака, чего на самом деле нет. Почему так получается?

В3. Рассадочная машина создаёт для растения на время посадки покой относительно земли, не прекращая своего собственного

движения. Как это достигается?

В4. Лётчик-спортсмен сумел посадить самолёт на крышу вагона движущегося относительно земли поезда. При каком условии это становится возможным?

В5. Рассмотрите движение конца минутной и секундной стрелок секундомера. Что общего и в чём различие в этих движениях?

В6. Какую траекторию описывает при движении автомобиля его фара, центр колеса: а) относительно прямолинейного шоссе; б) относительно центра колеса?

В7. Автомобиль движется на повороте дороги. Одинаковые ли пути при этом проходят правые и левые колеса автомобиля?

В8. Самолёт Ту-154 вылетел из Москвы в момент времени $t_н$ = =18 ч 00 мин по московскому времени и через промежуток времени Δt = 12 ч 30 мин совершил посадку в аэропорту Магадана. Определите время посадки по московскому времени.



В9. Таракан Митрофан совершает прогулку по кухне. Первые Δt_1 = 10 с он шёл со скоростью v = 1 см/с в направлении на север, затем повернул на запад и прошёл l_1 = 50 см за время Δt_2 = 10 с, Δt_3 = 5 с постоял, а затем в направлении на северо-восток за время Δt_4 = 10 с проделал путь длиной

l_2 = 20 см. Здесь его настигла нога человека. Сколько времени гулял по кухне таракан Митрофан? Нарисуйте траекторию движения таракана.

§ 16. СРЕДНЯЯ ПУТЕВАЯ СКОРОСТЬ

Насколько быстро движется тело?

Ясно, что разные тела движутся по-разному: одно дело самолёт, другое – черепаха. Однако понятие «быстро–медленно» в общем-то субъективно (то есть зависит от точки зрения конкретной личности). Может быть, черепаха считает, что она движется с достаточной (для её комплекции) быстротой. А пилот самолёта, наоборот, может думать, что летит слишком медленно. Поэтому «быстроту» хорошо бы как-то определить количественно, то есть численной величиной.

Очень удобно определять быстроту движения величиной пройденного пути за единицу времени. Скажем, пешеход прошёл 5 км за час, самолёт пролетел 800 м за секунду, улитка проползла 2 см за минуту и т.д. Однако редко так бывает, чтобы пешеход шёл *ровно* час, самолёт летел *ровно* секунду, а улитка ползла *ровно* минуту. Поэтому для определения быстроты движения достаточно знать, какой путь *приходится* на единицу времени движения данного тела.

Вот, скажем, человек шёл в течение времени t = 2 ч и прошёл за это время путь s = 11 км. Спрашивается: какой путь *приходится* на 1 ч его ходьбы?

Ясно: $\frac{s}{t} = \frac{11\text{ км}}{2\text{ ч}} = 5{,}5\frac{\text{км}}{\text{ч}}$.

Разумеется, мы не можем быть уверены (если у нас нет дополнительной информации), что за каждый час своего движения человек прошёл точно 5,5 км: может быть, за первый час он прошёл 6 км, а за второй, притомившись, только

5. Но, тем не менее, *в среднем* быстрота его движения определяется величиной: 5,5 километров в час.

Итак, мы выяснили, что для определения средней быстроты движения тела, нужно пройденный путь *s* разделить на время *t,* за которое этот путь был пройден: $\frac{s}{t}$. Физики назвали эту величину *средней путевой скоростью*.

Средней путевой скоростью *называется физическая величина, равная отношению величины пройденного телом пути ко времени, в течение которого этот путь был пройден*.

$$\text{СРЕДНЯЯ ПУТЕВАЯ СКОРОСТЬ} = \frac{\text{ПРОЙДЕННЫЙ ПУТЬ}}{\text{ВРЕМЯ ПРОХОЖДЕНИ Я ПУТИ}}.$$

Если обозначить путь буквой *s*, время – буквой *t*, а среднюю путевую скорость буквой *v*, получим следующую формулу:

$$v = \frac{s}{t}, \qquad (16.1)$$

Теперь самое время выяснить, в каких *единицах* измеряется скорость. Но прежде чем мы перейдем к этому вопросу, нам необходимо разобраться с единицами измерения *времени*.

Единицы измерения времени

Основной единицей измерения времени с Международной системе (СИ) является *секунда* (с). Наряду с ней используются и другие единицы:

1 минута (мин) = 60 с;

1 час (ч) = 60 мин = 60·60 с = 3600 с;

1 сутки (сут) = 24 ч = 24·3600 с = 86 400 с;

1 год (г.) = 365 сут = 365·86 400 с = 31 356 000 с.

Иногда возникает необходимость выяснить, сколько в одной единице времени содержится других единиц времени. Например, сколько в году минут или часов? На такие вопросы

легко ответить с помощью таблицы 16.1.

Таблица 16.1

Соотношения между различными единицами измерения времени

Единица	с	мин	ч	сут	г.
1 с =	1	$\frac{1}{60}$	$\frac{1}{3600}$	$\frac{1}{86400}$	$\frac{1}{31536000}$
1 мин =	60	1	$\frac{1}{60}$	$\frac{1}{1440}$	$\frac{1}{525600}$
1 ч =	3600	60	1	$\frac{1}{24}$	$\frac{1}{8760}$
1 сут =	86 400	1440	24	1	$\frac{1}{365}$
1 г. =	31536000	525 600	8760	365	1

Поясним, как пользоваться этой таблицей.

Пример 16.1. Сколько в одних сутках минут?

Находим в таблице 16.1 строку, в начале которой стоит «1 сут =» (вторая строка снизу), и столбец, над которым стоит «мин» (второй столбец слева). Находим число на пересечении этой строки и этого столбца: 1440. Это значит, что 1 сут = 1440 мин.

Пример 16.2. Сколько в одной минуте содержится лет?

Находим в таблице 16.1 строку, в начале которой стоит «1 мин =» (вторая строка сверху), и столбец, над которым стоит «г.» (первый столбец справа). Находим число на пересечении этой строки и этого столбца: $\frac{1}{525600}$. Это значит, что 1 мин = $\frac{1}{525600}$ г.

СТОП! Решите самостоятельно: А1, А2 (а), А3 (а), Б1 (б), Б2 (б).

Задача 16.1. Продолжительность урока t = 45 мин. Сколько это: а) секунд, б) часов; в) суток?

Решение:

а) по таблице 16.1 находим: 1 мин = 60 с. Тогда

t = 45 мин · (1 мин) = 45 · (60 с) = 2700 с ≈ $2{,}7 \cdot 10^3$ с;

б) по таблице 16.1 находим 1 мин = $\frac{1}{60}$ ч. Тогда

$$t = 45 \text{ мин} \cdot (1 \text{ мин}) = 45 \cdot (\frac{1}{60} \text{ ч}) \approx 0{,}75 \text{ ч};$$

в) по таблице 16.1 находим 1 мин = $\frac{1}{1440}$ сут. Тогда

$$t = 45 \text{ мин} \cdot (1 \text{ мин}) = 45 \cdot (\frac{1}{1440} \text{ сут}) =$$

$$= 0{,}03125 \text{ сут} \approx 3{,}1 \cdot 10^{-2} \text{ сут}.$$

Ответ: а) $t \approx 2{,}7 \cdot 10^3$ с; б) $t \approx 0{,}75$ ч;

в) $t \approx 3{,}1 \cdot 10^{-2}$ сут.

СТОП! Решите самостоятельно: А4, Б4 (а, б), В1 (а,б,в).

Единицы измерения скорости

В Международной системе единиц (СИ) скорость измеряется в метрах в секунду (м/с), на транспорте принято измерять скорость в километрах в час (км/ч), а скорости космических объектов обычно измеряют в км/с. Есть другие единицы измерения скорости, например: м/мин, см/ч, мм/г. и т.д. но на практике они используются реже.

Установим связь между наиболее часто используемыми единицами измерения скорости: м/с, км/ч и км/с.

1. Найдём соотношение между км/с и м/с. Мы знаем, что 1 км = 1000 м, тогда:

$$1 \frac{\text{км}}{\text{с}} = \frac{1 \text{ км}}{1 \text{ с}} = \frac{1000 \text{ м}}{1 \text{ с}} = 1000 \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

отсюда следует, что

$$1 \text{ м/с} = \frac{1}{1000} \text{ км/с}.$$

2. Найдём соотношение между км/ч и км/с. Мы знаем,

что 1 ч = 3600 с, тогда:

$$1\,\frac{\text{км}}{\text{ч}} = \frac{1\ \text{км}}{1\ \text{ч}} = \frac{1\ \text{км}}{3600\ \text{с}} = \left(\frac{1}{3600}\right)\frac{\text{км}}{\text{с}};$$

отсюда следует, что 1 км/с = 3600 км/ч.

3. Найдём соотношение между км/ч и м/с.

$$1\,\frac{\text{км}}{\text{ч}} = \frac{1\ \text{км}}{1\ \text{ч}} = \frac{1000\ \text{м}}{3600\ \text{с}} = \left(\frac{1000}{3600}\right)\frac{\text{м}}{\text{с}} = \frac{10}{36}\,\frac{\text{м}}{\text{с}};$$

отсюда следует, что 1 м/с = $\frac{36}{10}$ км/ч = 3,6 км/ч.

Все полученные результаты для удобства поместим в таблицу 16.2.

Таблица 16.2

Соотношения между основными единицами измерения скорости

Единицы	км/с	км/ч	м/с
1 км/с =	1	3600	1000
1 км/ч =	$\frac{1}{3600}$	1	$\frac{10}{36}$
1 м/с =	$\frac{1}{1000}$	3,6	1

Задача 16.2. Пуля движется в стволе ружья со скоростью v = 600 м/с. Выразите эту скорость: а) в км/с; б) в км/ч.

Решение:

а) по таблице 16.2 находим: 1 м/с = $\frac{1}{1000}$ км/с, тогда

$$v = 600\ \text{м/с} = 600 \cdot (1\ \text{м/с}) = 600\cdot(\frac{1}{1000}\ \text{км/с}) =$$

$$= \frac{600}{1000}\ \text{км/с} \approx 0{,}600\ \text{км/с};$$

б) по таблице 16.2 находим: 1 м/с = 3,6 км/ч, тогда

v = 600 м/с = 600 · (1 м/с) = 600·(3,6 км/ч) =
= 2160 км/ч ≈ $2{,}16 \cdot 10^3$ км/ч.

Ответ: а) $v \approx 0{,}600$ км/с; б) $v \approx 2{,}16 \cdot 10^3$ км/ч.

СТОП! Решите самостоятельно: А11, Б7 (б), Б10 (б), Б12 (а, б).

Задача 16.3. Автомобиль проехал путь s = 200 км за время t = 3,50 ч. Найдите его среднюю путевую скорость.

s = 200 км t = 3,50 ч v = ?	*Решение.* Согласно формуле (16.1): $v = \frac{s}{t}$. Проверим размерность:

$$[v] = \frac{[s]}{[t]} = \frac{\text{км}}{\text{ч}}.$$

Подставим численные значения:

$$v = \frac{s}{t} = \frac{200 \text{ км}}{3{,}50 \text{ ч}} \approx 57{,}1 \text{ км/ч}.$$

Ответ: $v = \frac{s}{t} \approx 57{,}1$ км/ч.

СТОП! Решите самостоятельно: А13, А15, А17, Б18, Б19.

Как, зная среднюю путевую скорость и время движения, найти путь?

Умножим обе части равенства (16.1) $v = \frac{s}{t}$ на t:

$v \cdot \cancel{t} = \frac{s}{\cancel{t}} \cdot \cancel{t}$. Сокращая t в правой части получим:

$$s = v \cdot t. \qquad (16.2)$$

Задача 16.4. Ракета совершила оборот вокруг планеты на время t = 1,50 ч. Какой путь прошла ракета, если ее средняя путевая скорость v = 11,2 км/с?

v = 11,2 км/с t = 1,50 ч s = ?	*Решение.* Перевёдем время 1,50 ч в секунды: t = 1,50 ч = 1,50·(1 ч) = 1,50·(3600) с = = 5400 с ≈ 5,40·10^3 с.

Согласно формуле (16.2) $s = v \cdot t$. Проверим размерность:

$$[s] = [v] \cdot [t] = \frac{\text{км}}{\cancel{\text{с}}} \cdot \cancel{\text{с}} = \text{км} .$$

Подставим численные значения:

$$s = v \cdot t = (11{,}2 \text{ км/с}) \cdot (5{,}40 \cdot 10^3 \text{ с}) = 60480 \text{ км} \approx$$
$$\approx 6{,}05 \cdot 10^4 \text{ км}.$$

Ответ: $s = vt \approx 6{,}05 \cdot 10^4$ км.

СТОП! Решите самостоятельно: А18, А20, Б21, В5.

Как, зная среднюю путевую скорость и путь, найти время движения?

Разделим обе части равенства (16.2) $s = vt$ на v, получим: $\frac{s}{v} = \frac{v \cdot t}{v}$. Сократив v в правой части равенства, получим формулу:

$$t = \frac{s}{v}. \qquad (16.3)$$

Задача 16.5. Человек прошёл путь s = 90 м со средней скоростью v = 1,5 м/с. Сколько времени шёл человек?

s = 90 м v = 1,5 м/с t = ?	*Решение.* Согласно формуле (16.3) $t = \frac{s}{v}$. Проверим размерность:

$$[t] = \frac{[s]}{[v]} = \frac{\text{м}}{\text{м/с}} = \text{с}.$$

Подставим численные значения:

$$t = \frac{s}{v} = \frac{90 \text{ м}}{1{,}5 \text{ м/с}} \approx 60 \text{ с}.$$

Ответ: $t = \dfrac{s}{v} \approx 60$ с.

СТОП! Решите самостоятельно: А23, А25, Б25, Б26.

Задача 16.6. Первую часть пути s_1 = 5 км спортсмен преодолел за время t_1 = 0,5 ч, а вторую часть пути s_2 = =11 км – за время t_2 = 1,5 ч. Найдите среднюю путевую скорость на всём пути.

s_1 = 5 км	*Решение.* Пусть s – весь путь, пройденный
t_1 = 0,5 ч	спортсменом. Тогда
s_2 = 11 км	$s = s_1 + s_2$. (1)
t_2 = 1,5 ч	Пусть t – все время движения спортсмена,
v = ?	тогда
	$t = t_1 + t_2$. (2)

Подставим полученные значения s и t в формулу (16.1):

$$v = \frac{s}{t} = \frac{s_1 + s_2}{t_1 + t_2}.$$

Проверим размерность:

$$[v] = \frac{[s]}{[t]} = \frac{[s_1] + [s_2]}{[t_1] + [t_2]} = \frac{\text{км} + \text{км}}{\text{ч} + \text{ч}} = \frac{\text{км}}{\text{ч}}.$$

Подставим численные значения:

$$v = \frac{s}{t} = \frac{s_1 + s_2}{t_1 + t_2} = \frac{5\ \text{км} + 11\ \text{км}}{0{,}5\ \text{ч} + 1{,}5\ \text{ч}} = \frac{16\ \text{км}}{2\ \text{ч}} \approx 8\ \text{км/ч}.$$

Ответ: $v = \dfrac{s_1 + s_2}{t_1 + t_2} \approx 8$ км/ч.

СТОП! Решите самостоятельно: В9, В11, Г2.

Задача 16.7. Первую половину пути тело прошло со скоростью v_1 = 5,0 км/ч, а вторую половину пути со скоростью v_2 = 10,0 км/ч. Найдите среднюю путевую скорость на всём пути.

v_1 = 5,0 км/ч	*Решение.*
v_2 = 10,0 км/ч	*Читатель:* Ну, это уж слишком просто:
v = ?	

$$v = \frac{v_1 + v_2}{2} = \frac{5{,}0 \text{ км/ч} + 10{,}0 \text{ км/ч}}{2} = 7{,}5 \text{ км/ч}.$$

Автор: А почему Вы решили, что $v = \frac{v_1 + v_2}{2}$?

Читатель: Так ведь спрашивается же *средняя* скорость...

Автор: Совершенно верно. Спрашивается *средняя путевая скорость*, но вовсе не среднее арифметическое скоростей на первой и второй половинах пути.

Читатель: А как же тогда решить задачу?

Автор: Введём следующие обозначения: s – весь путь; t – всё время движения; t_1 – время движения на первой половине пути $s_1 = \frac{s}{2}$; t_2 – время движения на второй половине пути $s_2 = \frac{s}{2}$.

По формуле (16.3) определим t_1 и t_2:

$$t_1 = \frac{s_1}{v_1} = \frac{s}{2} : v_1 = \frac{s}{2} : \frac{v_1}{1} = \frac{s \cdot 1}{2 \cdot v_1} = \frac{s}{2v_1};$$

$$t_2 = \frac{s_2}{v_2} = \frac{s}{2} : v_2 = \frac{s}{2} : \frac{v_2}{1} = \frac{s \cdot 1}{2 \cdot v_2} = \frac{s}{2v_2}.$$

Теперь найдём полное время движения:

$$t = t_1 + t_2 = \frac{s}{2v_1} + \frac{s}{2v_2} = \frac{s^{\setminus v_2}}{2v_1} + \frac{s^{\setminus v_1}}{2v_2} = \frac{s \cdot v_2 + s \cdot v_1}{2v_1 v_2} =$$

$$= \frac{s \cdot (v_2 + v_1)}{2v_1 v_2}.$$

Полученное значение времени подставим в формулу (16.1):

$$v = \frac{s}{t} = s : \frac{s(v_2 + v_1)}{2v_1v_2} = \frac{s}{1} : \frac{s \cdot (v_2 + v_1)}{2v_1v_2} = \frac{\cancel{s} \cdot 2v_1v_2}{1 \cdot \cancel{s}(v_2 + v_1)} = \frac{2v_1v_2}{v_2 + v_1}.$$

Проверим размерность:

$$[v] = \frac{[v_1][v_2]}{[v_2] + [v_1]} = \frac{(\text{км/ч}) \cdot (\text{км/ч})}{(\text{км/ч}) + (\text{км/ч})} = \text{км/ч}.$$

Подставим численные значения:

$$v = \frac{2v_1v_2}{v_2 + v_1} = \frac{2 \cdot 5{,}0 \text{ км/ч} \cdot 10{,}0 \text{ км/ч}}{10{,}0 \text{ км/ч} + 5{,}0 \text{ км/ч}} \approx 6{,}6666... \text{ км/ч} \approx$$

$$\approx 6{,}7 \text{ км/ч}.$$

Ответ: $v = \frac{2v_1v_2}{v_2 + v_1} \approx 6{,}7$ км/ч.

Как видите, средняя путевая скорость вовсе не равна среднему арифметическому скоростей v_1 и v_2!

СТОП! Решите самостоятельно: В16, Г8, Г12.

Задача 16.8. Первую половину времени спортсмен бежал со скоростью v_1 = 20,0 км/ч, а вторую половину времени шёл со скоростью v_2 = 5,0 км/ч. Определите среднюю путевую скорость спортсмена на всём пути.

v_1 = 20,0 км/ч	*Решение.*
v_2 = 5,0 км/ч	*Читатель:* Воспользуемся формулой, полу-
v = ?	ченной в предыдущей задаче:

$$v = \frac{2v_1v_2}{v_2 + v_1} = \frac{2 \cdot 20{,}0 \text{ км/ч} \cdot 5{,}0 \text{ км/ч}}{20{,}0 \text{ км/ч} + 5{,}0 \text{ км/ч}} = 8{,}0 \text{ км/ч}.$$

Автор: Вы невнимательно прочитали условие задачи. Сказано: первую половину *времени* спортсмен бежал со скоростью v_1 = 20,0 км/ч, а в предыдущей задаче говорилось о первой половине *пути*. Как говорится, почувствуйте разницу.

Пусть t – общее время движения. Тогда:

$t_1 = \frac{t}{2}$ – время движения на первой части пути;

$t_2 = \frac{t}{2}$ – время движения на второй части пути.

$s_1 = v_1 t_1 = v_1 \frac{t}{2}$ – длина первой части пути;

$s_2 = v_2 t_2 = v_2 \frac{t}{2}$ – длина второй части пути;

$s = s_1 + s_2 = v_1 \frac{t}{2} + v_2 \frac{t}{2} = \frac{(v_1 + v_2)t}{2}$ – весь путь.

Согласно формуле (16.1) средняя путевая скорость на всём пути равна:

$$v = \frac{s}{t} = \frac{(v_1 + v_2)t}{2} : t = \frac{(v_1 + v_2)\cancel{t}}{2 \cdot \cancel{t}} = \frac{(v_1 + v_2)}{2}.$$

Проверим размерность:

$$[v] = [v_1] + [v_2] = (\text{км/ч}) + (\text{км/ч}) = \text{км/ч}.$$

Подставим численные значения:

$$v = \frac{(v_1 + v_2)}{2} = \frac{20{,}0\ \text{км/ч} + 5{,}0\ \text{км/ч}}{2} \approx 12{,}5\ \text{км/ч}.$$

Ответ: $v = \frac{(v_1 + v_2)}{2} \approx 12{,}5$ км/ч.

Заметим, что в данном случае в ответе следует сохранять *три* значащие цифры, так как при *сложении* величин 20,0 км/ч и 5,0 км/ч, известных с точностью *до десятых* и результат получается с точностью *до десятых.*

СТОП! Решите самостоятельно: В18, Г16, Г18.

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

Задачи очень лёгкие

А1. Сколько в минуте секунд?
А2. Сколько в одном часе: а) секунд; б) минут?
А3. Сколько в одних сутках: а) часов; б) секунд?

А4. Время движения электропоезда метро между двумя станциями составляет t = 90 с. Сколько это: а) в минутах; б) в часах?

А5. Улитка проползла путь l = 5 см за время t = 36 с. Выразите это время: а) в минутах; б) в часах.

А6. Черепаха прошла путь 120 м за время t = 30 мин. Выразите это время: а) в часах; б) в секундах.

А7. Дельфин-афалина может развивать скорость до v = 15 м/с. Выразите эту скорость в км/ч.

А8. Жираф может бежать со скоростью v = 14 м/с. Выразите эту скорость в км/ч.

А9. Скорость полета пчелы v = 6,9 м/с. Сколько это в км/ч?

А10. Африканский слон может развивать скорость v = 40 км/ч. Выразите его скорость в м/с.

А11. Автомобиль движется со скоростью v = 72 км/ч. Выразите эту скорость в м/с.

А12. Мировой рекорд скорости полёта, установленный в 1959 г. советским лётчиком Мосоловым, равнялся v = 2388 км/ч. Переведите эту скорость в м/с.

А13. Вычислите среднюю скорость лыжника, прошедшего расстояние s = 20 км за t = 3,0 ч.

А14. Первая в мире советская космическая ракета преодолела расстояние $s = 3{,}70 \cdot 10^5$ км за t = 34,0 ч. Определите среднюю скорость движения ракеты.

А15. Заяц пробежал расстояние s = 150 м за время t = 9,0 с. Какова средняя путевая скорость зайца?

А16. Сокол пролетел расстояние s = 900 м за время t = 45 с. Определите путевую скорость сокола.

А17. Космическая ракета преодолела расстояние s = 120 км за время t = 11,0 с. Вычислите среднюю путевую скорость ракеты.

А18. Средняя путевая скорость автобуса за время t = 12 ч равна v = 60 км/ч. Определите путь, пройденный автобусом.

А19. Скорость черепахи v = 0,50 км/ч. Какое расстояние может преодолеть черепаха за время t = 8,0 ч?

А20. Скорость бегуна на короткие дистанции v = 10 м/с. Какое расстояние он пробежит за время t = 14 с?

А21. Скорость джейрана v = 26 м/с. Вычислите путь, который может преодолеть джейран на время t = 1,0 ч.

А22. Скорость орбитального движения Земли вокруг Солнца v = =30 км/с. Какое расстояние пролетает в космосе Земля за вре-

мя t = 1,0 ч?

А23. Африканский страус пробежал расстояние s = 40 км со средней скоростью v = 80 км/ч. Определите время его движения.

А24. Первый облёт Земли на космическом корабле «Восток» Гагарин совершил со средней скоростью $v = 2{,}80 \cdot 10^4$ км/ч. Определите время облёта, если длина пути $s = 4{,}158 \cdot 10^4$ км.

А25. Почтовый голубь пролетел расстояние s = 500 м со средней скоростью v = 20 м/с. Определите время полёта.

А26. Скорость распространения сигнала по нервным волокнам можно принять равной v = 50 м/с. Вообразим, что рука человека стала такой длинной, что он сумел дотянуться до Солнца. Через какое время он почувствует боль от ожога? Расстояние от Земли до Солнца $s = 1{,}5 \cdot 10^{11}$ м.

А27. В начале своего движения второй искусственный спутник Земли обращался вокруг нашей планеты по замкнутой траектории длиной s = 49800 км. Определите время одного оборота, считая скорость спутника v = 8,0 км/с.

Задачи лёгкие

Б1. Сколько в одной секунде: а) часов; б) суток?

Б2. Сколько в одной минуте: а) часов; б) суток?

Б3. Сколько в одном годе: а) секунд; б) минут; в) часов?

Б4. Поезд проследовал через железнодорожный мост за время t = 2,5 мин. Выразите это время: а) в секундах; б) в часах.

Б5. Тело падает с высоты h = 20 м за время t = 2,0 с. Выразите это время: а) в минутах; б) в часах.

Б6. Бегун пробегает дистанцию l = 100 м за время t = 10 с. Выразите это время: а) в минутах; б) в часах.

Б7. Меч-рыба достигает скорости v = 22 м/с. Выразите эту скорость: а) в км/ч; б) в км/с.

Б8. Стрекоза в полёте движется со скоростью v = 10 м/с. Выразите эту скорость: а) в км/ч; б) в км/с.

Б9. Скорость черепахи v = 0,50 км/ч. Выразите эту скорость: а) в м/с; б) в км/с.

Б10. Самое быстрое животное в мире – гепард. Он достигает скорости v = 120 км/ч. Выразите эту скорость: а) в м/с; б) в км/с.

Б11. Последняя ступень второй советской космической ракеты име-

ла скорость v = 11,2 км/с. Выразите эту скорость: а) в м/с; б) в км/ч.

Б12. Скорость движения Земли по орбите вокруг Солнца v = = 30 км/с. Выразите эту скорость: а) в м/с; б) в км/ч.

Б13. Каждый из участков пути *AB*, *BC* и *CD* автомобиль проезжает за время t = 1 мин (рис. 16.1). На каком из участков скорость автомобиля наибольшая, наименьшая? Почему? Как изменялась скорость автомобиля при его движении?

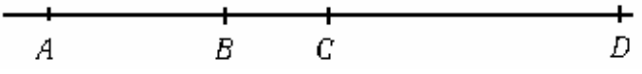


Рис. 16.1

Б14. Каждый из участков пути *AB*, *BC* и *CD* (рис. 16.2) мотоциклист проехал за время t = 15 мин. На каком из участков скорость мотоциклиста была наибольшей, наименьшей? Как менялась скорость мотоциклиста во время движения?

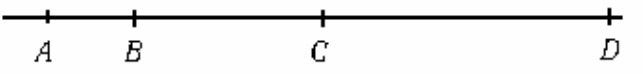


Рис. 16.2

Б15. На рис. 16.3 линией *абвг* обозначена траектория движения искусственного спутника Земли. Каждый из участков траектории *аб* и *вг* спутник проходит за одинаковое время. На каком из участков траектории скорость спутника больше? меньше?

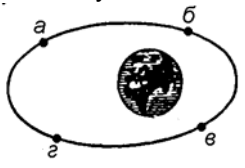


Рис. 16.3

Б16. Какое из двух тел движется с большей скоростью: проходящее за время t_1 = 10 с путь s_1 = 30 м или за время t_2 = 3 с путь s_2 = 12 м?

Б17. За время t = 5 ч 30 мин велосипедист проехал путь s = = 100 км. С какой средней скоростью двигался велосипедист?

Б18. Определите среднюю скорость полета третьего советского искусственного спутника Земли, который находился в полете t = 691 сут и пролетел за это время расстояние s = = $448 \cdot 10^6$ км. Выразите эту скорость в км/ч.

Б19. С какой средней скоростью (в км/ч) двигался парашютист, если с высоты s = 1,5 км он опустился на землю в течение t = 5,0 мин?

Б20. Расстояние, равное s = 20 км, пешеход преодолевает за t_1 = 5,0 ч, кавалерист – за t_2 = 2,0 ч, танк – за t_3 = =30 мин, самолёт – за t_4 = 2,0 мин, а артиллерийский снаряд – за t_5 = 40 с. Рассчитайте скорости их движения в м/с.

Б21. Определите расстояние между станциями московского метро «Комсомольская-кольцевая» и «Белорусская-кольцевая», если поезд проходит это расстояние за время t = 10 мин, двигаясь со средней путевой скоростью v = 40 км/ч.

Б22. Какое расстояние прошёл пешеход за время t = 3 ч 20 мин, если его средняя путевая скорость на этом пути v = =4,8 км/ч?

Б23. Пассажирский самолёт ТУ-154 вылетел из Красноярска в момент времени $t_н$ = 10 ч 20 мин и в момент времени $t_к$ = 16 ч 00 мин того же дня прибыл в Нижний Новгород, не делая остановок в пути (время московское). Средняя путевая скорость самолёта составила v = 526 км/ч. Определите пройденный путь.

Б24. Пассажирский реактивный самолёт ТУ-154 пролетел путь между двумя крайними точками города за время t = 1,0 мин. Определите длину города в направлении полета самолёта, если он летел со скоростью v = 840 км/ч.

Б25. За какое время муха пролетит расстояние s = 1,0 км, если ее средняя скорость v = 5,0 м/с?

Б26. За какое время танк преодолеет участок пути s = 200 м при средней путевой скорости v = 40 км/ч?

Б27. Средняя скорость движения артиллерийского снаряда v = =0,50 км/с. Определите время, за которое снаряд пролетает расстояние s = 10 м.

Задачи средней трудности

В1. Возраст человека t = 60 лет. Сколько это: а) суток; б) часов; в) секунд?

В2. Магеллан совершил кругосветное путешествие за время t = =824 сут. Считая, что длина пути его кораблей равна длине экватора, найдите среднюю скорость путешественников. Радиус Земли R = 6400 км.

В3. Первый космонавт Земли Ю.А. Гагарин на космическом корабле «Восток» облетел Землю за время t = 108 мин. Пренебрегая высотой орбиты корабля по сравнению с радиусом Земли, най-

дите среднюю скорость корабля на орбите. Орбиту считайте круговой. Радиус Земли R = 6400 км.

В4. Какое расстояние пролетает Луна за время t = 30 сут, если средняя скорость её орбитального движения вокруг Земли v = 1,02 км/с?

В5. Бамбук растет со скоростью около v = 0,0010 см/с. Насколько он вырастает за время t = 1,0 сут?

В6. Скорость муравья v = 200 см/мин. Какое расстояние проползёт муравей за время t = 1,00 ч?

В7. Электровозу, движущемуся со скоростью v = 150 км/ч, понадобится t = 12 сут, чтобы проехать путь, равный пути первого искусственного спутника за один оборот вокруг Земли. Определите длину этого пути.

В8. В некоторый промежуток времени 13 октября 1959 г. вторая космическая ракета, доставившая советский вымпел на Луну, двигалась со средней скоростью $v = 1{,}0 \cdot 10^4$ км/ч. При этом ракета удалилась от поверхности Земли на расстояние от $s_1 = 2{,}50 \cdot 10^5$ км до $s_2 = 2{,}90 \cdot 10^5$ км. Определите, на какое расстояние за это время переместилась в пространстве Луна, если известно, что средняя скорость её движения по орбите u = 3680 км/ч.

В9. По наклонному жёлобу шарик скатился за время t_1 = 2 с, а затем двигался по горизонтальной поверхности пола еще s_2 = 4 м в течение времени t_2 = 8 с. Считая длину жёлоба равной s_1 = 2 м, определите среднюю скорость шарика при движении по жёлобу, при движении по полу и на всём пути.

В10. Вагон, двигаясь под уклон с сортировочной горки, проходит путь s_1 = 120 м за время t_1 = 10 с. Скатившись с горки и продолжая двигаться, он проходит до полной остановки еще s_1 = 300 м за t_2 = 1,5 мин. Определите среднюю скорость вагона за все время движения.

В11. Расстояние от Земли до Луны $s = 3{,}80 \cdot 10^5$ км. Космический корабль преодолел первую половину этого расстояния за время t_1 = 25 ч, а вторую – за t_2 = 50 ч. Определите среднюю скорость движения корабля на первой половине пути, на второй половине и на всей траектории, считая движение прямолинейным.

В12. Мотоциклист за первые t_1 = 10 мин движения проехал путь, равный s_1 = 5,0 км, а за следующие t_2 = 8,0 мин — s_2 = 9,6 км.

Какова средняя скорость его движения на каждом из участков? Какова средняя скорость мотоциклиста на всём пути?

В13. За первые t_1 = 2,0 ч велосипедист проехал путь s_1 = 30 км, за следующие t_2 = 2,0 ч еще s_2 = 25 км и на последний участок s_3 = 18 км он затратил t_3 = 1,0 ч. Определите среднюю скорость на всём пути.

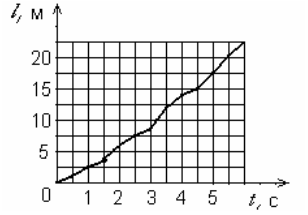


Рис. 16.4

В14. По графику, приведенному на рис. 16.4, определите среднюю скорость переменного движения тела в течение первой секунды, шестой секунды, за всё время движения.

В15. Из одного пункта в другой мотоциклист проехал со скоростью v_1 = = 60 км/ч. На обратном пути он двигался со скоростью v_2 = 20 м/с. Определите среднюю скорость мотоциклиста за всё время движения. Временем остановки во втором пункте пренебречь.

В16. Автомобиль проехал первую половину пути со скоростью v_1 = 20 м/с, а вторую – со скоростью v_2 = 30 м/с. Найдите среднюю скорость автомобиля на всём пути.

В17. Первую половину времени своего движения автомобиль двигался со скоростью v_1 = 40 км/ч, а вторую половину со скоростью v_2 = 60 км/ч. Найдите среднюю скорость за время движения.

В18. Когда моя любимая лошадь подворачивает ногу, я обычно взваливаю лошадь на себя, в мы продолжаем движение, но медленнее: когда я вверху, наша скорость v_1 = 120 км/ч, а когда я внизу, v_2 = =30 км/ч. Чему равна наша средняя скорость, если: а) я еду полпути, а потом несу лошадь; б) я еду половину времени, а потом несу лошадь?



Задачи трудные

Г1. График бега спортсмена на дистанцию 100 м таков: первые s_1 = 30 м он пробежал за t_1 = 3,6 с, следующие s_2 = 50 м за t_2 = 5,0 с, последние s_3 = 20 м – за t_3 = 2,2 с. Рассчитайте средние скорости спортсмена на каждом участке и на всём пути.

Г2. На горизонтальном участке пути автомобиль двигался со скоростью v_1 = 72 км/ч в течение t_1 = 10 мин, затем преодолевал подъем со скоростью v_2 = 36 км/ч в течение t_2 = =20 мин. Како-

ва средняя скорость на всём пути?

Г3. Мотоциклист за первые t_1 = 2 ч проехал путь s_1 = 90 км, а следующие t_2 = 3 ч двигался со скоростью v_2 = 50 км/ч. Какова средняя скорость мотоциклиста на всём пути?

Г4. Автобус прошёл первую часть пути s_1 = 4 км со средней скоростью v_1 = 20 км/ч, а следующую s_2 = 12 км со средней скоростью v_2 = 40 км/ч. Определите среднюю скорость автобуса на всём пути.

Г5. Трамвай прошёл первые s_1 = 100 м со средней скоростью v_1 = 5 м/с, а следующие s_2 = 600 м со средней скоростью v_2 = 10 м/с. Определите среднюю скорость трамвая на всём пути.

Г6. Первую часть пути s_1 = 100 км автомобиль проехал за время t_1 = 2,0 ч, а вторую часть пути – за время t_2 = 1,50 ч. При этом средняя путевая скорость на всём пути составила v = 60 км/ч. Определите протяжённость второго участка пути.

Г7. Первую часть пути s_1 = 5,0 км пешеход прошёл за время t_1 = 1,0 ч. Вторая часть пути составила s_2 = 10 км. Средняя путевая скорость на всём пути равна v = 4,5 км/ч. Определите время прохождения второго участка пути.

Г8. Велосипедист проехал первую половину пути со скоростью v_1 = 20 км/ч, а вторую половину пути с какой-то другой скоростью v_2. Как велика эта скорость, если известно, что средняя скорость велосипедиста на всём пути равна $v_{ср}$ = 12 км/ч?

Г9. Первую половину пути велосипедист ехал со скоростью в 8,0 раз большей, чем вторую (v_1/v_2 = 8,0). Средняя скорость на всём пути оказалась равной $v_{ср}$ = 16 км/ч. Определите скорость велосипедиста на каждой половине пути.

Г10. Спортсмен во время тренировки пробежал половину пути со скоростью v_1 = 14 км/ч. Далее половину оставшегося пути он пробежал со скоростью v_2 = 8 км/ч, а затем до конца пути шёл пешком со скоростью v_3 = 4 км/ч. Определите среднюю скорость спортсмена на всём пути.

Г11. Поезд движется на подъеме со скоростью v_1 = 10 м/с и затем на спуске со скоростью v_2 = 25 м/с. Какова средняя скорость поезда на всём пути, если длина спуска в 2 раза больше длины подъёма (s_2/s_1 = 2)?

Г12. Две трети своего пути пешеход шёл со скоростью v_1 = =3 км/ч, а оставшуюся треть пути со скоростью v_2 = 6 км/ч. Чему

равна средняя скорость движения пешехода?

Г13. Первую четверть всего пути поезд прошёл со скоростью v_1 = 60 км/ч. Средняя скорость на всём пути оказалась равной $v_{ср}$ = 40 км/ч. С какой средней скоростью двигался поезд на оставшемся участке пути?

Г14. Автомобиль проходит первую треть пути со скоростью v_1, а оставшуюся часть пути – со скоростью v_2 = 50 км/ч. Определите скорость на первом участке пути, если средняя скорость на всём пути v_3 = 37,5 км/ч.

Г15. Первую половину времени мотоциклист ехал со скоростью v_1 = 100 км/ч. Средняя скорость на всём пути оказалась равной $v_{ср}$ = 90 км/ч. Определите скорость на втором участке.

Г16. Пешеход две трети времени своего движения шёл со скоростью v_1 = 3 км/ч. Оставшееся время – со скоростью v_2 = 6 км/ч. Определите среднюю скорость пешехода.

Г17. Первую треть времени поезд шёл со скоростью v_1 = =70 км/ч. Средняя скорость на всём пути оказалась равной $v_{ср}$ = 80 км/ч. Определите среднюю скорость на втором участке пути.

Г18. Автомобиль проехал половину пути со скоростью v_1 = =60 км/ч, оставшуюся часть пути он половину времени шёл со скоростью v_2 = 15 км/ч, а последний участок – со скоростью v_3 = 45 км/ч. Найдите среднюю скорость автомобиля на всём пути.

Задачи очень трудные

Д1. Два пассажира, имея секундомеры, решили найти скорость поезда: первый по стуку колёс на стыках рельсов (зная, что длина рельса равна точно 10 м), а второй – по числу телеграфных столбов, мелькавших в окне (зная, что расстояние между столбами равно точно 50 м). Первый пассажир при первом стуке колёс пустил в ход свой секундомер и на 156-м стуке его остановил. Оказалось, что прошло ровно 3 мин. Второй пассажир пустил свой секундомер при появлении в окне 1-го столба и остановил секундомер при появлении 32-го столба. Оказалось, что и его опыт длился ровно 3 мин. Первый пассажир нашёл, что скорость поезда равна 31,2 км/ч, а второй – 32 км/ч. Кто из них ошибся и почему? Какова скорость поезда в действительности?

Д2. Бегун, стартовавший на дистанции s = 5 км, первый километр

пробежал за время t_1 = 200 с. Каждый следующий километр он пробегал на t секунд дольше. Определите t, если известно, что средняя скорость бегуна оказалась такой, как если бы он каждый километр пробегал за t_2 = 202 с.

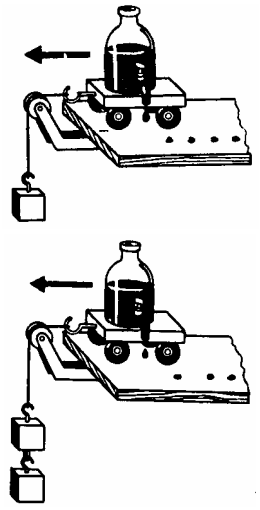
§ 17. РАВНОМЕРНОЕ ДВИЖЕНИЕ

Автор: Поезд метро движется со средней путевой скоростью 55 км/ч. Как Вы считаете, какой путь пройдёт поезд: а) за первые 1,5 мин движения; б) за первые 2 мин движения?

Читатель: По-моему, для того чтобы ответить на Ваш вопрос, данных недостаточно. Ведь поезд метро движется неравномерно: он то ускоряется, то замедляется, то стоит на остановках. Может быть, пройдя первый перегон за 1,5 мин, поезд 30 с стоял на станции. Тогда получится, что пути, пройденные за первые 1,5 мин и за первые 2 мин движения, равны.

Автор: Вы совершенно правы, на мой вопрос можно было бы ответить только в том случае, если было бы известно, что поезд движется равномерно.

Что значит: двигаться равномерно?



а

б

Рис. 17.1

*Движение называется **равномерным**, если за любые равные промежутки времени тело проходит одинаковые пути.*

То есть если тело движется равномерно и известно, что за первую секунду своего движения оно прошло, например, путь 2 м, то значит, и за 2-ю, и за 3-ю, и за 11-ю, и за 111-ю секунды своего движения оно пройдёт тот же путь 2 м.

Для иллюстрации равномерного движения используют следующий опыт: на тележку ставят капельницу, из которой через равные промежутки времени падают капли (рис.17.1,*а*). Если тележку перемещать равномерно, то расстояния между каплями будут одинаковыми, независимо от того, как часто падают капли. Если же тележка движется неравномерно, то расстояния между каплями будут разными (рис. 17.1,*б*).

Скорость равномерного движения

При равномерном движении на единицу времени движения всегда *приходится* одинаковый путь, поэтому средняя путевая скорость при равномерном движении за любой промежуток времени – одна и та же величина, которая называется *путевой скоростью равномерного движения.*

Для того чтобы определить скорость равномерного движения, достаточно величину пути s разделить на время t, в течение которого он был пройден:

$$v = \frac{s}{t}. \qquad (17.1)$$

Читатель: Но эта формула ничем не отличается от формулы (16.1) для средней путевой скорости из предыдущего параграфа!

Автор: Разница есть: при неравномерном движении средняя путевая скорость зависит от того, какой именно промежуток времени мы взяли. Например, если на этом промежутке времени поезд ускорялся, – будет одно значение средней путевой скорости; если ехал с максимальной скоростью – будет другое, большее значение, а если стоял на станции – вообще будет ноль! При равномерном же движении (если мы точно знаем, что оно равномерное) величина v всегда одна и та же, какой бы промежуток времени мы ни взяли.

СТОП! Решите самостоятельно: А1, А2, Б1, Б2.

Как вычислить путь при равномерном движении?

Пусть тело движется равномерно со скоростью v в течение времени t. Спрашивается, какой путь s пройдёт тело за это время? Воспользуемся формулой (17.1)

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

Умножим обе части этого равенства на время t:

$$v \cdot \cancel{t} = \frac{s}{t} \cdot \cancel{t}.$$

После сокращения t в правой части равенства получим формулу для s:

$$s = v \cdot t. \qquad (17.2)$$

Задача 17.1. Поезд движется равномерно со скоростью v = 36 км/ч. Какой путь пройдёт поезд: а) за время t_1 = 1,0 с; б) за время t_2 = 1,5 мин?

v = 36 км/ч t_1 = 1,0 с t_2 = 1,5 мин	*Решение.* Перевёдем все величины в СИ. По табл. 16.2 1 км/ч = $\frac{10}{36}$ м/с, тогда
s_1 = ? s_2 = ?	v = 36 км/ч = 36 · (1 км/ч) =

$$= 36 \cdot \left(\frac{10}{36} \text{ м/с} \right) = 10 \text{ м/с}.$$

Согласно таблице 16.1 1 мин = 60 с, тогда

t_2 = 1,5 мин = 1,5 · (1 мин) = 1,5 · (60 с) = 90 с.

Проверим размерность: $[s] = [v][t] = \frac{\text{м}}{\cancel{\text{с}}} \cdot \cancel{\text{с}} = \text{м}$.

Подставим численные значения:

$$s_1 = vt_1 = 10 \text{ м/с} \cdot 1{,}0 \text{ с} \approx 10 \text{ м};$$

$$s_2 = vt_2 = 10 \text{ м/с} \cdot 90 \text{ с} = 900 \text{ м} \approx 9{,}0 \cdot 10^2 \text{ м}.$$

В результатах оставляем по две значащие цифры, так как все исходные данные (v, t_1, t_2) заданы двумя значащими

цифрами.

Ответ: $s_1 = vt_1$ = 10 м; $s_2 = vt_2$ = 0,90 км.

СТОП! Решите самостоятельно: А3, А4, Б3.

Как вычислить время равномерного движения?

Пусть тело движется равномерно со скоростью v. Какое время t затратит тело на прохождение пути s? Воспользуемся формулой (17.2): $s = v \cdot t$. Разделим обе его части на v, получим: $\frac{s}{v} = \frac{v \cdot t}{v}$. Сократив v в правой части, получим формулу:

$$t = \frac{s}{v}. \qquad (17.3)$$

Задача 17.2. За какое время гоночный автомобиль, двигаясь равномерно со скоростью v = 500 км/ч, пройдёт путь s = 1,0 км?

v = 500 км/ч s = 1,0 км t = ?	*Решение.* Время можно вычислить по формуле (17.3): $t = \frac{s}{v}$. Проверим размерность:

$$[t] = \frac{[s]}{[v]} = \frac{\text{км}}{\text{км/ч}} = \frac{\cancel{\text{км}} \cdot \text{ч}}{\cancel{\text{км}}} = \text{ч}.$$

Подставим численные значения:

$$t = \frac{s}{v} = \frac{1{,}0\ \text{км}}{500\ \text{км/ч}} \approx 0{,}0020\ \text{ч}.$$

В результате мы оставили две значащие цифры, так как величина s = 1,0 км задана двумя значащими цифрами.

Для большей наглядности перевёдем время в секунды по таблице 16.1: 1 ч = 3600 с, тогда:

t = 0,0020 ч = 0,0020 ч · (1 ч) = 0,0020 · (3600 с) = 7,2 с.

Ответ: $t = \frac{s}{v} \approx$ 0,0020 ч = 7,2 с.

СТОП! Решите самостоятельно: А6, А7, Б5.

Математическая справка

График вида y=kx. Это, например, $y = x$ ($k = 1$); $y = 2x$ ($k = 2$); $y = \frac{1}{2}x$ ($k = \frac{1}{2}$) и т.д.

Построим графики: 1) $y = x$; 2) $y = 2x$; 3) $y = \frac{1}{2}x$.

Известно, что график функции данного вида – это прямая, поэтому для его построения достаточно двух точек на координатной плоскости. Вычислим значения y при $x = 0$ и $x = 1$ для всех трех функций. Получим:

1) $y = x$: $x = 0$, $y = 0$;
$x = 1$, $y = 1$;

2) $y = 2x$: $x = 0$, $y = 0$;
$x = 1$, $y = 2 \cdot 1 = 2$;

3) $y = \frac{1}{2}x$: $x = 0$, $y = 0$;
$x = 1$, $y = \frac{1}{2} \cdot 1 = \frac{1}{2}$.

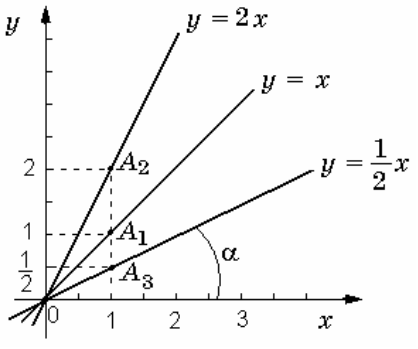


Рис. 17.2

Отметим на координатной плоскости точки: 0 (0; 0); A_1 (1; 1); A_2 (1; 2); A_3 (1; $\frac{1}{2}$) и проведём прямые (рис. 17.2):

1) $y = x$ через точки 0 и A_1;

2) $y = 2x$ через точки 0 и A_2;

3) $y = \frac{1}{2}x$ через точки 0 и A_3.

Заметим, что чем больше значение k, тем круче идёт

прямая $y = kx$, то есть тем больший угол α график составляет с осью x.

График y = c. Это графики типа $y = 1$, $y = 2$, $y = -2$ и т.д.

Читатель: А разве $y = 1$ – это функция? А где же здесь x?

Автор: Если Вы хотите, чтобы в записи $y = 1$ непременно был x, пожалуйста. Запишем это так: $y = 1 + 0 \cdot x$ (любой x, умноженный на ноль, даст в результате ноль, поэтому выражения $y = 1$ и $y = 1 + 0 \cdot x$ означают одно и то же).

Теперь построим график $y = 1 + 0 \cdot x$ по двум точкам. Возьмём два значения $x = 0$ и $x = 1$ и вычислим соответствующие им значения y:

$x = 0$, $y = 1 + 0 \cdot 0 = 1$;

$x = 1$, $y = 1 + 0 \cdot 1 = 1$.

Отметим на координатной плоскости точки A (0; 1) и B (1;1) и проведём через них прямую $y = 1$ (рис. 17.3). Как видим, $y = 1$ – это прямая, параллельная оси x и пересекающая ось y в точке $y = 1$. Аналогично строятся и прямые $y = 5$, $y = -1$ (см. рис. 17.3).

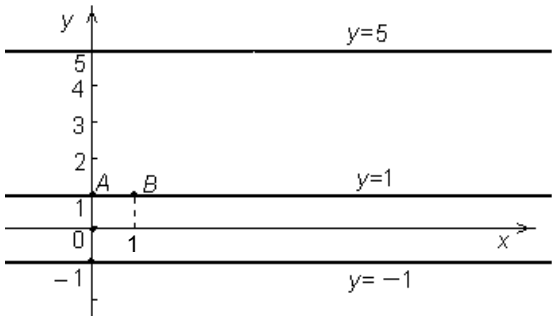


Рис. 17.3

СТОП! Решите самостоятельно: А9 (а, в, г), Б9 (а, в, д, ж).

График зависимости пути от времени s(t) при равномерном движении. Если тело движется равно-

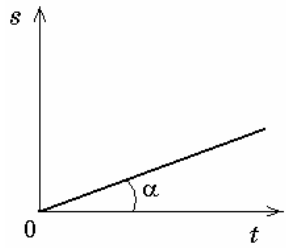


Рис. 17.4

мерно со скоростью v, то его путь, пройденный за время t, согласно формуле (17.2) равен $s = vt$.

Например: если $v = 5$ м/с, то $s = 5t$; если $v = 0{,}4$ м/с, то $s = 0{,}4t$ и т.д. Если значения пути откладывать по вертикальной оси $0s$, а значения времени по горизонтальной оси $0t$, то можно построить график функции $s = vt$ точно так же, как график функции $y = kx$ (рис. 17.4).

Заметим, что чем больше значение v, тем круче идёт график, т.е. тем больший угол α он составляет с осью t.

Задача 17.3. По графику зависимости пути от времени $s = vt$, приведённому на рис. 17.5, определите скорость равномерного движения v, значение пройденного пути за время $t_1 = 1{,}5$ с и постройте график зависимости $v(t)$.

Решение. Возьмём момент времени $t = 10$ с. Этому моменту времени на графике соответствует точка A (см. рис. 17.5), которой соответствует путь $s = 1$ м (все значения на графике будем считать точными). Значит, скорость равномерного движения согласно формуле (17.1) равна

$$v = \frac{s}{t} = \frac{1\text{ м}}{10\text{ с}} = 0{,}1\text{ м/с}.$$

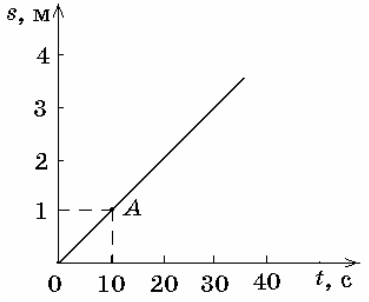


Рис. 17.5

Зная скорость, по формуле (17.2) легко вычислить путь за время t_1:

$$s_1 = vt_1 = (0{,}1\text{ м/с}) \cdot (1{,}5\text{ с}) = 0{,}15\text{ м}.$$

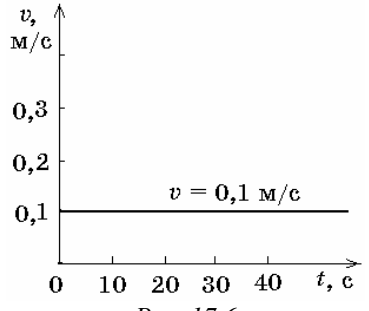


Рис. 17.6

График v(t) представляет собой прямую, параллельную оси t и пересекающую ось $0v$ в точке $v = 0{,}1$ м/с (рис. 17.6).

СТОП! Решите самостоятельно: Б10, Б14, В3, В6.

Задача 17.4. *Поезд на мосту.* Поезд длиной $L =$ =

500 м переезжает мост длиной l = 100 м. Поезд движется равномерно со скоростью v = 10 м/с. Через какое время поезд переедет через мост?

L = 500 м l = 100 м v = 10 м/с	*Решение.* Нарисуем схему движения поезда через мост (рис. 17.7). Как видно из рисунка, переезд моста *начинается*, когда на мост въезжает локомотив, а *заканчивается*, когда с моста съезжает последний вагон.
t = ?	

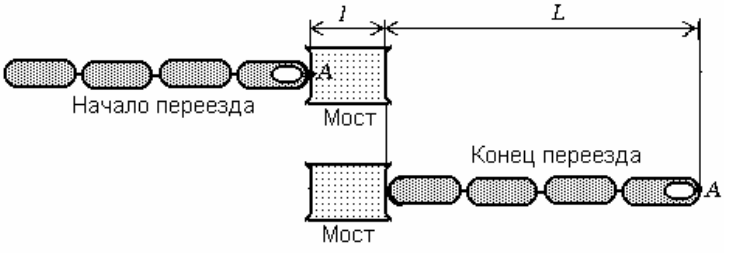


Рис. 17.7

Таким образом, за время переезда точка A проходит путь, равный сумме длин моста и поезда: $s = l + L$. Тогда по формуле (17.3) время переезда составляет $t = \frac{s}{v} = \frac{l + L}{v}$.

Проверим размерность:

$$[t] = \frac{[l] + [L]}{[v]} = \frac{\text{м} + \text{м}}{\text{м/с}} = \frac{\text{м}}{\text{м/с}} = \text{с}.$$

Подставим численные значения:

$$t = \frac{l + L}{v} = \frac{500\ \text{м} + 100\ \text{м}}{10\ \text{м/с}} \approx 60\ \text{с}.$$

Ответ: $t = \frac{l + L}{v} \approx 60$ с.

СТОП! Решите самостоятельно: Б15, В7, В8.

Скорость сближения

Пусть два тела движутся равномерно так, что расстояние между ними с течением времени *уменьшается*. Такое возможно, если тела движутся навстречу друг другу или одно из них догоняет другое. В этих случаях тела с*ближаются*, и очень удобно ввести в рассмотрение величину, называемую *скоростью сближения.*

Скоростью сближения двух равномерно движущихся тел называется величина, равная отношению *убыли расстояния* между телами ко *времени движения тел*:

$$\text{СКОРОСТЬ СБЛИЖЕНИЯ} = \frac{\text{УБЫЛЬ РАССТОЯНИЯ}}{\text{ВРЕМЯ ДВИЖЕНИЯ}} =$$

$$= \frac{(\text{НАЧАЛЬНОЕ РАССТОЯНИЕ}) - (\text{КОНЕЧНОЕ РАССТОЯНИЕ})}{\text{ВРЕМЯ ДВИЖЕНИЯ}}.$$

Если обозначить скорость сближения $v_{сб}$, начальное расстояние между телами $s_{нач}$, конечное расстояние между телами $s_{кон}$, а время движения t, то для скорости сближения можно записать формулу:

$$v_{сб} = \frac{s_{нач} - s_{кон}}{t}. \qquad (17.4)$$

Скорость сближения при движении навстречу. Пусть два тела движутся навстречу друг другу равномерно со скоростями v_1 и v_2. Выясним, чему равна скорость их сближения.

Пусть начальное расстояниие между телами было равно $s_{нач}$, затем в течение времени t первое тело прошло путь $s_1 = v_1 t$, а второе $s_2 = v_2 t$, после чего расстояние между телами стало равно $s_{кон}$ (рис. 17.8).



Рис. 17.8

Из рисунка видно, что $s_{нач} = s_1 + s_{кон} + s_2$. Отсюда:

$$s_{нач} - s_{кон} = s_1 + s_2 = v_1 t + v_2 t \,. \qquad (17.5)$$

Подставим выражение (17.5) в формулу (17.4) и получим:

$$v_{сб} = \frac{s_{нач} - s_{кон}}{t} = \frac{v_1 t + v_2 t}{t} = \frac{t \cdot (v_1 + v_2)}{t} = v_1 + v_2 .$$

Итак, при движении навстречу скорость сближения двух тел равна:

$$v_{сб} = v_1 + v_2 \,. \qquad (17.6)$$

Задача 17.5. Из города *A* и из города *B*, расстояние между которыми l = 100 км, одновременно выехали навстречу друг другу два автомобиля. Автомобиль из города *A* ехал со скоростью v_1 = 40 км/ч, а автомобиль из города *B* – со скоростью v_2 = 60 км/ч. Автомобили двигались равномерно. Через какое время $t_{вст}$ и на каком расстоянии s_A от города *A* они встретились?

l = 100 км
v_1 = 40 км/ч
v_2 = 60 км/ч
$t_{вст}$ = ? s_A =?

Решение. Построим схему движения (рис. 17.9). В начальный момент времени расстояние между автомобилями равно $s_{нач} = l$, а в момент встречи расстояние между автомобилями равно нулю:

$$s_{кон} = 0.$$

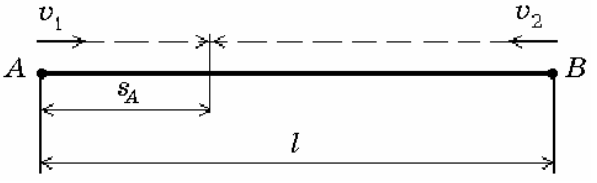


Рис. 17.9

Тогда согласно формуле (17.4):

$$v_{сб} = \frac{s_{нач} - s_{кон}}{t} = \frac{l - 0}{t_{вст}} = \frac{l}{t_{вст}} \,. \qquad (1)$$

Поскольку автомобили движутся навстречу друг другу, то $v_{сб} = v_1 + v_2$. Подставляя в эту формулу значение $v_{сб}$ из (1), получим:

$$v_1 + v_2 = \frac{l}{t_{\text{вст}}}. \qquad (2)$$

Отсюда найдём $t_{\text{вст}}$. Для этого сначала умножим обе части равенства (2) на $t_{\text{вст}}$:

$$(v_1 + v_2) \cdot t_{\text{вст}} = \frac{l}{t_{\text{вст}}} \cdot t_{\text{вст}} \Rightarrow (v_1 + v_2) \cdot t_{\text{вст}} = l \,. \quad (3)$$

Теперь разделим обе части равенства (3) на $(v_1 + v_2)$:

$$\frac{(v_1 + v_2) \cdot t_{\text{вст}}}{(v_1 + v_2)} = \frac{l}{(v_1 + v_2)} \Rightarrow t_{\text{вст}} = \frac{l}{(v_1 + v_2)}.$$

Найдём путь, пройденный первым автомобилем до встречи, по формуле (17.2):

$$s_A = v_1 t_{\text{вст}} = v_1 \frac{l}{v_1 + v_2}.$$

Проверим размерность:

$$[t_{\text{вст}}] = \frac{[l]}{[v_1] + [v_2]} = \frac{\text{км}}{\text{км/ч} + \text{км/ч}} = \frac{\text{км}}{\text{км/ч}} = \frac{\text{км} \cdot \text{ч}}{\text{км}} = \text{ч};$$

$$[s_A] = [v_1] \frac{[l]}{[v_1] + [v_2]} = \frac{\text{км}}{\text{ч}} \cdot \text{ч} = \text{км}.$$

Подставим численные значения:

$$t_{\text{вст}} = \frac{l}{v_1 + v_2} = \frac{100 \text{ км}}{40 \text{ км/ч} + 60 \text{ км/ч}} \approx 1{,}0 \text{ ч};$$

$$s_A = v_1 \cdot \left(\frac{l}{v_1 + v_2} \right) = (40 \text{ км/ч}) \cdot \frac{100 \text{ км}}{40 \text{ км/ч} + 60 \text{ км/ч}} \approx 40 \text{ км}.$$

Ответ: $t_{\text{вст}} = \dfrac{l}{v_1 + v_2} \approx 1{,}0$ ч;

$$s_A = v_1 \cdot \left(\frac{l}{v_1 + v_2} \right) \approx 40 \text{ км}.$$

СТОП! Решите самостоятельно: Б16, В11, В12.

Задача 17.6. В течение какого времени $t_{\text{вст}}$ пассажир, стоящий у окна поезда, идущего равномерно со скоростью v_1

= 10 м/с, будет видеть проходящий мимо встречный поезд, идущий равномерно со скоростью v_2 = 20 м/с? Длина встречного поезда l = 150 м.

l = 150 м
v_1 = 10 м/с
v_2 = 20 м/с
$t_{вст}$ = ?

Решение. Нарисуем схему движения поездов (рис. 17.10). Время наблюдения встречного поезда пассажиром – это время *сближения* двух точек: точки *П* (пассажир) и точки *Х* (конец хвостового вагона). Первоначальное расстояние между этими точками равно l, а конечное расстояние – ноль. Скорости точек *П* и *Х* равны скоростям поездов v_1 и v_2.

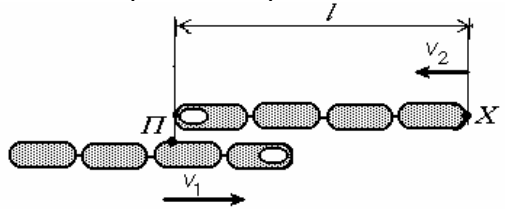


Рис. 17.10

Воспользуемся формулой (2) из предыдущей задачи:

$$v_1 + v_2 = \frac{l}{t_{вст}} \Rightarrow (v_1 + v_2) \cdot t_{вст} = l \Rightarrow t_{вст} = \frac{l}{v_1 + v_2}.$$

Проверим размерность:

$$[t_{вст}] = \frac{[l]}{[v_1] + [v_2]} = \frac{\text{м}}{\text{м/с} + \text{м/с}} = \frac{\text{м}}{\text{м/с}} = \frac{\text{м} \cdot \text{с}}{\text{м}} = \text{с}.$$

Подставим численные значения:

$$t_{вст} = \frac{l}{v_1 + v_2} = \frac{150 \text{ м}}{10 \text{ м/с} + 20 \text{ м/с}} \approx 5{,}0 \text{ с}.$$

Поскольку скорости v_1 и v_2 заданы двумя значащими цифрами, то и в ответе оставляем две значащие цифры.

Ответ: $t_{вст} = \frac{l}{v_1 + v_2} \approx 5{,}0$ с.

СТОП! Решите самостоятельно: В14, В15, Г6.

Скорость сближения при движении вдогонку. Пусть

одно тело движется равномерно со скоростью v_1, а второе догоняет его, двигаясь в том же направлении со скоростью v_2. Выясним, чему в этом случае будет равна скорость сближения тел $v_{сб}$.

Построим схему движения тел (рис. 17.11). Пусть начальное расстояние между телами равно $s_{нач}$. За время t первое тело прошло путь $s_1 = v_1 t$, а второе тело – путь $s_2 = v_2 t$, после чего расстояние между телами стало равно $s_{кон}$.

Как видно из рис. 17.11, за время t расстояние между телами *увеличилось* на $s_1 = v_1 t$ и *уменьшилось* на $s_2 = v_2 t$, то есть

$$s_{кон} = s_{нач} + s_1 - s_2.$$

Отсюда имеем:

$$s_{нач} - s_{кон} = s_2 - s_1 = v_2 t - v_1 t. \qquad (17.7)$$

Подставив выражение (17.7) в формулу (17.4) для скорости сближения, получим:

$$v_{сб} = \frac{s_{нач} - s_{кон}}{t} = \frac{v_2 t - v_1 t}{t} = \frac{t \cdot (v_2 - v_1)}{t} = v_2 - v_1.$$

Итак, для движения вдогонку скорость сближения равна:

$$v_{сб} = v_2 - v_1. \qquad (17.8)$$

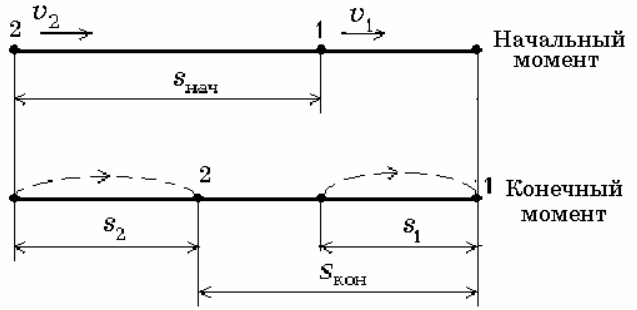


Рис. 17.11

Задача 17.7. Из городов *A* и *B*, расстояние между которыми равно l = 100 км, одновременно в одном направлении от *A* к *B* выезжают два автомобиля. Автомобиль из города

A едет со скоростью v_1 = 40 км/ч, а автомобиль из города *B* – со скоростью v_2 = 60 км/ч. Автомобили движутся равномерно. Через какое время $t_{вст}$ и на каком расстоянии s_A от города *A* они встретятся?

l = 100 км v_1 = 40 км/ч v_2 = 60 км/ч	*Решение.* Построим схему движения (рис. 17.11). Так как автомобили движутся вдогонку, то скорость их сближения определяется по формуле (17.8):
$t_{вст}$ = ? s_A =?	

$$v_{сб} = v_2 - v_1 . \qquad (1)$$

Начальное расстояние между автомобилями равно l, а конечное (в момент встречи) равно нулю. Тогда по формуле (17.4) скорость сближения равна:

$$v_{сб} = \frac{l}{t_{вст}} \qquad (2)$$

Подставим значение $v_{сб}$ из (1) в (2), получим:

$$v_2 - v_1 = \frac{l}{t_{вст}} \quad \Rightarrow \quad t_{вст} \cdot (v_2 - v_1) = l \quad \Rightarrow \quad t_{вст} = \frac{l}{v_2 - v_1};$$

s_A – это путь, пройденный первым автомобилем за время $t_{вст}$. Согласно формуле (17.2) этот путь равен:

$$s_A = v_1 t_{вст} = v_1 \frac{l}{v_2 - v_1} .$$

Проверим размерность:

$$[t_{вст}] = \frac{[l]}{[v_2] - [v_1]} = \frac{\text{км}}{\text{км/ч} - \text{км/ч}} = \frac{\text{км}}{\text{км/ч}} = \frac{\cancel{\text{км}} \cdot \text{ч}}{\cancel{\text{км}}} = \text{ч};$$

$$[s_A] = [v_1] \frac{[l]}{[v_2] - [v_1]} = \frac{\text{км}}{\cancel{\text{ч}}} \cdot \cancel{\text{ч}} = \text{км}.$$

Подставим численные значения:

$$t_{вст} = \frac{l}{v_2 - v_1} = \frac{100 \text{ км}}{60 \text{ км/ч} - 40 \text{ км/ч}} \approx 5{,}0 \text{ ч}.$$

$$s_A = v_1 \frac{l}{v_2 - v_1} = (40 \text{ км/ч}) \cdot \frac{100 \text{ км}}{60 \text{ км/ч} - 40 \text{ км/ч}} \approx$$

$$\approx 2{,}0 \cdot 10^2 \text{ км}.$$

Ответ: $t_{\text{вст}} = \dfrac{l}{v_2 - v_1} \approx 5{,}0$ ч;

$$s_A = v_1 \frac{l}{v_2 - v_1} \approx 2{,}0 \cdot 10^2 \text{ км}.$$

СТОП! Решите самостоятельно: Б17, В16, Г7.

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

Задачи очень лёгкие

А1. На одной из линий метрополитена поезд метро совершает каждый свой рейс в одном направлении за время t = 50 мин. Можно ли считать его движение равномерным?

А2. Какие из движений являются равномерными, а какие – неравномерными: а) течение воды в ручье, русло которого то расширяется, то сужается; б) движение автомобиля, когда водитель увидел запрещающий сигнал светофора; в) подъём на эскалаторе метрополитена?

А3. Муха-слепень летела со скоростью v = 15 м/с равномерно в течение времени t = 12 с. Какое расстояние пролетела муха?

А4. Африканский страус бежал равномерно со скоростью v = =80 км/ч в течение времени t = 0,65 ч. Какое расстояние пробежал страус?

А5. Космическая ракета двигалась в течение времени t = 50 с равномерно со скоростью v = 13 км/с. Какое расстояние пролетела ракета?

А6. За какое время джейран пробежит расстояние s = 100 м, если он движется равномерно с постоянной скоростью v = =26 м/с?

А7. За какое время лев пробежит расстояние s = 3,0 км, если он движется равномерно с постоянной скоростью v = 65 км/ч?

А8. За какое время искусственный спутник Земли, двигаясь равномерно со скоростью v = 7,2 км/с, преодолеет расстояние s = 40320 км?

А9. Постройте графики функций: а) $y = 3x$; б) $y = 5x$; в) $y = \dfrac{1}{3}x$; г) $y = \dfrac{1}{5}x$; д) $y = 3$; е) $y = 5$.

А10. На рис. 17.12 изображен график зависимости скорости движения автомобиля по прямой автостраде от времени. Изменялась или нет скорость движения автомобиля? Чему равна скорость автомобиля в течение указанного на графике проме-

жутка времени?

А11. На рис. 17.13 дан график скорости равномерного движения тела. Чему равна скорость движения тела? Определите путь, пройденный телом за время t = 5 с.

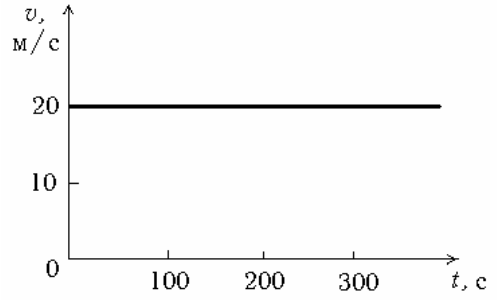


Рис. 17.12

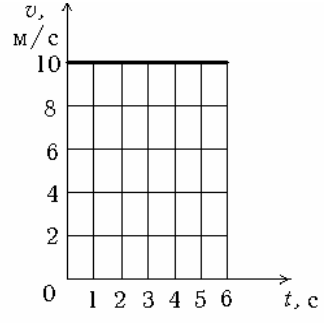


Рис. 17.13

А12. На рис. 17.14 изображены графики скорости движения двух тел в зависимости от времени. Изменялась ли скорость тел в течение указанного промежутка времени? Скорость какого тела больше? Какое расстояние пройдёт каждое тело за время t = 5 с?

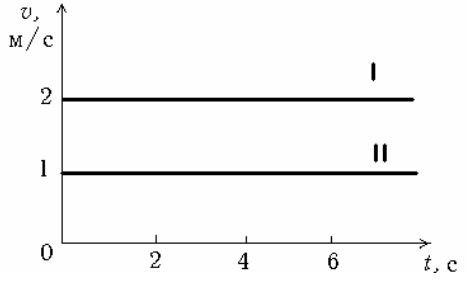


Рис. 17.14

Задачи лёгкие

Б1. Какие движения являются равномерными, а какие – неравномерными: а) движение автомобиля на повороте; б) движение самолёта при взлёте; в) спуск на эскалаторе метрополитена; г) движение при снижении и посадке самолёта на аэродроме?

Б2. Шарик скатывается с наклонного жёлоба за время t = 3,0 с. Является ли движение шарика по жёлобу прямолинейным? Равномерным? Какова средняя скорость движения шарика по жёлобу, если его длина s = 45 см?

Б3. В течение времени t = 30 с поезд двигался равномерно со скоростью v = 72 км/ч. Какой путь прошёл поезд за это время?

Б4. Велосипедист, движущийся по прямой дороге со скоростью v = 12 км/ч, проехал мимо наблюдателя по направлению с запада на восток. Где был велосипедист t_1 = 2 ч назад? Где он будет через t_2 = 1,5 ч?

Б5. За какое время плывущий по течению реки плот пройдёт путь s = 15 км, если скорость течения v = 0,5 м/с?

Б6. Скорость лося v = 47 км/ч. За какое время лось, двигаясь равномерно, преодолеет расстояние s = 100 м?

Б7. Средние расстояния, на которых слышны звуки взрывов при разработках каменных карьеров, заводского гудка, ржания лошадей и жужжания шмеля, в среднем соответственно равны: s_1 = 15 км, s_2 = 10 км, s_3 = 3 км и s_4 = 17 м. Рассчитайте, за какое время звук проходит эти расстояния, если скорость распространения звука принять равной v = 340 м/с.

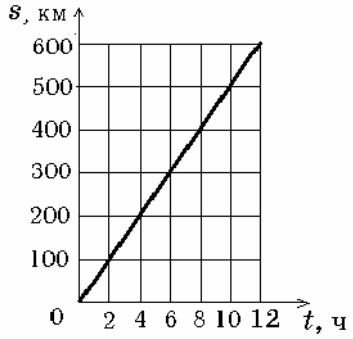


Рис. 17.15

Б8. Ленточный транспортёр движется со скоростью v = 18 см/с. За какое время груз переместится с помощью транспортёра на расстояние s = 24 м?

Б9. Постройте графики функций:

а) $y = 1{,}5x$; б) $y = 2{,}5x$;

в) $y = \frac{2}{3}x$; г) $y = \frac{4}{3}x$;

д) $y = -1$; е) $y = -2$;

ж) $y = -x$; з) $y = -2x$;

и) $y = -\frac{1}{2}x$.

Б10. На рис. 17.15 изображён график пути равномерного движения. На графике 0S – ось пройденных путей; 0t — ось времени. Определите по графику путь, пройденный за t = = 10 ч, и скорость движения.

Б11. По графику зависимости пути от времени (рис. 17.16) определите скорость, а также путь, пройденный за время t = 2 мин.

Б12. По графику зависимости (рис. 17.17) пути от времени определите скорость, а также путь, пройденный за время t = 10

мин.

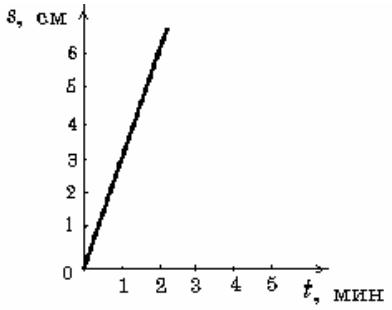


Рис. 17.16

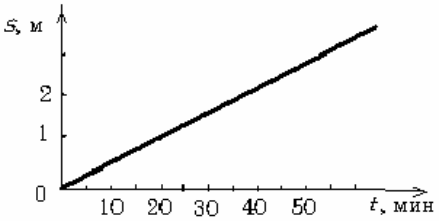


Рис. 17.17

Б13. На рис. 17.18 изображены графики путей двух равномерных движений I и II. По графикам определите, скорость какого из этих движений больше. Ответ обоснуйте.

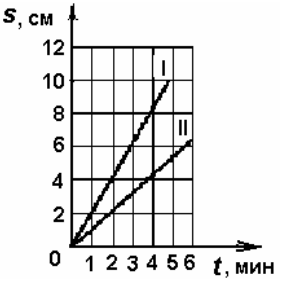


Рис. 17.18

Б14. Какие из приведенных зависимостей описывают равномерное движение: а) $v = 2$; б) $v = 3t - 1$; в) $s = 8t$?

Б15. Поезд длиной L = 150 м движется по мосту равномерно со скоростью v = 36 км/ч. За какое время он переедет мост, если его длина l = 750 м?

Б16. Расстояние между городами A и B равно l = 250 км. Одновременно из обоих городов навстречу друг другу выезжают два автомобиля: из города A со скоростью v_1 = 72 км/ч, из города B со скоростью v_2 = 90 км/ч. Через какое время и на каком расстоянии от города A произойдёт встреча?

Б17. Из пункта A в пункт B выехал автомобиль со скоростью v_1 = 90 км/ч. Одновременно из пункта B в том же направлении выехал автомобиль со скоростью v_2 = 72 км/ч. Расстояние между пунктами A и B l = 10 км. Через какое время первый автомобиль догонит второй?

Задачи средней трудности

В1. За время t = 24 ч молодой бамбук может вырасти на l_1 = =86,4см. Насколько он вырастет за время t_2 =1,0 с?

В2. Мальчики решили устроить «снежный тир». Изготовили из фанеры большую модель бронепоезда, заготовили снежки. На каком расстоянии друг от друга получатся следы от ударов снежков, если бронепоезд будет двигаться со скоростью v = 0,5 м/с, а мальчик будет бросать снежки перпендикулярно направлению движения бронепоезда каждую секунду? Длину бронепоезда принять равной l = 7,5 м.

В3. По графикам зависимости пути от времени, изображённым на рис. 17.19, определите скорость движения каждого из тел. Расскажите, что вы можете узнать о движении каждого тела, пользуясь графиком?

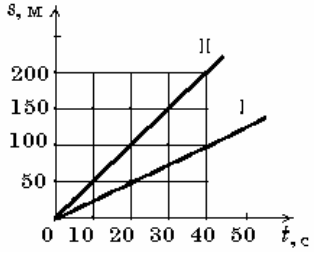


Рис. 17.19

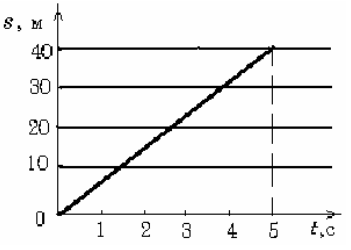


Рис. 17.20

В4. На рис. 17.20 изображён график зависимости пути, пройденного телом при равномерном прямолинейном движении, от времени. Пользуясь графиком, заполните таблицу. Подумайте и расскажите, как можно по графику зависимости пути от времени найти скорость движения?

Время движения, с	1	2	3	4	5
Путь, пройденный телом, м					
Скорость тела, м/с					

В5. На рис. 17.21 изображены различные графики зависимости скорости от времени. Расскажите, что можно узнать о движении тел, для которых они были построены.

В6. Среди графиков, изображенных на рис. 17.22, найдите те, которые могут соответствовать равномерному движению. Почему вы выбрали именно эти графики?

В7. Скорый поезд длиной L = 150 м проезжает мост со скоро-

стью v = 72 км/ч за время t = 50 с. Какова длина моста?

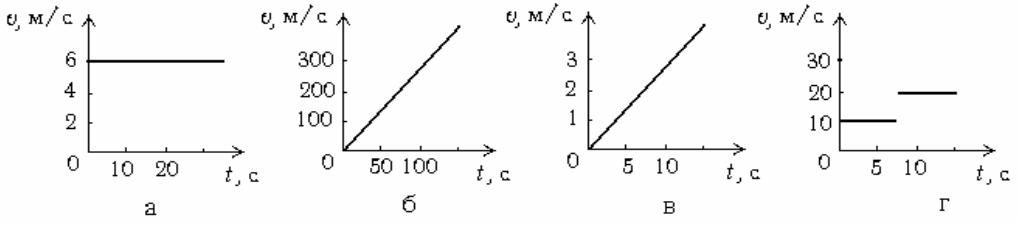


Рис. 17.21

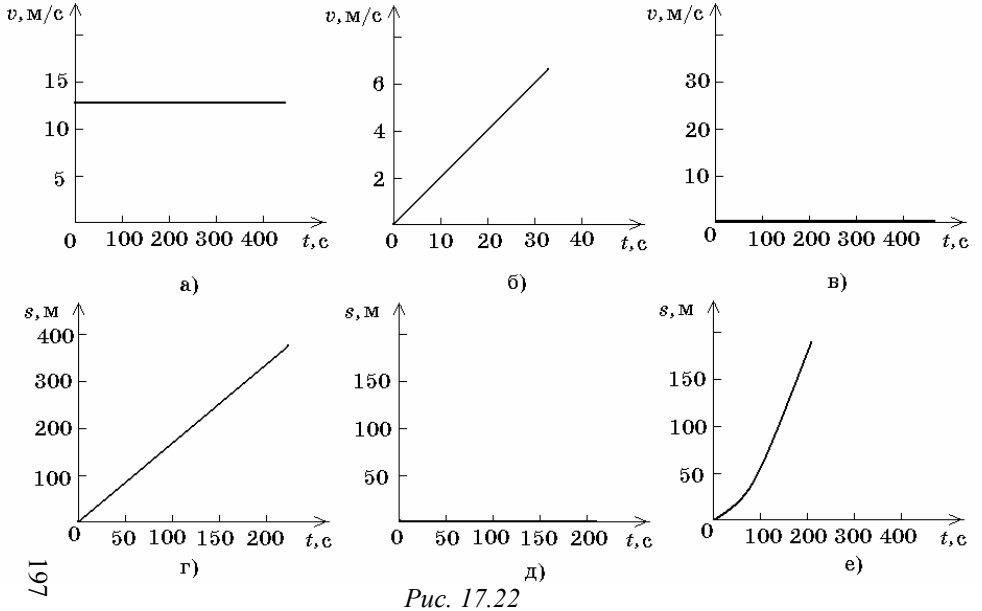


Рис. 17.22

В8. Поезд длиной L = 240 м, двигаясь равномерно, прошёл мост за время t = 2 мин. Какова скорость поезда, если длина моста l = 360 м?

В9. По дороге с помощью тягача перевозят негабаритный груз. Длина автомобиля-тягача с грузом L = 40 м. Вдоль дороги стоит колонна автомобилей, пропускающая тягач с грузом. Какова длина колонны, если известно, что тягач, двигаясь со скоростью v = 18 км/ч, проехал мимо неё за время t = = 1,5 мин?

В10. По озеру буксир тянет баржу со скоростью v = 9 км/ч. Длина буксира с баржей L = 110 м. Сколько времени буксир с баржей будет проходить мимо теплохода, стоящего у пристани, если длина теплохода l = 50 м?

В11. Два автомобиля выезжают из пунктов A и B навстречу друг другу со скоростями v_1 = 72 км/ч и v_2 = 54 км/ч и через время $t_в$ = 2,5 ч встречаются. Определите расстояние между A и B.

В12. Из Новгорода и Твери навстречу друг другу одновременно выехали два автомобиля. Через время $t_в$ = 4,0 ч автомобили встретились. Какова скорость автомобиля из Твери, если автомобиль из Новгорода двигался со скоростью v_1 = = 36 км/ч, а расстояние между городами s = 360 км?

В13. По прямолинейной автостраде навстречу друг другу равномерно движутся два автомобиля. В начальный момент времени расстояние между ними составляло s = 900 м. Первый автомобиль движется со скоростью v_1 = 20 м/с, второй – со скоростью v_2 = 10 м/с. а) Каким будет расстояние между автомобилями через время t = 5,0 с? б) Когда автомобили встретятся?

В14. Сколько времени пассажир, сидящий у окна поезда, идущего со скоростью v_1 = 54 км/ч, будет видеть проходящий мимо него встречный поезд, скорость которого v_2 = 36 км/ч, а длина l = 150 м?

В15. Два поезда движутся навстречу друг другу со скоростями v_1 = 72 км/ч и v_2 = 54 км/ч. Пассажир, находящийся в первом поезде, замечает, что второй поезд проходит мимо него в течение $t_в$ = 14 с. Какова длина второго поезда?

В16. Два междугородних автобуса отправляются одновременно в одном направлении на Санкт-Петербург: первый – из Москвы со скоростью v_1 = 90 км/ч, а второй – из Твери со скоростью v_2 = 60 км/ч. Через время $t_в$ = 5,0 ч московский автобус догнал тверской. Определите расстояние между Москвой и Тверью.

В17. Начальное расстояние между двумя улитками l = 5,0 см. Улитки начинают одновременно ползти по линейке в одном направлении, при этом вторая улитка через время $t_в$ = 10 мин догоняет первую. Считая движения улиток равномерными, определите скорость первой улитки, если скорость второй улитки v_2 = 1,0 см/мин.

Задачи трудные

Г1. В подрывной технике употребляют сгорающий с небольшой скоростью бикфордов шнур. Какой длины надо взять шнур, чтобы успеть отбежать на расстояние s_1 = 300 м после того, как он будет зажжен? Скорость бега v_1 = 5,0 м/с, а пламя по бикфордову шнуру распространяется со скоростью v_2 = =0,80 см/с.

Г2. Вагон шириной s_1 = 2,7 м был пробит пулей, летевшей перпендикулярно движению вагона. Смещение отверстий в стенках вагона относительно друг друга равно s_2 = 3 см. Какова средняя скорость движения пули внутри вагона, если вагон движется со скоростью v_1 = 36 км/ч?

Г3. Противотанковое орудие стреляет прямой наводкой по танку. Разрыв снаряда замечен на батарее через t_1 = 0,60 с, а звук от разрыва услышан через t_2 = 2,1 с после выстрела. На каком расстоянии от батареи находился танк? С какой горизонтальной скоростью летел снаряд? Скорость звука считать равной v = 340 м/с. Сопротивлением воздуха пренебречь.

Г4. Поезд проходит мимо наблюдателя в течение времени t_1 = 10 с, а по мосту длиной l = 400 м – в течение времени t_2 = 30 с. Определите длину и скорость поезда.

Г5. Из пунктов *A* и *B*, расстояние между которыми l = 120 км, навстречу друг другу выехали два автобуса: первый в момент времени t_1 = 9,00 ч, а второй в момент времени t_2 = 9,50 ч. Первый двигался со скоростью v_1 = 40 км/ч, а второй – со скоростью v_2 = 60 км/ч. Определите, в какой момент времени и на каком расстоянии от *A* встретятся автобусы.

Г6. Пассажир электропоезда заметил, что встречный поезд, состоящий из паровоза и n = 10 вагонов, прошёл мимо него за время t = 10 с. Чему равна скорость электропоезда, если известно, что длина вагона встречного поезда l_1 = 16,5 м, длина паровоза с тендером l_2 = 20 м и расстояние между вагонами *a*

= 1,5 м? Оба поезда в момент встречи шли с равными по величине скоростями.

Г7. Мимо железнодорожной будки проехал электровоз со скоростью v_1 = 70 км/ч. Через время τ = 15 мин по шоссе, параллельному железной дороге, в том же направлении прошла автомашина «Волга». Через время $t_в$ = 53 мин «Волга» нагнала электровоз. Определите скорость «Волги».

Г8. Товарный поезд идёт со скоростью v_1 = 36 км/ч. Спустя время τ = 30 мин с той же станции по тому же направлению вышел экспресс со скоростью v_2 = 72 км/ч. Через какое время t после выхода товарного поезда и на каком расстоянии s от станции экспресс нагонит товарный поезд?

Г9. По параллельным путям в одну сторону движутся два электропоезда. Скорость первого v_1 = 54 км/ч, второго v_2 = = 10 м/с. Определите длину электропоезда, если обгон длился время τ = 1,0 мин.

Г10. Товарный поезд длины l_1 = 630 м и экспресс длины l_2 = 120 м идут по двум параллельным путям в одном направлении со скоростями v_1 = 48,6 км/ч и v_2 = =102,6 км/ч соответственно. В течение какого времени экспресс будет обгонять товарный поезд?

Задачи очень трудные

Д1. Легковой автомобиль движется со скоростью $v_л$ = 20 м/с за грузовым, скорость которого $v_г$ = 16,5 м/с. В момент начала обгона водитель легкового автомобиля увидел встречный междугородный автобус, движущийся со скоростью $v_а$ = = 25 м/с. При каком наименьшем расстоянии до автобуса можно начинать обгон, если в начале обгона легковая машина была на расстоянии s_1 = 15 м от грузовой, а к концу обгона она должна быть впереди грузовой на s_2 = 20 м?

Д2. Теплоход, имеющий длину l = 300 м, движется по прямому курсу в неподвижной воде со скоростью v_1. Катер, имеющий скорость v_2 = 90 км/ч, проходит расстояние от кормы движущегося теплохода до его носа и обратно за время t = 37,5 с. Найдите скорость v_1 теплохода.

Д3. Недавно я разминался, бегая вдоль железной дороги. Навстречу мне промчались два поезда — один через t = 6,0 мин после другого. Я знал, что они оба идут со скоростью v = 60 км/ч, причём второй поезд отправился со станции через τ = 10 мин после первого. Я тут же достал блокнот и ручку и прямо на бегу вычислил по этим данным свою скорость u. Если и вы сможете её определить, то увидите, что бегаю я неплохо!



§ 18. КАКИЕ БЫВАЮТ СИЛЫ?

Сила тяжести

Сила, с которой Земля притягивает к себе все тела, находящиеся вблизи её поверхности, называется силой тяжести.

От силы тяжести никуда не убежишь: она действует и на земле, и в воздухе, и под водой. Её величина совершенно не зависит от характера движения тела: лежит ли яблоко на столе, падает ли оно с ветки, летит ли оно под углом к горизонту, – сила тяжести ($\vec{F}_т$) в любом случае одна и та же и направлена вниз (рис. 18.1). Обозначают силы буквами со стрелкой наверху, например: $\vec{F}_т$, $\vec{T}$, $\vec{N}$.

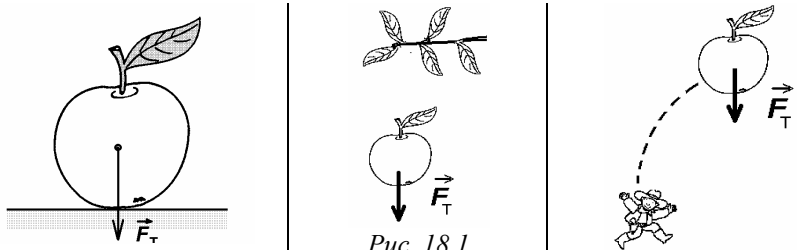


Рис. 18.1

Сила тяготения

Сила тяжести есть всего лишь частный случай СИЛЫ ТЯГОТЕНИЯ.

Закон Всемирного тяготения, открытый великим английским учёным Исааком Ньютоном (1643–1727), утверждает, что все тела во Вселенной притягиваются друг к другу. Силы притяжения тем больше, чем больше массы взаимодействующих тел, и тем меньше, чем больше расстояние между ними. Именно силы тяготения «обеспечивают» движение Земли вокруг Солнца и Луны вокруг Земли (рис. 18.2).

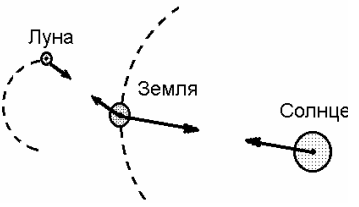


Рис. 18.2

Сила реакции опоры

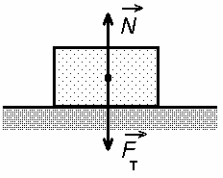


Рис. 18.3

Рассмотрим кирпич, лежащий на земле. На него действует сила тяжести, направленная вниз (рис. 18.3). Однако кирпич не проваливается сквозь землю. Почему? По-видимому, какая-то сила уравновешивает действие силы тяжести. Этой силой является СИЛА РЕАКЦИИ ОПОРЫ ($\vec{N}$). Она действует на всякое тело, лежащее на

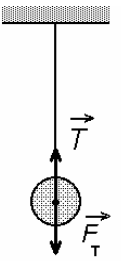


Рис. 18.4

горизонтальной поверхности (на земле, на полу, на столе и т.д.) и направлена вертикально вверх.

Сила натяжения нити

Если груз подвесить на нити, то, несмотря на действие на него силы тяжести, он будет висеть неподвижно (рис. 18.4). Силой, уравновешивающей силу тяжести в данном случае, является СИЛА НАТЯЖЕНИЯ НИТИ ($\vec{T}$).

Заметим, что сила натяжения нити всегда направлена вдоль нити.

Сила упругости пружины

Если сжать или растянуть пружину, то возникнет СИЛА УПРУГОСТИ ПРУЖИНЫ, которая «стремится» вернуть пружину в нерастянутое состояние (рис. 18.5).

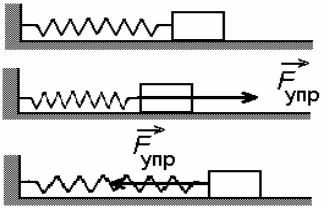


Рис. 18.5

Сила Архимеда

Эта сила действует на всякое тело, погружённое в жидкость или газ. Сила Архимеда тем больше, чем больше масса ***вытесненной телом*** жидкости (или газа). Именно сила Архимеда «обеспечивает» плавание судов и полеты воздушных шаров (рис.18.6).

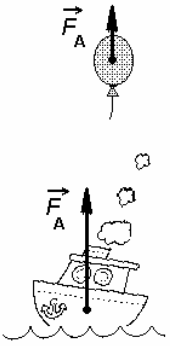


Рис. 18.6

Сила давления газов

Проделаем такой опыт: нальём в пробирку немного воды, заткнём пробирку хорошо подогнанной пробкой и нагреем пробирку в

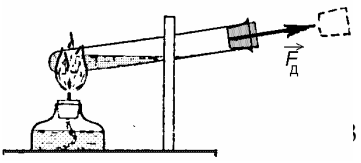


Рис. 18.7

пламени спиртовки. Через некоторое время вода закипит, а пробка вылетит из пробирки (рис. 18.7).

Силой, вытолкнувшей пробку из пробирки, является СИЛА ДАВЛЕНИЯ ($\vec{F}_д$) паров воды. Именно силы давления водяного пара «обеспечивают» движение паровозов и пароходов, а давление сжатого воздуха, нагретого до высокой температуры при сгорании паров бензина, – движение автомобилей.

Силы трения

Силы, препятствующие движению одного тела по поверхности другого, называются СИЛАМИ ТРЕНИЯ.

Различают *силу трения покоя, силу трения скольжения* и *силу трения качения*.

Например, вы пытаетесь сдвинуть с места шкаф, но вам это не удается. Сила, «пресекающая» ваши попытки сдвинуть шкаф, называется ***силой трения покоя*** (рис. 18.8,*а*).

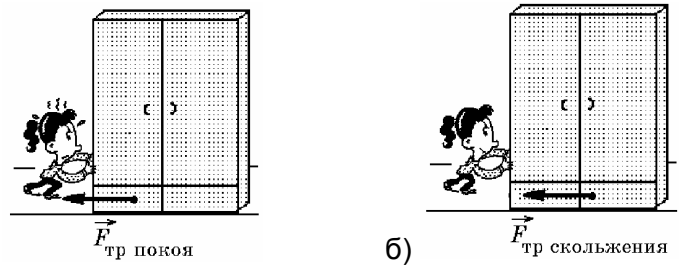


Рис. 18.8

Если же шкаф начал скользить по полу, то сила, препятствующая его скольжению, называется ***силой трения скольжения*** (рис. 18.8,*б*). Сила трения скольжения зависит от свойств трущихся поверхностей: очень плохо, например, скользит резина по асфальту, значительно лучше – сталь по стали и совсем хорошо – сталь по льду.

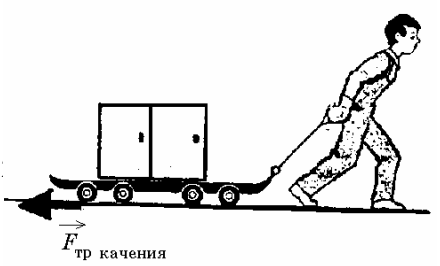
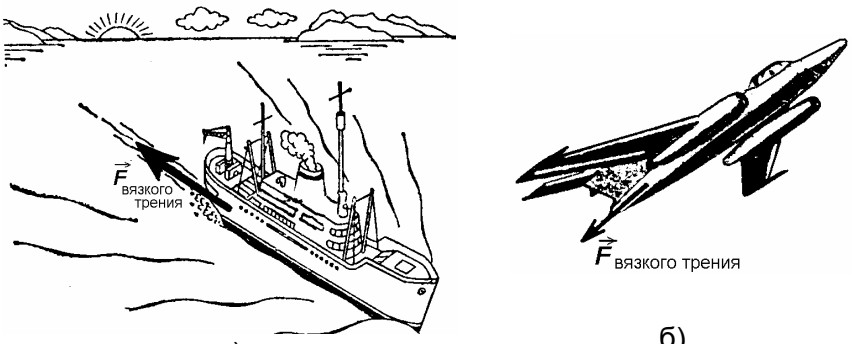


Рис. 18.9

Силу трения можно значительно уменьшить, заменив скольжение качением (рис. 18.9). В том, что ***сила трения качения*** значительно меньше силы трения скольжения, легко убедиться чисто практически. Для этого можно попробовать сдвинуть с места автомобиль «на тормозах», т.е. с заблокированными колесами, а потом тот же автомобиль – без тормозов. Разница впечатляющая.

Сила вязкого трения

При движении тел в вязкой среде на них действует СИЛА ВЯЗКОГО ТРЕНИЯ (или сила сопротивления среды). Эта сила действует на корабли и на самолеты (рис. 18.10).



а) б)

Рис. 18.10

Заметим, что силы трения всегда направлены в сторону, противоположную движению тела.

СТОП! Решите самостоятельно: А3–А7, Б2, Б6, Б7, В1, В4, В6, В9, В13, Г5.

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

Задачи очень лёгкие

А1. Действует ли на дерево, растущее во дворе, сила тяжести?

А2. Действует ли сила тяжести на деревянный шар, плавающий на поверхности воды?

А3. Стальной шар перенесли с поверхности стола в стакан с водой. Изменилась ли при этом сила тяжести шара?

А4. Назовите тела, с которыми взаимодействует кирпич, лежащий на поверхности горизонтального стола. Изобразите силы, действующие на кирпич. Обозначьте эти силы соответствующими буквами. Сравните эти силы по величине.

А5. На тонкой шёлковой нити подвешен маленький шарик из стали. С какими телами взаимодействует шарик? Изобразите силы, действующие на него. Обозначьте силы соответствующими буквами. Сравните силы между собой.

А6. На рис. 18.11 показано, как сжатый газ поднимает поршень с грузом. Какая сила поднимает поршень с грузом?

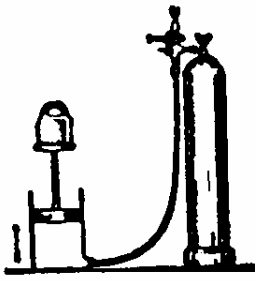


Рис. 18.11

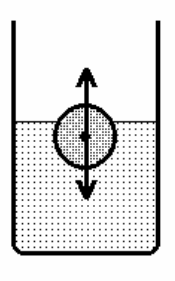


Рис. 18.12

А7. На рис. 18.12 изображены силы, действующие на шар, плавающий в воде. Дайте название каждой из сил. Взаимодействие с какими телами обусловливает появление этих сил?

Задачи лёгкие

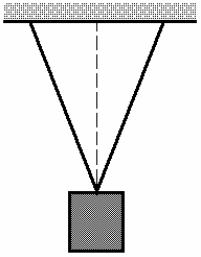


Рис. 18.13

Б1. Груз висит на двух тросах (рис. 18.13). Изобразите все силы, действующие на груз.

Б2. С помощью стального троса буксир тянет баржу (от буксира к барже протянут стальной трос) в спокойной воде. Изобразите на чертеже все силы, которые действуют на баржу.

Б3. Брусок перемещают по шероховатому столу при помощи пружины. Изобразите все силы, действующие на брусок (рис. 18.14).

Б4. Мальчик держит на нити шарик, наполненный водородом. Изобразите все силы, действующие на шарик.



Рис. 18.14

Б5. Изобразите на чертеже силы, действующие на подводную лодку в случаях: а) лодка покоится в толще воды; б) лодка лежит на твердом грунте.

Б6. Изобразите силы, действующие на автомобиль, когда он с выключенным двигателем едет по горизонтальному шоссе.

Б7. Укажите все силы, которые действуют на автомобиль при резком торможении. (Колеса заблокированы, т.е. скользят по асфальту).

Задачи средней трудности

В1. Изобразите силу тяжести, действующую на тела (рис. 18.15).

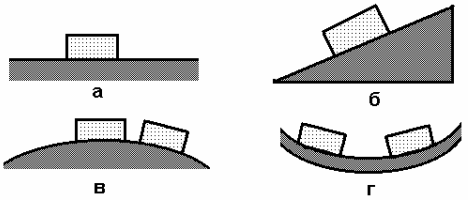


Рис. 18.15

В2. Изобразите силу тяжести, действующую на тела (рис. 18.16).

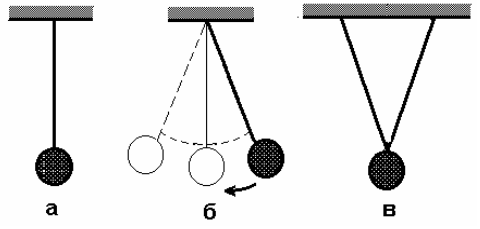


Рис. 18.16

В3. Укажите силы, действующие на тела, изображённые на рис. 18.17. (Пружина сжата.)

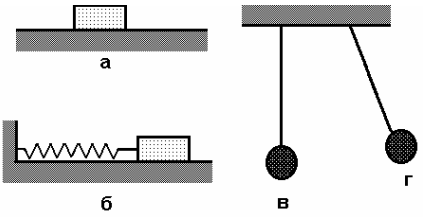


Рис. 18.17

В4. Укажите на рисунке *все* силы, действующие между тремя небесными телами: Землей, Луной и Солнцем.

В5. Изобразите силы, действующие на искусственный спутник Земли: а) движущийся по круговой орбите вокруг Земли; б) во время старта на космодроме при включённых двигателях.

В6. Мяч после удара футболиста летит вертикально вверх. Изобразите силы, действующие на мяч: а) в момент удара; б) во время полёта мяча вверх; в) во время полёта мяча вниз; г) при ударе о землю.

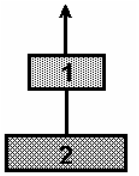


Рис. 18.18

В7. Два тела, связанные нитью, поднимают вверх (рис. 18.18). Изобразите все силы, действующие на каждое тело.

В8. На горизонтальном участке пути маневровый тепловоз толкнул вагон. Изобразите все силы, действующие на вагон в момент толчка и при свободном движении.

В9. Тело находится в покое на горизонтальной поверхности (рис. 18.19). Изобразите на рисунке все силы, действующие на тело, если: а) пружина растянута; б) пружина сжата.

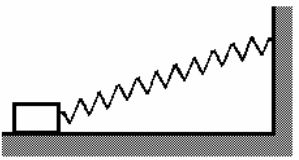


Рис. 18.19

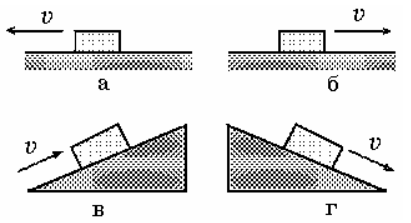


Рис. 18.20

В10. Шар катится по горизонтальной поверхности стола. Изобразите силы, действующие на шар.

В11. На рис. 18.20 изображены тела, движущиеся по поверхности. Направление скорости каждого тела указано рядом с ним. Укажите направление силы трения, действующей на каждое тело.

В12. На рис. 18.21 показаны тела, которые движутся в воздухе, воде или другой «вязкой» среде. Рядом с каждым телом указано направление его скорости. Укажите, как в каждом случае направлена сила сопротивления среды?

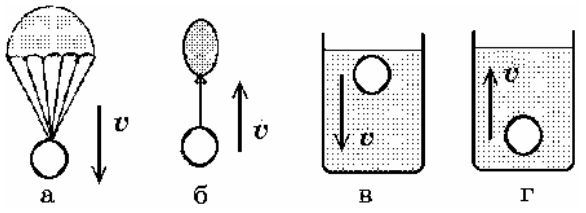


Рис. 18.21

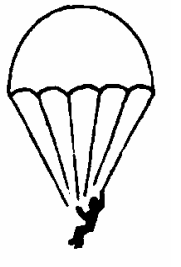


Рис. 18.22

В13. Изобразите на рисунке (рис. 18.22) все силы, действующие на парашютиста, который спускается с постоянной скоростью. (Силы, действующие на парашют, укажите отдельно.)

В14. На крышу гаража, имеющую небольшой уклон, положили кирпич. Сделайте схематический рисунок и на нём укажите силы, действующие на кирпич. (Примите, что силы приложены к центру кирпича.)

Задачи трудные

Г1. Изобразите силы, действующие на шарик в следующих случаях: а) шарик лежит на горизонтальном столе; б) получает толчок от руки; в) катится по столу; г) летит со стола.

Г2. Изобразите силы, приложенные к телу в каждом из следующих примеров: а) тело брошено под углом к горизонту; б) тело соскальзывает с наклонной плоскости; в) тело вращается на нити в вертикальной плоскости; г) тело колеблется в вертикальной плоскости.

Г3. Два тела перемещают по шероховатой горизонтальной поверхности (рис. 18.23). Тела связаны нитью. Изобразите силы, приложенные к каждому из тел.

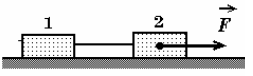


Рис. 18.23

Г4. Два тела, связанные нитью, соскальзывают с наклонной плоскости (рис. 18.24). Изобразите силы, приложенные к каждому телу.

Г5. Прислонённый к стене гаража лом занимает наклонное положение. Сделайте схематический рисунок и на нем изобразите силы, действующие на лом. Назовите их.

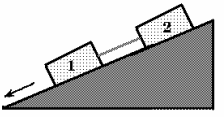


Рис. 18.24

§ 19. КАК ИЗМЕРИТЬ СИЛУ? КАК ИЗОБРАЗИТЬ СИЛУ? РАВНОДЕЙСТВУЮЩАЯ

Как обнаружить силу?



Рис. 19.1

Сила проявляет себя тем, что обладает «способностью» ИЗМЕНЯТЬ ХАРАКТЕР ДВИЖЕНИЯ тела. Так, сила трения скольжения *замедляет* движение санок (рис. 19.1).

Сила тяжести *увеличивает скорость* шарика, отпущенного без начальной скорости (рис. 19.2).

Сила натяжения нити *поворачивает* груз, раскрученный на нити (рис. 19.3).

Если тело неподвижно, то это еще не значит, что на него не действуют никакие силы. Возьмем, к примеру, пружину и растянем её двумя руками в обе стороны. Пружина останется неподвижной, но на нее при этом будут действовать две противоположно направленные силы: $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$ (рис. 19.4). Таким образом, пружина под действием сил не изменила характера своего движения – как была неподвижной, так и осталась, но пружина ИЗМЕНИЛА СВОЮ ФОРМУ или, как говорят физики, деформировалась.

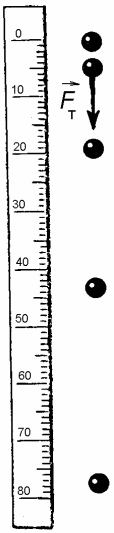


Рис. 19.2

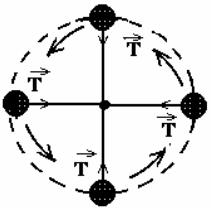


Рис. 19.3



Рис. 19.4

Итак, силы обладают не только способностью изменять характер движения тел, но и способностью деформировать тела.

Проявляя эти «способности», силы себя и «выдают». Силы обычно обозначаются буквой *F* (от английского слова force – сила).

Что значит «сильнее»?

Автор: Допустим, Вы захотели помериться силами с Вашим другом. Как это лучше сделать?

Читатель: Я думаю, лучше всего попробовать перетянуть канат: кто перетянул – тот и сильнее (рис. 19.5).

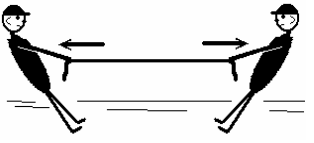


Рис. 19.5

Автор: А если никто не перетянет?

Читатель: Значит, силы равны.

Автор: Прекрасно! По сути дела мы с Вами нашли способ *сравнения* сил: две силы равны по величине, если, будучи приложенными к одному телу в противоположных направлениях вдоль одной прямой, они не изменяют его состояния движения. (Деформацию, а тем более разрушение мы сейчас рассматривать не будем). Теперь остается найти способ *измерения* сил.

Как измерить силу?

Читатель: Я думаю, надо ДОГОВОРИТЬСЯ о единице измерения. Взять, например, за единицу измерения силу, с которой тело массой 1 кг притягивается к Земле. А потом все остальные силы, которые мы хотим измерить, сравнивать с этой силой.

Автор: Согласен с Вами. Кстати, такая единица измерения силы существует и называется *килограмм-сила* (сокра-

щенно кгс). Но как нам получить *численное* значение силы, развиваемой, например, дядей Васей при растягивании каната?

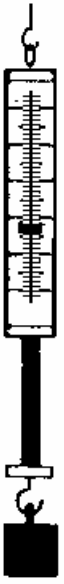


Рис. 19.6

Читатель: Есть такой замечательный простенький приборчик – подвесные весы. На них часто взвешивают продукты на рынках. По сути своей – это просто пружинка со стрелкой, прикрепленная к дощечке, на которой нанесены деления. Вы подвешиваете груз – весы показывают силу, с которой растянута пружина (рис. 19.6). С таким же успехом можно попросить дядю Васю их растянуть – узнаем силу дяди Васи (рис. 19.7).

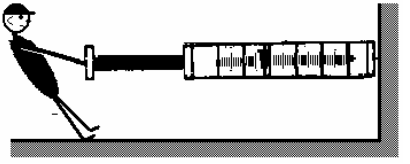


Рис. 19.7

Автор: А как нанести деления на этих весах?

Читатель: Я думаю так. Сначала отметим положение стрелки при нерастянутой пружине: делаем отметку «ноль». Потом подвешиваем груз массой 1 кг, пружина растянется. На том месте, где остановится стрелка, сделаем отметку: 1 кгс. Потом подвешиваем два груза по килограмму каждый, делаем вторую отметку – 2 кгс и т.д. (рис. 19.8).

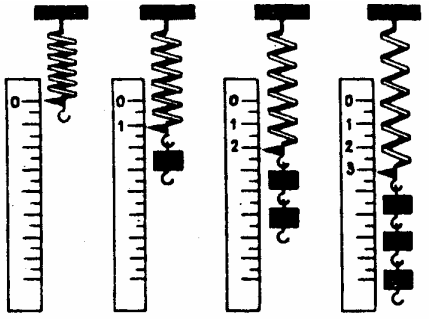


Рис. 19.8

Автор: Совершенно верно! А описанный Вами прибор физики называют ***динамометром.***

Единицы измерения силы

Итак, единицей измерения силы является *килограмм-сила* (кгс). Используется также грамм-сила (гс) и тонна-сила (тс):

1 гс = 0,001 кгс;

1 тс = 1000 кгс.

Кроме того, для измерения силы используется еще одна единица – *ньютон* (Н), а также килоньютон (кН), меганьютон (МН) и миллиньютон (мН):

1 кгс = 9,8 Н; 1 МН = 1 000 000 Н;

1 кН = 1000 Н; 1 мН = 0,001 Н.

Разговор о том, зачем физикам понадобилась ещё одна единица измерения *ньютон*, мы отложим до 9 класса. Заметим лишь, что в Международной системе единиц (СИ) сила измеряется именно в ньютонах.

Как изобразить силу?

Сила характеризуется величиной и направлением. Поэтому на чертеже удобно изображать силу в виде стрелки так, чтобы длина стрелки (в выбранном масштабе) соответствовала величине силы, а направление стрелки соответствовало направлению силы.

Например, мы хотим изобразить на чертеже силу, которая равна по величине 5 Н и направлена вертикально вниз. Выберем масштаб: 1 см – 1 Н. Тогда наша сила будет изображаться стрелкой длиной 5 см, направленной вертикально вниз (рис. 19.9). Заметим, что для того чтобы подчеркнуть, что силы имеют не только величину, но и направление, силы обычно обозначают буквами со стрелкой вверху: $\vec{F}$, а величину

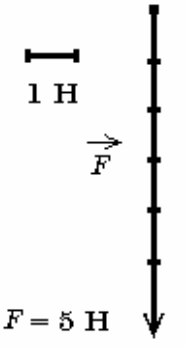


Рис. 19.9

(модуль) силы обозначают той же буквой, но без стрелки: F = 5 Н.

Читатель: Я читал, что сила – это *вектор*, а буква со стрелкой – это как раз обозначение вектора.

Автор: Да, Вы правы, сила – это *векторная* величина. Главное отличие векторной величины от невекторной – это наличие у неё определённого *направления*. Невекторные величины (физики их называют *скалярными*) характеризуются только численным значением, но направления не имеют. Это, например, масса, плотность, температура и др. Более подробный разговор о векторах нам ещё предстоит в 9 классе.

Задача 19.1. Изобразите две силы, равные по величине: F_1 = 2 Н и F_2 = 3 Н, так, чтобы они исходили из одной точки и составляли угол 90°. Сила $\vec{F}_1$ направлена вертикально. Масштаб выберите самостоятельно.

Читатель: Пусть в 1 см – 1 Н, тогда получим вариант, показанный на рис. 19.10.

Автор: Ваше построение верное, но *не единственное*. Ведь в условии не сказано, что сила $\vec{F}_1$ направлена вертикально *вверх*, значит, возможен и такой вариант, что сила $\vec{F}_1$ направлена вертикально *вниз*. А сила $\vec{F}_2$ может быть направлена не только вправо, но и влево. Получается, что возможны еще три варианта (рис. 19.11).

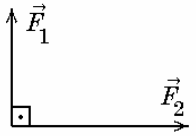


Рис. 19.10

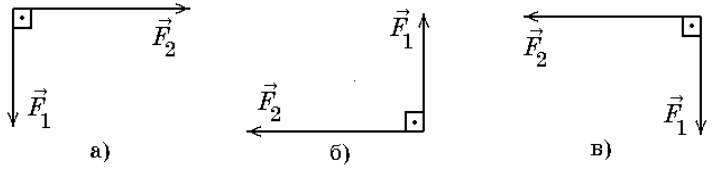


Рис. 19.11

СТОП! Решите самостоятельно: А1 (а, б), Б1, В1.

Равнодействующая сил

Допустим, на тело действует не одна, а несколько сил. Возникает вопрос: каким будет эффект от их совместного действия? Для начала ограничимся случаем, когда все силы направлены вдоль одной прямой и приложены к одной точке.

Читатель: Но ведь в реальности силы, наверное, не приложены к какой-то одной точке данного тела?

Автор: Конечно, на самом деле все значительно сложнее, но во всех задачах этого параграфа такое ПРИБЛИЖЕНИЕ оправдано. О границах же применимости этого приближения мы поговорим позднее.

Равнодействующая сонаправленных сил. Пусть к телу приложены две одинаково направленные (или сонаправленные) силы: $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$ (рис. 19.12). Опыт показывает, что в этом случае действие этих двух сил *точно такое же*, как действие одной силы – ***равнодействующей*** этих двух сил. Величина равнодействующей силы R равна сумме величин сил F_1 и F_2: $R = F_1 + F_2$, а направление равнодействующей совпадает с направлением сил $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$: $\vec{R} \uparrow\uparrow \vec{F}_1$, $\vec{R} \uparrow\uparrow \vec{F}_2$ (рис. 19.13). (Знак $\uparrow\uparrow$ означает «одинаково направлены», знак $\uparrow\downarrow$ – «противоположно направлены».)

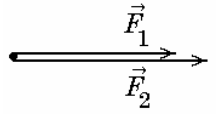


Рис. 19.12

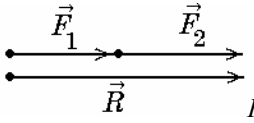


Рис. 19.13

Равнодействующая противоположно направленных сил. Пусть на тело действуют две противоположно направленные силы: $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$ (рис. 19.14). Действие сил $\vec{F}_1$ и

$\vec{F}_2$ эквивалентно действию равнодействующей силы $\vec{R}$, сонаправленной с большей силой $\vec{F}_2$ ($\vec{R} \uparrow\uparrow \vec{F}_2$) и по величине равной разности величин F_2 и F_1: $R = F_2 - F_1$ (рис. 19.15).

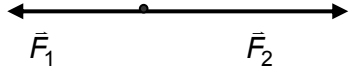


Рис. 19.14

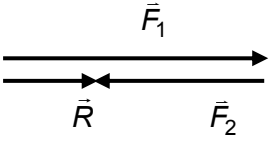


Рис. 19.15

Задача 19.2. На тело действуют силы $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ и $\vec{F}_3$, равные по величине: $F_1 = 20$ Н, $F_2 = 40$ Н, $F_3 = 80$ Н, как показано на рис. 19.16. Определите величину и направление равнодействующей.

$F_1 = 20$ Н
$F_2 = 40$ Н
$F_3 = 80$ Н
$\vec{R}$ = ?

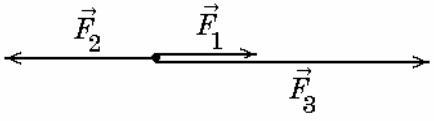


Рис. 19.16

Силы $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_3$ сонаправлены, значит, их равнодействующая (назовем её $\vec{R}_1$) равна по величине:

$$R_1 = F_1 + F_3 = 20 \text{ Н} + 80 \text{ Н} = 100 \text{ Н}.$$

Величина R_1 больше, чем F_2, значит, $\vec{R}$ – общая равнодействующая всех трех сил будет направлена вправо и иметь величину:

$$R = R_1 - F_2 = (F_1 + F_3) - F_2 = 100 \text{ Н} - 40 \text{ Н} \approx 60 \text{ Н}.$$

Ответ: $R = (F_1 + F_3) - F_2 \approx 60$ Н; $\vec{R}$ – направлена вправо.

СТОП! Решите самостоятельно: А4, Б6 (а, б), В6 (г, е).

Задача 19.3. Шарик падает в воде. На него действует сила тяжести $\vec{F}_т$, направленная вниз, сила Архимеда $\vec{F}_A$ и сила вязкого трения $\vec{F}_{тр}$, направленные вверх. Известно, что

равнодействующая $\vec{R}$ направлена вниз, и её величина равна R = 10 Н. Определите величину силы вязкого трения, если $F_т$ = 20 Н, F_A = 8 Н.

$F_т$ = 20 Н F_A = 8 Н R = 10 Н $F_{тр}$ = ?	*Решение.* Изобразим на чертеже все силы, действующие на шарик (рис. 19.17). Величина равнодействующей равна

$$R = F_т - F_{тр} - F_A.$$

Из этого равенства нам нужно определить величину $F_{тр}$. Для этого перенесем $(-F_{тр})$ в левую часть равенства, а R – в правую, получим:

$$F_{тр} = F_т - F_A - R = 20 \text{ Н} - 8 \text{ Н} - 10 \text{ Н} \approx 2 \text{ Н}.$$

Ответ: $F_{тр} = F_т - F_A - R \approx 2$ Н.

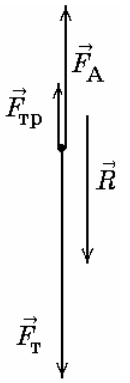


Рис. 19.17

СТОП! Решите самостоятельно: Б7, В7, В9, Г4

Задача 19.4. На тело действуют две силы $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$, направленные по горизонтали. Известно, что F_1 = 3 Н, F_2 = 2 Н. Какую величину может иметь равнодействующая этих сил?

F_1 = 3 Н F_2 = 2 Н $\vec{R}$ = ?	*Решение.* Из условия задачи следует, что сила $\vec{F}_1$ может быть направлена как влево, так и вправо. И сила $\vec{F}_2$ может быть направлена как влево, так и вправо.

Отсюда возможны четыре варианта расположения сил (рис. 19.18).

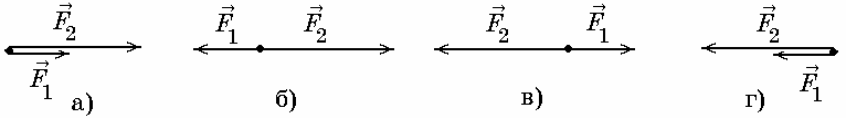


Рис. 19.18

В случаях а) и г) величина равнодействующей равна:

$$R = F_1 + F_2 = 2\ \text{Н} + 3\ \text{Н} \approx 5\ \text{Н}.$$

В случаях б) и в) величина равнодействующей равна:

$$R = F_2 - F_1 = 3\ \text{Н} - 2\ \text{Н} \approx 1\ \text{Н}.$$

Ответ: $R \approx 5$ Н, $R \approx 1$ Н.

СТОП! Решите самостоятельно: Б12, В14, В16, Г5 (а,б).

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

Задачи очень лёгкие

А1. Изобразите силу $\vec{F}$, величина которой F = 4 Н, в масштабе 1 см – 1 Н для случаев: а) $\vec{F}$ направлена вертикально вверх; б) $\vec{F}$ направлена вертикально вниз; в) $\vec{F}$ направлена по горизонтали вправо; г) $\vec{F}$ направлена горизонтально влево.

А2. Изобразите две силы в одинаковом масштабе 1 см – 0,5 Н. Обе силы направлены по горизонтали вправо, а их величины равны: а) F_1 = 1 Н, F_2 = 2 Н; б) F_1 = 0,5 Н, F_2 = 4 Н; в) F_1 = 1,5 Н, F_2 = 2,5 Н.

А3. Изобразите две силы $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$ исходящими из одной точки в одинаковом масштабе 1 см – 0,5 Н для случаев: а) обе силы направлены влево; б) $\vec{F}_1$ направлена влево, а $\vec{F}_2$ вправо; в) $\vec{F}_2$ направлена влево, а $\vec{F}_1$ вправо; г) обе силы направлены влево. Величины сил равны: F_1 = 2 Н, F_2 = 3 Н.

А4. На тело действуют в одном направлении три силы, равные по величине: F_1 = 1 кгс, F_2 = 2 кгс, F_3 = 3 кгс. Определите величину равнодействующей.

Задачи лёгкие

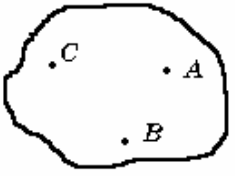


Рис. 19.19

Б1. Изобразите графически силы, приложенные к телу (рис. 19.19): в точке A горизонтально слева направо силу величиной F_1 = 4 кгс, в точке B вертикально вверх силу величиной F_2 = 5 кгс и в точке C вертикально вниз силу величиной F_3 = = 6 кгс. Масштаб: 1 см — 2 кгс.

Б2. Выбрав подходящий масштаб, изобразите графически силы: а) направленную вертикально вверх и равную по величине F_1 = 5 Н; б) направленную горизонтально вправо и равную по величине F_2 = 10 Н; в) направленную вертикально вниз и равную по величине F_3 = 8 Н; г) направленную под углом 45° к вертикали и равную по величине F_4 = 6 Н.

Б3. Трактор при движении развил силу тяги F_1 = 7000 кгс, а электровоз F_2 = 28000 кгс. Силы направлены слева направо. Изобразите графически эти силы в одинаковом масштабе.

Б4. Изобразите силы $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$, выбрав для каждого случая подходящий масштаб: а) F_1 = 7 тс, F_2 = 28 тс; б) F_1 = 0,5 кгс, F_2 = 0,25 кгс; в) F_1 = 20 гс, F_2 = 40 гс; г) F_1 = 100 Н, F_2 = = 800 Н. Все силы направлены по горизонтали слева направо.

Б5. Чему равна величина равнодействующей двух сил, приложенных к телу в точке *A* (рис. 19.20)?

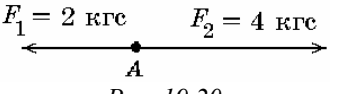


Рис. 19.20

Б6. Определите величину и направление равнодействующей сил, указанных на рис. 19.21. Известно, что F_1 = 20 Н, F_2 = 30 Н.

Б7. На тело действуют две силы: сила $\vec{F}_1$ направлена вертикально вверх, сила $\vec{F}_2$ направлена вертикально вниз. Их равнодействующая направлена вертикально вверх, R = 10 Н, F_2 = 8 Н. Определите величину F_1.

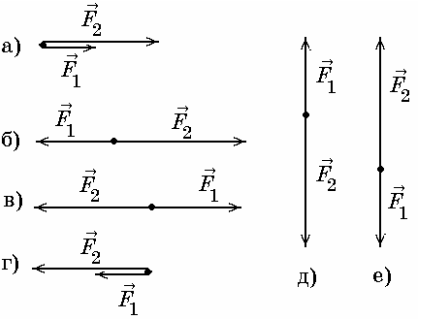


Рис. 19.21

Б8. На тело действуют две одинаково направленные силы $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$, равнодействующая которых по величине равна R = =80 Н. Величина первой силы F_1 = 70 Н. Определите величину второй силы.

Б9. На тело действуют две силы: сила $\vec{F}_1$ направлена вертикально вверх, F_1 = 10 Н, сила $\vec{F}_2$ направлена вертикально вниз. Их рав-

нодействующая направлена вертикально вверх и равна по величине R = 8 Н. Определите величину F_2.

Б10. На тело действуют в горизонтальном направлении: вправо силы $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$, а влево сила $\vec{F}_3$, F_1 = 10 Н, F_2 = 30 Н, F_3 = =50 Н. Определите величину и направление равнодействующей.

Б11. На тело действуют три силы, направленные вертикально вверх: $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$, $\vec{F}_3$. Их равнодействующая равна по величине R = 10 Н. Известно, что F_1 = 4 Н, F_2 = 5 Н. Определите величину силы F_3.

Б12. К телу по прямой линии приложены две силы, равные по величине F_1 = 20 кгс и F_2 = 30 кгс. Обозначив точкой положение тела, изобразите графически в масштабе 0,5 см – 10 кгс направление сил для случаев, когда равнодействующая равна: а) R = 10 кгс; б) R = 50 кгс.

Задачи средней трудности

В1. Силы $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$ направлены горизонтально, их величины: F_1 = 5 Н, F_2 = 3 Н, масштаб: 1 Н – 1 см. Изобразите возможные варианты.

В2. На тело вдоль вертикали действуют две силы, равные по величине F_1 = 10 Н и F_2 = 15 Н. Изобразите эти силы. Сколько вариантов рисунка вы можете сделать?

В3. На тело в горизонтальном направлении действуют две силы, равные по величине F_1 = 5 Н и F_2 = 7 Н. Изобразите эти силы. Сколько вариантов рисунка вы можете сделать?

В4. Изобразите две силы $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$, приложенные в одной точке и составляющие угол α = 45° друг с другом, если $\vec{F}_1$ направлена по горизонтали вправо, F_1 = 10 Н, F_2 = 20 Н, масштаб: 1 см = 5 Н. Изобразите все возможные варианты.

В5. Чему равна величина равнодействующей трёх сил, приложенных к телу в точке А (рис. 17.26)?

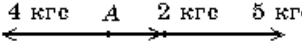


Рис. 19.22

В6. Определите величину и направление равнодействующей сил, показанных на рис. 19.23. Известно, что F_1 = 20 Н, F_2 = = 30 Н, F_3 = 40 Н.

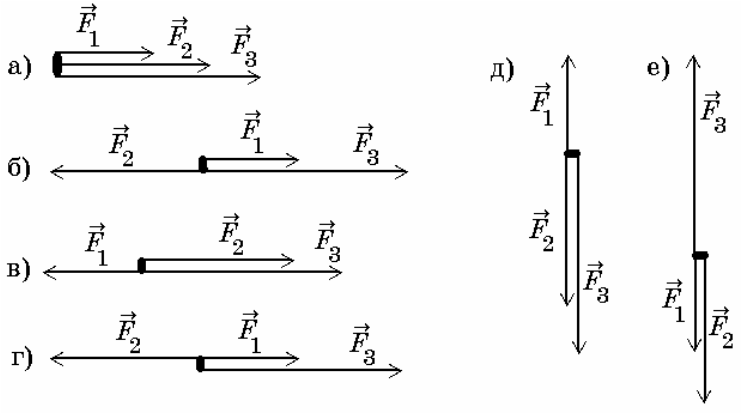


Рис. 19.23

В7. Камень брошен вертикально вверх. Величина силы тяжести $F_т$ = 10 кгс, величина силы сопротивления воздуха $F_с$ = =2 кгс. Найдите величину и направление равнодействующей.

В8. Камень брошен вертикально вниз. Величина силы тяжести $F_т$ = 10 кгс, величина силы сопротивления воздуха $F_с$ = 2 кгс. Найдите величину и направление равнодействующей.

В9. На тело действуют в горизонтальном направлении вправо силы $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$, влево – $\vec{F}_3$. Равнодействующая направлена вправо. Известно, что R = 100 Н, F_2 = 10 Н, F_3 = 30 Н. Определите величину F_1.

В10. На тело действуют вертикально вверх силы $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$ и вертикально вниз сила $\vec{F}_3$. Равнодействующая $\vec{R}$ направлена вертикально вверх. Известно, что F_1 = 10 Н, F_2 = 100 Н, R = 20 Н. Определите величину F_3.

В11. На тело действуют в горизонтальном направлении вправо сила $\vec{F}_1$, а влево силы $\vec{F}_2$ и $\vec{F}_3$. Равнодействующая $\vec{R}$ направлена вправо. Известно, что R = 100 Н, F_2 = 50 Н, F_3 = = 30 Н. Определите величину F_1.

В12. На тело действуют в горизонтальном направлении вправо сила $\vec{F}_1$, а влево силы $\vec{F}_2$ и $\vec{F}_3$. Равнодействующая $\vec{R}$ направлена вправо. Известно, что R = 100 Н, F_1 = 200 Н, F_2 = 20 Н. Определите величину F_3.

В13. Может ли равнодействующая двух сил, равных по величине F_1 = 4 кгс и F_2 = 5 кгс, действующих на тело по одной прямой, быть равной:

а) R = 2 кгс; б) R = 3 кгс;

в) R = 8 кгс; г) R = 10 кгс?

В14. Может ли величина равнодействующей двух сил, действующих на тело вдоль одной прямой и равных F_1 = 2 Н и F_2 = 10 Н, быть равной:

а) R = 5 Н; б) R = 8 Н;

в) R = 12 Н; г) R = 20 Н?

В15. Какие силы, направленные вдоль одной прямой, могут дать равнодействующую, равную по величине R = 10 Н? Как они должны быть направлены при этом?

В16. Одна из двух сил, действующих на тело вдоль одной прямой, равна по величине F_1 = 5 Н. Равнодействующая сил равна по величине R = 8 Н. Какой может быть по величине другая сила? Как она должна быть направлена? Выполните построение.

Задачи трудные

Г1. На рисунке в одном и том же масштабе изобразите силы, приложенные к одному телу, лежащему на горизонтальной поверхности: силу $\vec{F}_1$, направленную горизонтально, F_1 = = 5 Н, и силу $\vec{F}_2$, направленную под углом 45° к горизонту, F_2 = 10 Н. Сколько разных вариантов рисунка можно сделать при такой формулировке задачи?

Г2. На рис. 19.24 *а* и *б* изображены тело и силы, действующие на него. Равнодействующая каких сил равна нулю? Чему равна величина равнодействующей всех сил, действующих на тело и куда она направлена? (Известно, что $F_1 = F_2$.)

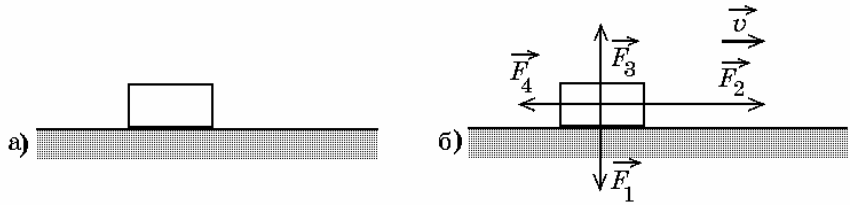


Рис. 19.24

Г3. На тело, изображенное на рис. 19.25, действуют три силы. Чему равна величина равнодействующей этих сил? Как проще всего выполнить расчёт? Каково направление равнодействующей? Известно, что $F_1 = F_3$.

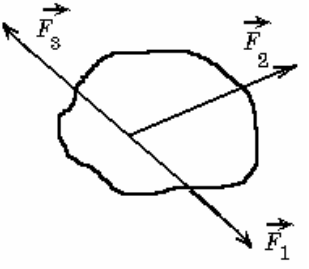


Рис. 19.25

Г4. На движущийся автомобиль в горизонтальном направлении действуют сила тяги двигателя $F_т$ = =125 кгс, сила трения $F_{тр}$ = 60 кгс и сила сопротивления воздуха $F_с$ = 45 кгс. Определите величину и направление равнодействующей этих сил.

Г5. К телу по прямой приложены три силы, равные по величине: F_1 = 2 кгс, F_2 = 3 кгс и F_3 = 4 кгс. Обозначив точкой положение тела, изобразите в тетради направления сил для случаев, когда равнодействующая соответственно равна по величине: а) R = 1 кгс; б) R = 3 кгс; в) R = 5 кгс. Масштаб 0,5 см — 1 кгс.

Г6. На тело действуют три силы, направленные вдоль одной прямой. Величины сил: F_1 = 3 Н, F_2 = 12 Н и F_3 = 6 Н. Какой может быть равнодействующая таких сил. Сделайте рисунки для каждого из возможных случаев.

Г7. На тело по одной прямой действуют силы, равные по величине: F_1 = 3 Н, F_2 = 4 Н и F_3 = 5 Н. Может ли равнодействующая этих сил быть равной по величине:

а) R = 1 Н; б) R = 2 Н; в) R = 3 Н;
г) R = 4 Н; д) R = 5 Н; е) R = 6 Н;
ж) R = 10 Н; з) R = 12 Н; и) R = 15 Н?

§ 20. ЧТО ТАКОЕ ИНЕРЦИЯ?

Все тела пытаются сохранить свою скорость...

Как мы знаем из опыта, все тела пытаются сохранить характер своего движения, то есть свою скорость. Например, автомобиль с выключенным двигателем может ещё довольно продолжительное время двигаться вперёд, шайба после удара клюшки долго скользит по льду, а пассажиры, находящиеся в резко затормозившем автобусе, чувствуют, как их «бросает» вперёд: они «пытаются» сохранить ту скорость, которую вместе с автобусом имели до торможения, поэтому начинают «опережать» затормозивший автобус.

Заметим, что тела обладают «склонностью» сохранять не только величину своей скорости, но и её направление. Например, грязь из-под колёс буксующего автомобиля вылетает по касательной к колесу: комочки грязи сохраняют некоторое время то направление скорости, которое они имели в момент отрыва от колеса, т.е. в тот момент, когда они ещё двигались вместе с колесом. На бегу (на хорошей скорости) очень трудно быстро повернуть. Чтобы облегчить себе поворот на бегу, человек хватается за дерево (рис. 20.1): ведь человеческое тело «пытается» сохранить направление своего движения.



Рис. 20.1

По этой же причине автомобили притормажив
воротах — иначе можно вылететь в кювет. Этот
испытывают пассажиры автобуса: при резком п
«прижимает» в сторону, противоположную поворо
тела «стремятся» сохранить прямолинейное движ
ли автобус поворачивает, например, налево, то
«пытается» по-прежнему двигаться по прямой, и

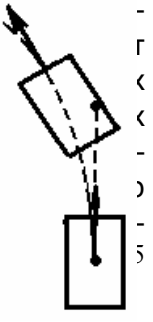


Рис. 20.2

мает к правой стенке (рис. 20.2). Заметим, что если бы не эта стенка и если бы пассажиру не за что было бы ухватиться, он бы на повороте вылетел из автобуса.

Тела пытаются сохранять не только свою скорость, но и свой покой. Известно, например, как трудно оттолкнуть от берега тяжёлую лодку (т.е. вывести её из состояния покоя).

Можно проделать такой эффектный опыт: поставить на салфетку стеклянную бутылку (лучше наполненную какой-нибудь жидкостью). Если резко выдернуть салфетку из-под бутылки, она не шелохнется! То есть салфетка за краткое время рывка не сумеет вывести бутылку из состояния покоя.

Все тела пытаются сохранить свою скорость, но у них это не получается...

Читатель: Во всех приведенных Вами примерах тела лишь «пытались» сохранить свою скорость или состояние покоя. Но ни в одном случае им это не удалось: автомобиль с выключенным мотором в конце концов остановился, остановилась и шайба, пущенная по льду, и пассажиры в автобусе выровняли свои скорости с автобусом после торможения. И направления скорости у тел тоже со временем меняются: и у автомобиля на повороте, и у человека, ухватившегося на бегу за дерево, и у комочков грязи, вылетевших из-под колёс...

Что же такое инерция?

Автор: Совершенно верно, дело в том, что на все перечисленные Вами тела *действуют силы*: на автомобиль при торможении – сила трения, на пассажиров — реакция опоры, за которую они держатся, и т.д. Вот если бы каким-то образом все силы, действующие на тело, удалось устранить, тогда бы *тело двигалось равномерно и пря-*

молинейно или сохраняло бы состояние покоя. Это утверждение впервые было сделано великим итальянским ученым Галилео Галилеем (1564–1642) и получило название ***закона инерции***. А свойство тел сохранять состояние покоя или равномерного прямолинейного движения при отсутствии действия на них других тел получило название ***инерции*** (от латинского слова inertic – неподвижный, бездеятельный).

Читатель: А разве возможно такое, чтобы *никакие* силы на тело не действовали? Вот сила тяжести, например, она же всегда действует.

Автор: Да, такое можно представить себе лишь чисто теоретически. Но вот ситуация, при которой *равнодействующая* всех сил, действующих на тело, *равна нулю*, встречается довольно часто. В этом случае тело ведёт себя точно так же, как если бы на него не действовали *никакие силы*. Например, если лодка стоит у пристани, на неё действуют две силы: сила тяжести $\vec{F}_т$ и сила Архимеда $\vec{F}_А$ (рис. 20.3). Их равнодействующая равна нулю, и поэтому лодка покоится.

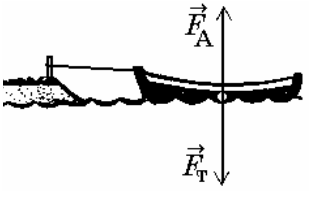


Рис. 20.3

От чего зависит величина изменения скорости тела?

Читатель: И тем не менее, в реальной жизни тела часто меняют характер своего движения: одни быстрее, другие — медленней. От чего же зависит величина изменения скорости движения тела?

Автор: От трех факторов. Первый — это ***масса*** тела. Чем больше масса, тем труднее изменить характер движения тела. Масса — это мера ***инертности*** тела.

Второй — это ***величина силы***, действующей на тело. Чем больше сила, тем быстрее изменяется скорость

тела. Например, при резком торможении (то есть при большой величине силы трения скольжения) автомобиль останавливается достаточно быстро, а при плавном торможении — значительно медленней.

Третий фактор — это ***время*** действия силы. Если сила действует очень краткий промежуток времени, она (даже будучи значительной по величине) не может привести к большому изменению скорости тела. И наоборот, небольшая сила, действующая длительное время, может вызывать значительно больший эффект. Так в опыте с салфеткой, которую резко выдернули из-под бутылки, сила трения, действовавшая на бутылку со стороны салфетки, «работала» очень недолго и поэтому не сумела (не успела) изменить скорость бутылки (сдвинуть её с места). Если ту же салфетку тянуть, но в течение длительного времени, бутылка вместе с салфеткой начнёт двигаться по столу.

СТОП! Решите самостоятельно: А1, А2, Б2–Б4, В1, В3, В7, В11.

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

Задачи очень лёгкие

А1. Почему нельзя перебегать улицу перед близко идущим транспортом?

А2. Почему запрещается буксировать автомобиль с неисправными тормозами с помощью гибкого троса?

А3. Все крупинки точильного камня двигаются вместе с ним по окружности. Но как только крупинка отрывается от камня, её движение становится прямолинейным (рис. 20.4). Почему?

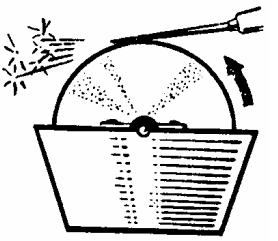


Рис. 20.4

Задачи лёгкие

Б1. Почему при резком увеличении скорости автобуса пассажиры

отклоняются назад, а при внезапной остановке — вперёд?

Б2. Мяч, спокойно лежавший на столе вагона при равномерном движении поезда, покатился вперёд по направлению движения поезда. Какое изменение произошло в движении поезда?

Б3. Какую роль играют ремни безопасности на автомобильном транспорте?

Б4. Выйдя из воды, собака встряхивается. Какое явление помогает ей в этом случае освободить шерсть от воды? Ответ поясните.

Б5. Почему при сплаве леса большое количество брёвен выбрасывается на берег на поворотах реки?

Задачи средней трудности

В1. С летящего самолёта сбрасывают груз. Упадёт ли он на землю под местом сброса? Если нет, то куда сместится относительно этого места и почему?

В2. Как изменилась скорость движения вагонов, изображённых на рис. 20.5?

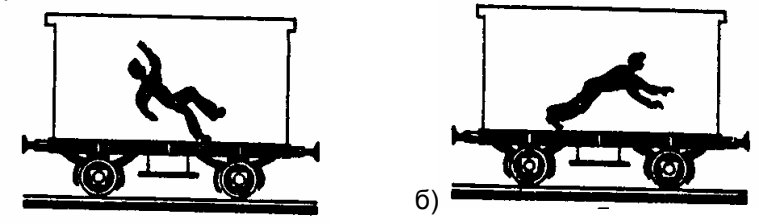


Рис. 20.5

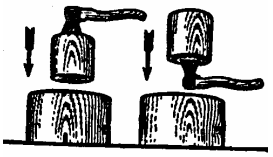


Рис. 20.6

В3. При колке дров в полене застрял топор. На рис. 20.6 показано, какими способами в этом случае можно расколоть полено. Объясните их.

В4. На рис. 20.7 показан способ насаживания молотка на рукоятку. Объясните его.

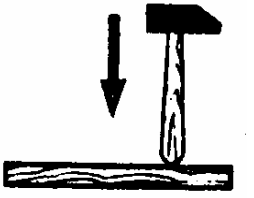


Рис. 20.7

В5. В какую сторону падает споткнувшийся человек? Почему?

В6. Почему при поворотах машинист, шофёр, велосипедист снижают скорость движения машины?

В7. В какую сторону отклоняются пассажиры относительно автобуса при повороте его вправо, влево?

В8. Какое изменение произошло в движении речного трамвая, если пассажиры вдруг отклонились вправо?

В9. Почему трактор, ведя на буксире автомашину, не должен резко изменять скорость движения?

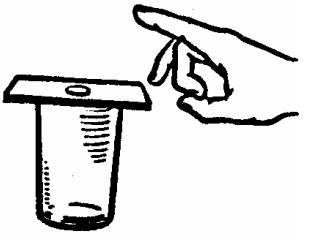


Рис. 20.8

В10. Почему легче перепрыгнуть ров с разбега?

В11. Положите на стакан почтовую открытку, а на открытку положите монету. Ударьте по открытке щелчком (рис. 20.8). Почему открытка отлетает, а монета падает в стакан?

В12. Поставьте стакан с водой на полоску бумаги и медленно тяните её. Что происходит? Теперь резко выдерните полоску из-под стакана. Опрокинулся ли стакан? Почему?

Задачи трудные

Г1. Почему запрещается резко поднимать груз подъёмным краном?

Г2. Почему пуля, вылетевшая из ружья, не может отворить дверь, но пробивает в ней отверстие, тогда как давлением пальца дверь отворить можно, а проделать отверстие невозможно?

§ 21. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТЕЛ

Действие и противодействие

Тела *взаимодействуют*, то есть действуют друг на друга. Из опыта известно, что в природе не бывает такого, чтобы одно тело действовало на второе, а второе на первое — не действовало. Действие всегда вызывает противодействие.

Например, если кирпич лежит на полу и действует (давит) на пол, то и пол действует на кирпич. Если нить действует на подвешенный шарик, то и шарик растягивает нить.

Если человек, выпрыгивая из лодки, толкает её, то и лодка толкает человека (рис. 21.1).

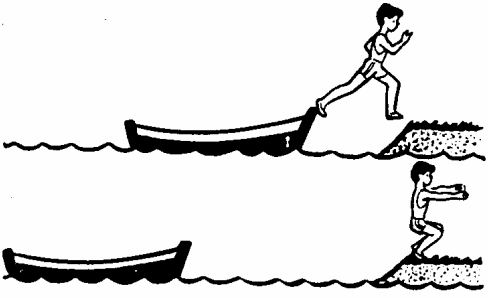


Рис. 21.1

Если вода действует на плывущую лодку силой Архимеда (не давая ей утонуть), то и лодка действует на воду. Если Земля притягивает Луну, то и Луна притягивает Землю и т.д. При этом оказывается, что если два тела взаимодействуют, то они действуют друг на друга с силами, равными по величине и противоположными по направлению. На рис. рис. 21.2,*а* тела притягиваются, а на рис. 21.2,*б* – отталкиваются.

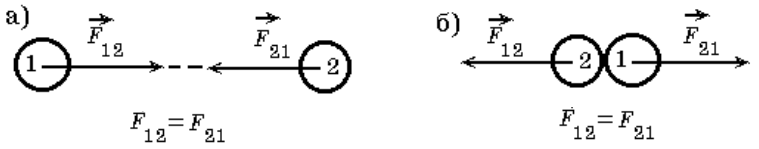


Рис. 21.2

Иными словами, ***сила действия равна по величине и противоположна по направлению силе противодействия.***

Это утверждение носит название *третьего закона Ньютона* (о первых двух законах Ньютона мы поговорим в 9-м классе).

Задача 21.1. На нити, закреплённой в лапке штатива, подвешен стальной шарик (рис. 21.3,*а*). С какими телами взаимодействует шарик? Почему он находится в покое?

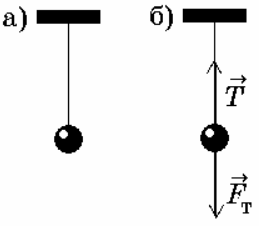


Рис. 21.3

Читатель: По-моему, шарик взаимодействует только с нитью: нить действует на шарик, а шарик на нить.

Автор: А если перерезать нить, что произойдёт?

Читатель: Шарик упадёт.

Автор: А почему упадёт?

Читатель: Потому что на него действует сила тяжести… Получается что шарик взаимодействует ещё и с Землей?

Автор: Совершенно верно. На шарик действуют две силы: сила натяжения нити $\vec{T}$, направленная вверх, и сила тяжести $\vec{F}_т$, направленная вниз (рис. 21.3,*б*). Причём равнодействующая этих сил равна нулю, и поэтому шарик по *закону инерции* Галилея находится в покое.

СТОП! Решите самостоятельно: А1, А2, Б1, В1.

Эффект отдачи

Эффект отдачи хорошо чувствуется при выстреле из ружья: приклад довольно ощутимо толкает стрелка в плечо. При выстреле из пушки отдача ещё заметнее: в старые времена, когда пушки стреляли, стоя на колёсах, они при выстреле откатывались назад. Уже потом пришлось изобретать противооткатное устройство.

Эффект отдачи можно почувствовать, держа в руках водопроводный шланг, из которого бьёт вода: шланг толкает человека в сторону, противоположную направлению струи.

Отдача лежит в основе действия реактивного двигателя: отталкиваясь от ракеты или реактивного самолёта, раскалённые газы – продукты сгорания топлива – толкают ракету в противоположную сторону. Ясно, что эффект отдачи основан на наличии сил действия и противодействия: ружьё толкает пулю, пуля — ружьё, шланг «толкает» воду, вода — шланг, ракета толкает газы, газы — ракету и т.д.

СТОП! Решите самостоятельно: А4, А5, Б6, Б7, Б8.

Скорости тел при взаимодействии

Опыт 1. Две лодки стоят рядом неподвижно, потом они отталкиваются друг от друга. При этом каждая лодка в момент толчка приобретает определённую скорость (рис. 21.4).

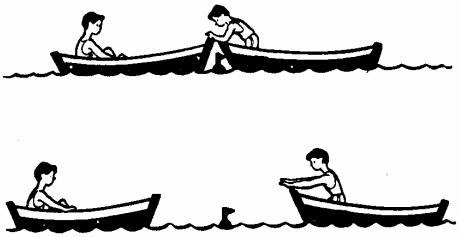


Рис. 21.4

Опыт 2. Две тележки стоят рядом неподвижно, к одной из них привязана гиб-

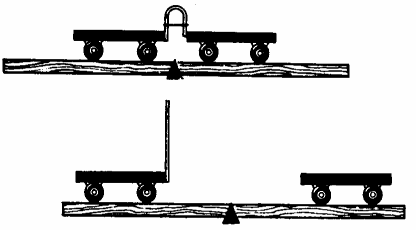


Рис. 21.5

кая пластинка, связанная нитью. Нить пережигают и тележки разъезжаются в противоположные стороны, каждая со своей скоростью (рис. 21.5).

Спрашивается, существует ли какая-то связь между скоростями взаимодействующих тел?

Из опыта известно, что в этих опытах бóльшую скорость получает тело с меньшей массой, а более массивное тело получает меньшую скорость. Экспериментально установлено, что в подобных случаях (т.е. когда до взаимодействия тела покоились) выполняется следующее соотношение:

$$\frac{\text{Масса 1-го тела}}{\text{Масса 2-го тела}} = \frac{\text{Скорость 2-го тела}}{\text{Скорость 1-го тела}}$$

Если ввести следующие обозначения: m_1 – масса первого тела, m_2 – масса второго тела, v_1 – скорость первого тела, v_2 – скорость второго тела, то данное соотношение можно записать в виде формулы:

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{v_2}{v_1}, \qquad (21.1)$$

Если воспользоваться свойством пропорций: произведение крайних членов равно произведению средних членов, то формулу (21.1) можно привести к виду:

$$m_1 v_1 = m_2 v_2 . \qquad (21.2)$$

Заметим, что, зная соотношение (21.2), можно экспериментально *измерить* массу тела без помощи весов! Для этого тело неизвестной массы m_2 нужно привести во взаимодействие с телом известной массы m_1 и измерить скорости тел сразу после взаимодействия: v_1 и v_2 . Тогда из (21.2) легко получить значение неизвестной массы m_2:

$$m_2 = \frac{m_1 v_1}{v_2} . \qquad (21.3)$$

Конечно, чисто практически провести такое измерение довольно сложно (куда проще воспользоваться весами). Но зато этот способ измерения массы основан не на притя-

жении тел к Земле, а на их взаимодействии, поэтому его можно применять и во внеземных условиях.

Задача 21.2. На железнодорожной платформе установлено орудие. Из орудия произвели выстрел в горизонтальном направлении. Масса снаряда m_1 = 1,0 кг, скорость v_1 = 1000 м/с. Масса пушки вместе с платформой m_2 = 2,0 т. Какую скорость приобрела платформа вследствие отдачи. Изменением массы платформы при выстреле пренебречь.

m_1 = 1,0 кг
v_1 = 1000 м/с
m_2 = 2,0 т = = $2{,}0 \cdot 10^3$ кг
v_2 =?

Решение. Согласно формуле (21.2) $m_1 v_1 = m_2 v_2$. Требуется найти v_2.

Разделим обе части равенства (21.2) на величину m_2, получим:

$$\frac{m_1 v_1}{m_2} = \frac{\cancel{m_2} v_2}{\cancel{m_2}}.$$

Сокращая m_2, получаем формулу для расчёта v_2:

$$v_2 = \frac{m_1}{m_2} v_1.$$

Проверим размерность ответа:

$$[v_2] = \frac{[m_1]}{[m_2]}[v_1] = \frac{\text{кг}}{\text{кг}} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}} = \cancel{\text{м/с}}.$$

Подставим численные значения:

$$v_2 = \frac{m_1}{m_2} v_1 = \frac{1{,}0 \text{ кг}}{2{,}0 \cdot 10^3 \text{ кг}} \cdot (1000 \text{ м/с}) = 0{,}50 \text{ м/с}.$$

Ответ: $v_2 = \frac{m_1}{m_2} v_1 = 0{,}50$ м/с.

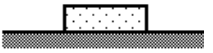


Рис. 21.6

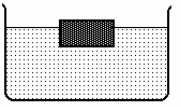


Рис. 21.7

СТОП! Решите самостоятельно: В4, В5, В6, В7.

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

Задачи очень лёгкие

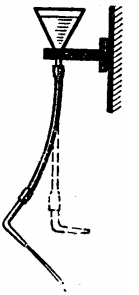


Рис. 21.8

А1. На столе лежит брусок из дерева (рис. 21.6). С какими телами он взаимодействует? Почему брусок находится в покое?

А2. В широком сосуде с водой (рис. 21.7) плавает деревянный брусок. С какими телами он взаимодействует? Почему он находится в равновесии?

А3. Приведите 3—5 названий тел, в результате взаимодействия с которыми мяч может прийти в движение (или изменить направление своего движения).

А4. Некоторые морские животные, например каракатицы, перемещаются в воде, выбрасывая из себя струю жидкости. Какое физическое явление лежит в основе такого движения?

А5. Почему пожарному трудно удерживать брандспойт, из которого бьет вода?

А6. Почему отклоняется трубка при вытекании из нее воды (рис. 21.8)?

А7. В некоторых парках на детских площадках для игр устанавливают деревянные цилиндры (барабаны), вращающиеся на горизонтальной оси. В каком направлении и почему цилиндр вращается, когда по нему бежит ребёнок?

А8. Пружина, концы которой стянуты нитью, помещена между тележками так, как показано на рис. 21.9. На тележках сосуды с песком. Когда нить пережгли, правая тележка приобрела бóльшую скорость, чем левая. Чем это можно объяснить?

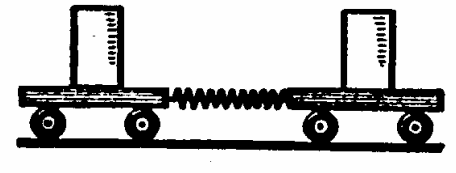


Рис. 21.9

А9. Почему при выстреле снаряд и орудие получают разные скорости?

Задачи лёгкие

Б1. На наклонной плоскости (рис. 21.10) лежит поролоновая губка. С какими телами она взаимодействует? Почему она находится в покое?

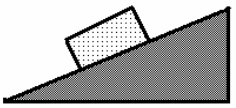


Рис. 21.10

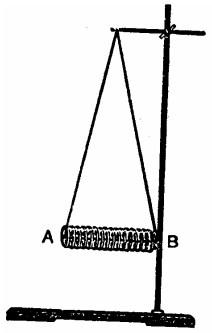


Рис. 21.11

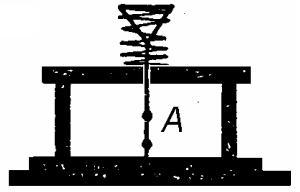


Рис. 21.12

Б2. На резинке, закрепленной одним концом в лапке штатива, подвешен стальной шарик. На столе под шариком, лежит керамический магнит. С какими телами взаимодействует шарик? Почему он находится в покое?

Б3. Взаимодействием каких тел обусловливается движение: а) облаков; б) стрелы, выпущенной из лука; в) снаряда внутри ствола пушки при выстреле; г) вращение крыльев ветряного двигателя?

Б4. Что произойдёт с подвешенной на нитях пружиной, если спичкой пережечь нить *AB,* сжимающую её (рис. 21.11)?

Б5. а) В сжатом состоянии пружина на подставке удерживается с помощью нити (рис. 21.12). Если в точке *A* нить пережечь, то пружина взлетит. Укажите, взаимодействием каких тел вызывается движение пружины.

б) Если на пружину предварительно поместить, например, мяч, то и он придёт в движение. Взаимодействием каких тел будет вызвано движение мяча?

Б6. Рыба может двигаться вперёд, отбрасывая жабрами струи воды. Объясните это явление.

Б7. Какое значение у водоплавающих птиц имеют перепончатые лапки?

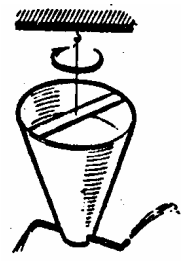


Рис. 21.13

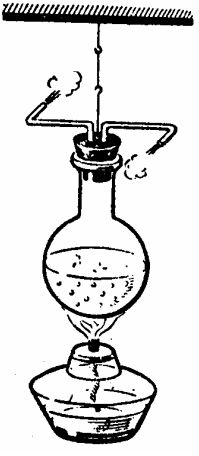


Рис. 21.14

Б8. Почему при вытекании воды сосуд, подвешенный на нити, вращается (рис. 21.13)?

Б9. Колба подвешена на нити (рис. 21.14). Останется ли колба в состоянии покоя при сильном кипении воды в ней? Явление объясните.

Б10. На левой тележке лежит кубик из железа, на правой – из дерева (рис. 21.15). Между тележками помещена сжатая с помощью нити пружина. Если нить пережечь, то тележки придут в движение. Какая тележка приобретет бóльшую скорость? Почему?

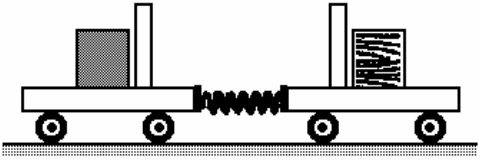


Рис. 21.15

Б11. Мальчик прыгает с нагруженной баржи на берег. Почему движение баржи в сторону, противоположную прыжку, незаметно?

Б12. Между двумя игрушечными автомобилями поместили связанную нитью сжатую пружину. Когда нить пережгли, один из автомобилей приобрёл скорость в два раза бóльшую, чем другой. Масса какого автомобиля больше и во сколько раз?

Б13. Могут ли два неподвижных вначале тела в результате взаимодействия друг с другом приобрести одинаковые по численному значению скорости? Ответ обоснуйте.

Б14. На одинаковом расстоянии от берега находятся лодка с грузом и такая же лодка без груза. С какой лодки легче спрыгнуть на берег? Почему?

Задачи средней трудности

В1. На прочной невесомой нити подвешен стальной шар. Снизу к нему поднесли стальной магнит. Изменится ли при этом: а) масса шара; б) сила тяжести, действующая на него; в) объем шара; г) сила натяжения нити?

В2. На прочной невесомой нити подвешен стальной шар. Снизу к нему поднесли такой же шар. Изменится ли при этом: а) масса шара; б) сила тяжести, действующая на него; в) объем шара; г) сила натяжения нити?

В3. Мальчик выбирает верёвку, и лодки сближаются в озере (рис. 21.16). Какая из двух одинаковых лодок к моменту сближения приобретает бóльшую скорость? Почему?

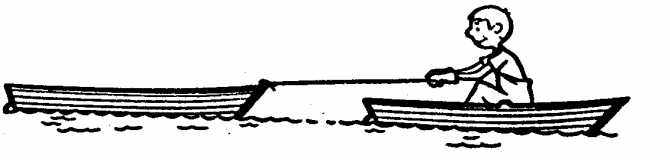


Рис. 21.16

В4. Мальчик, масса которого m_1 = 46 кг, прыгнул с неподвижного плота массой m_2 = 1,0 т на берег со скоростью v_1 = =1,5 м/с. Какую скорость приобрёл плот?

В5. С неподвижной надувной лодки массой m_1 = 30 кг на берег прыгнул мальчик массой m_2 = 45 кг. При этом лодка приобрела скорость v_1 = 1,5 м/с. Какова скорость мальчика?

В6. После взаимодействия две тележки приобрели скорости v_1 = 20 см/с и v_2 = 60 см/с. Масса большей тележки m_1 = = 0,6 кг. Чему равна масса меньшей тележки?

В7. Пуля массой m_1 = 10 г вылетела из автомата со скоростью v_1 = 700 м/с. Вследствие отдачи автомат приобрёл скорость v_2 = 1,6 м/с. Какова масса автомата?

В8. Левая тележка (см. рис. 21.15) приобрела скорость v_1 = =4 см/с; правая v_2 = 60 см/с. Масса какой тележки больше и во сколько раз?

В9. Чему равна масса левой тележки (см. задачу В8), если масса правой тележки равна m_1 = 50 г?

Задачи трудные

Г1. Почему трубка не отклоняется, если на пути вытекающей из неё воды (см. задачу А6) поместить картонку, укреплённую на труб-

ке, как показано на рис. 21.17?

Г2. Каким образом космонавт, не связанный с кораблем, может вернуться на корабль, не прибегая к помощи троса или других космонавтов?

Г3. Между алюминиевым и такого же объёма парафиновым шарами находится сжатая, связанная нитью пружина. Нить пережигают, и пружина, распрямляясь, приводит шары в движение. Какую скорость приобретает при этом алюминиевый шар, если парафиновый шар приобрёл скорость v_1 = 0,6 м/с?

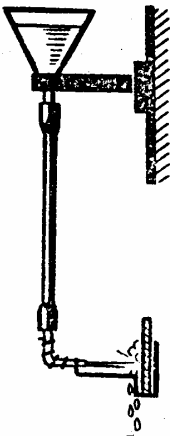


Рис. 21.17

§ 22. О СИЛАХ ПОДРОБНЕЕ: СИЛА УПРУГОСТИ, СИЛА ТЯГОТЕНИЯ, СИЛА ТЯЖЕСТИ, ВЕС, СИЛА ТРЕНИЯ

Сила упругости. Коэффициент жёсткости пружины. Закон Гука

Возьмём пружину длиной l_0 и растянем её до некоторой длины $l > l_0$ (рис. 22.1). Экспериментально установлено, что величина силы упругости при этом равна:

$$F_{упр} = kx, \qquad (22.1)$$

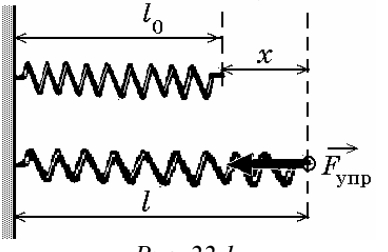


Рис. 22.1

где $x = (l - l_0)$ – величина деформации (удлинение) пружины, а k – *коэффициент жёсткости* (или просто жёсткость) пружины, зависящий от её свойств.

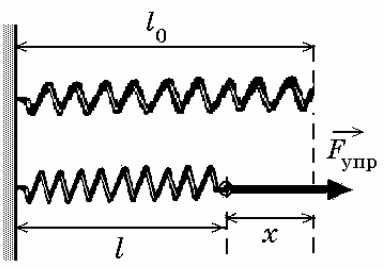


Рис. 22.2

Если пружину не растягивать, а сжимать до некоторой длины $l < l_0$ (рис. 22.2), то и в этом случае величина силы упругости пружины будет равна:

$$F_{упр} = kx,$$

где $x = (l_0 - l)$ – величина деформации (уменьшение длины).

Соотношение: $F_{упр} = kx$ экспериментально установлено английским ученым Робертом Гуком (1635–1703) и называется ***законом Гука***.

Определим ***единицу измерения k***. Из формулы (22.1) имеем:

$$k = \frac{F_{упр}}{x}.$$

Пусть $[F_{упр}]$ = Н, $[x]$ = м, тогда $[k] = \dfrac{[F_{упр}]}{[x]} = \dfrac{\text{Н}}{\text{м}}$.

Физический смысл коэффициента жёсткости пружины. Если в формуле (22.1) положить x = 1 м, то получим: $F_{упр} = k \cdot 1$ м, то есть получается, что коэффициент жёсткости пружины численно равен силе упругости пружины при деформации 1 м.

Читатель: А разве может деформация пружины быть равной одному метру?

Автор: Это смотря какая пружина. Во-первых, уточним, что соотношение $F_{упр} = kx$ справедливо только для относительно небольших *упругих* деформаций.

Читатель: А что значит упругих?

Автор: Таких, при которых растянутая или сжатая пружина, будучи предоставленной самой себе, полностью восстановит свою исходную форму. Ясно, что если длина нерастянутой пружины 1 км, то деформация в 1 м, конечно же, возможна. Но если длина пружинки 1 см, то на метр

её никак не растянешь. В этом случае слова о том, что k численно равен силе упругости при деформации x = 1 м, следует понимать так: если бы упругая деформация данной пружины x = 1 м была возможна, то значение силы упругости при такой деформации численно равнялась бы коэффициенту жёсткости данной пружины k.

Задача 22.1. Какую силу надо приложить к пружине жёсткостью k = 150 Н/м, чтобы её удлинение составило x = 0,10 м?

k = 150 Н x = 0,10 м F =?	*Решение.* Заметим, что если пружина растянута внешней силой F и находится в равновесии, это значит, что сила упругости $F_{упр}$ уравновесила внешнюю силу F, то есть их равнодействующая равна нулю. Следовательно, $F = F_{упр} = kx$, где k – коэффициент жёсткости пружины; x – деформация (удлинение) пружины (рис. 22.3).

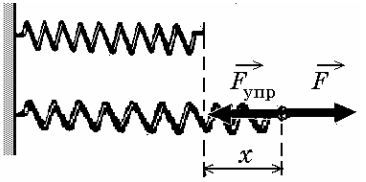


Рис. 22.3

Проверим размерность: $[F] = [k][x] = \frac{Н}{м} \cdot м = Н$.

Подставим численные значения:

$$F = kx = 150 \text{ Н/м} \cdot 0{,}10 \text{ м} \approx 15 \text{ Н}.$$

Ответ: $F = kx \approx 15$ Н.

СТОП! Решите самостоятельно: А1, А3, Б1, Б2, Б3.

Задача 22.2. В нерастянутом состоянии пружина имеет длину l_0 = 0,22 м. Какой будет длина пружины, если её растянуть силой F = 15 Н? Жёсткость пружины k = 180 Н/м.

l_0 = 0,22 м F = 15 Н k = 180 Н l = ?	*Решение.* Удлинение пружины равно: $x = l - l_0$. (1) По закону Гука $F = kx$. (2)

Подставим x из уравнения (1) в уравнение (2), получим:

$$F = k(l - l_0). \quad (3)$$

Из уравнения (3) найдём l:

$$F = k(l - l_0) \Rightarrow \frac{F}{k} = l - l_0 \Rightarrow l = l_0 + \frac{F}{k}.$$

Проверим размерность:

$$[l] = [l_0] + \frac{[F]}{[k]} = \text{м} + \frac{\text{Н}}{\text{Н/м}} = \text{м} + \text{м} = \text{м}.$$

Подставим численные значения:

$$l = l_0 + \frac{F}{k} = 0{,}22\ \text{м} + \frac{15\ \text{Н}}{180\ \text{Н/м}} \approx 0{,}30\ \text{м}.$$

Ответ: $l = l_0 + \frac{F}{k} \approx 0{,}30$ м.

СТОП! Решите самостоятельно: Б4, В1, В2.

Задача 22.3. Под действием силы F_1 = 1,2 Н пружина растянулась на величину x_1 = 0,40 см. Какую силу F_2 надо приложить к пружине, чтобы растянуть её на величину x_2 = 1,0 см?

F_1 = 1,2 Н x_1 = 0,40 см x_2 = 1,0 см F_2 =?	*Решение.* Воспользуемся законом Гука – формулой (22.1), тогда: $F_1 = kx_1$, (1) $F_2 = kx_2$. (2)

Разделим уравнение (1) на уравнение (2), то есть левую часть уравнения (1) разделим на левую часть уравнения (2), а правую часть уравнения (1) разделим на правую часть уравнения (2) и полученные отношения приравняем (так можно делать потому, что если, например, 5 = 5 и 3 = 3, то $\frac{5}{3} = \frac{5}{3}$). Получим:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{\cancel{k}x_1}{\cancel{k}x_2}.$$

После сокращения k в правой части получим:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{x_1}{x_2}. \qquad (22.2)$$

Запомним это выражение, оно пригодится при решении задач. Воспользуемся далее свойством пропорции: произведение средних членов равно произведению крайних членов:

$$F_1 x_2 = F_2 x_1 . \qquad (3)$$

Разделив обе части уравнения (3) на x_1, получим формулу для расчета F_2:

$$\frac{F_1 x_2}{x_1} = \frac{F_2 \cancel{x_1}}{\cancel{x_1}} \Rightarrow F_2 = \frac{F_1 x_2}{x_1} .$$

Проверим размерность: $[F_2] = \dfrac{[F_1][x_2]}{[x_1]} = \dfrac{\text{Н} \cdot \cancel{\text{см}}}{\cancel{\text{см}}} = \text{Н}$.

Подставим численные значения:

$$F_2 = \frac{F_1 x_2}{x_1} = \frac{(1{,}2\ \text{Н}) \cdot (1{,}0\ \text{см})}{0{,}40\ \text{см}} \approx 3{,}0\ \text{Н}.$$

Ответ: $F_2 = \dfrac{F_1 x_2}{x_1} \approx 3{,}0$ Н.

СТОП! Решите самостоятельно: Б6, В4, В5, В7.

Задача 22.4. Если пружину жёсткостью k = 120 Н/м растянуть силой F_1 = 12 Н, её длина станет равной l_1 = = 0,32 м. Какой станет длина этой пружины, если её растянут силой F_2 = 36 Н?

F_1 = 12 Н	*Решение.* В первом случае:
k = 120 Н/м	$F_1 = k(l_1 - l_0)$. (1)
l_1 = 0,32 м	Во втором случае:
F_2 = 36 Н	$F_2 = k(l_2 - l_0)$. (2)
l_2 = ?	У нас получились два уравнения с двумя неизвестными: l_2 и l_0.

Разделим обе части каждого уравнения на k:

$$\frac{F_1}{k} = \frac{k(l_1 - l_0)}{k} \Rightarrow \frac{F_1}{k} = l_1 - l_0 . \qquad (1')$$

$$\frac{F_2}{k} = \frac{k(l_2 - l_0)}{k} \Rightarrow \frac{F_2}{k} = l_2 - l_0 . \ (2')$$

Вычтем из уравнения (2′) уравнение (1′), получим:

$$\frac{F_2}{k} - \frac{F_1}{k} = (l_2 - l_0) - (l_1 - l_0) \Rightarrow \frac{F_2}{k} - \frac{F_1}{k} = l_2 - \cancel{l_0} - l_1 + \cancel{l_0} \Rightarrow$$

$$\frac{F_2}{k} - \frac{F_1}{k} = l_2 - l_1 \Rightarrow l_2 = l_1 + \frac{F_2}{k} - \frac{F_1}{k}.$$

Проверим размерность результата:

$$[l_2] = [l_1] + \frac{[F_2]}{[k]} - \frac{[F_1]}{[k]} = \text{м} + \frac{\text{Н}}{\text{Н/м}} - \frac{\text{Н}}{\text{Н/м}} = \text{м} + \text{м} - \text{м} = \text{м}.$$

Подставим численные значения:

$$l_2 = l_1 + \frac{F_2}{k} - \frac{F_1}{k} = 0{,}32\ \text{м} + \frac{36\ \text{Н}}{120\ \text{Н/м}} - \frac{12\ \text{Н}}{120\ \text{Н/м}} \approx 0{,}52\ \text{м}.$$

Ответ: $l_2 = l_1 + \frac{F_2}{k} - \frac{F_1}{k} \approx 0{,}52$ м.

СТОП! Решите самостоятельно: Г1–Г3.

Всемирно ли тяготение?

Читатель: Мне не совсем понятно, когда говорят, что все тела притягиваются друг к другу. Разве холодильник притягивается к телевизору или, скажем, чайник к кастрюле?

Автор: Согласен с Вами. Притяжение указанных Вами тел действительно трудно заметить. Давайте разберёмся с этим вопросом.

Сначала введём понятие точечной массы: под ***точечной массой*** будем понимать тело столь малых размеров, что всю его массу можно считать сосредоточенной в точке.

При взаимодействии двух тел их можно считать точечными массами, если их размеры много меньше расстояния между ними.

Теперь сформулируем ***закон всемирного тяготения***.

Две точечные массы m_1 и m_2, расположенные на расстоянии R друг от друга, притягиваются друг к другу с силой F, равной:

$$F = G\frac{m_1 m_2}{R^2}, \qquad (22.3)$$

где G – гравитационная постоянная.

Читатель: А в каких единицах измеряется величина G?
Автор: Чтобы ответить на этот вопрос, выразим G из формулы (22.3) через остальные величины:

$$F = G\frac{m_1 m_2}{R^2} \Rightarrow FR^2 = Gm_1 m_2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow [G] = \frac{[F][R]^2}{[m_1][m_2]} = \frac{\text{Н}\cdot\text{м}^2}{\text{кг}\cdot\text{кг}} = \frac{\text{Н}\cdot\text{м}^2}{\text{кг}^2}.$$

Итак, G измеряется в $\frac{\text{Н}\cdot\text{м}^2}{\text{кг}^2}$. Численное значение этой величины составляет $G = 6{,}67\cdot 10^{-11}\,\frac{\text{Н}\cdot\text{м}^2}{\text{кг}^2}$.

Физический смысл G. Если положить в формуле (22.3) $m_1 = m_2 = 1$ кг, $R = 1$ м, то $F = G\frac{1\ \text{кг}\cdot 1\ \text{кг}}{(1\ \text{м}^2)}$. То есть G численно равна силе, с которой притягиваются две точечные массы в 1 кг каждая, расположенные на расстоянии 1 м друг от друга. И эта сила равна:

$$F = 6{,}67\cdot 10^{-11}\ \text{Н} = 0{,}000\ 000\ 000\ 0667\ \text{Н}.$$

Посудите сами, можно ли в быту заметить такую ничтожно малую силу? Силы притяжения между холодильником и телевизором, даже если они стоят рядом, – ненамного больше. (Сомневаетесь – посчитайте!)

СТОП! Решите самостоятельно: Б7, Б10, В9, В10.

Чему равна сила тяжести?

Давайте, используя закон всемирного тяготения, определим, с какой силой тело массой m притягивается к Земле, если оно лежит на земной поверхности.

Масса Земли известна: $M = 6{,}0 \cdot 10^{24}$ кг.

Радиус Земли равен: $R = 6400$ км $\approx 6{,}4 \cdot 10^6$ м.

Гравитационная постоянная: $G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}$ (Н·м^2)/кг^2.

Масса нашего тела пусть равна m.

Читатель: Подождите, но если тело находится на поверхности Земли, то расстояние от тела до Земли равно нулю!

Автор: Да, расстояние-то нуль, спору нет. Но если тело, находящееся на поверхности Земли, можно считать точечной массой, то считать точечной массой Землю в условиях данной задачи нельзя никак. Но зато Землю с достаточной степенью точности можно считать однородным шаром. *А при взаимодействии точечной массы с однородным шаром сила их притяжения будет точно такой же, как если бы вся масса шара была сосредоточена в его центре*. (Конечно, это утверждение нуждается в доказательстве. В свое время Исаак Ньютон вынужден был специально для этого разработать целый раздел математики – дифференциальное и интегральное исчисление. Но мы с Вами пока примем это на веру).

С учётом сделанного замечания вычислим силу тяжести, с которой Земля притягивает тело массой m, находящееся вблизи её поверхности:

$$F_т = G\frac{M}{R^2}m = \left(G\frac{M}{R^2}\right)m .$$

Введём обозначение:

$$g = G\frac{M}{R^2} . \qquad (22.4)$$

Тогда силу тяжести можно записать так:

$$F_т = gm . \qquad (22.5)$$

Вычислим значение коэффициента g:

$$[g] = [G] \cdot \frac{[M]}{[R]} = \frac{\text{Н} \cdot \cancel{\text{м}^2}}{\text{кг}^{\cancel{2}}} \cdot \frac{\cancel{\text{кг}}}{\cancel{\text{м}^2}} = \frac{\text{Н}}{\text{кг}};$$

$$g = \left(6{,}67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^{\,2}}\right) \cdot \frac{\left(6{,}0 \cdot 10^{24}\,\text{кг}\right)}{(6{,}4 \cdot 10^{6}\ \text{м})^2} \approx 9{,}8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}.$$

Что такое g?

Из формулы (22.5) можно получить:

$$g = \frac{F_\text{т}}{m}. \qquad (22.6)$$

Положим в формуле (22.6) m = 1 кг. Тогда $g = \frac{F_\text{т}}{1\ \text{кг}}$, то есть g численно равна силе, действующей на тело массой 1 кг вблизи поверхности Земли. Величину g = = 9,8 Н/кг ещё называют *напряжённостью гравитационного поля Земли вблизи её поверхности.*

Читатель: А что такое гравитационное поле?

Автор: Дело в том, что всякая масса (в том числе и Земля) определённым образом изменяет свойства окружающего его пространства. В результате этих не вполне понятных современной науке изменений на всякое тело, оказавшееся поблизости, начинает действовать сила тяготения. Можно сказать, что Земля создает вокруг себя НЕЧТО материальное (но невидимое и неосязаемое), которое как бы невидимыми руками хватает и притягивает к Земле любое тело, обладающее массой. Это НЕЧТО, созданное Землей, физики назвали *гравитационным полем Земли.*

А охарактеризовать «силовые возможности» этого поля можно как раз с помощью g – величины, численно равной силе, действующей на тело массой 1 кг, находящееся вблизи земной поверхности.

Заметим, что на разных планетах напряжённость гравитационного поля разная. Например, на Юпитере – самой

большой планете Солнечной системы, g = 26 Н/кг, на Венере g = 8,4 Н/кг, на Марсе g = 3,6 Н/кг, а на Луне g = 1,7 Н/кг.

Как изменяется напряжённость гравитационного поля с высотой?

Читатель: Поскольку согласно формуле (22.5) $g = G\frac{M}{R^2}$, то с увеличением расстояния от тела до центра Земли величина g будет уменьшаться. Значит, чем выше над Землей тело, тем меньше g.

Автор: Совершенно верно.

Читатель: Только у меня вопрос. Я читал, что g – это никакая не напряжённость гравитационного поля, а ускорение свободного падения, и измеряется оно не в Н/кг, а в м/с^2. Может быть, я что-то не так понял?

Автор: Вы все поняли совершенно правильно. Просто «по совместительству» g ещё и ускорение свободного падения. А почему это так, мы с Вами выясним в 9 классе.

СТОП! Решите самостоятельно: Б11–Б13, В12, В13.

Что значит: «взвесьте»?

Автор: Когда мы просим в магазине взвесить 1 кг колбасы, какую величину мы просим измерить?

Читатель: Я думаю, что массу колбасы.

Автор: Когда мы взвешиваем груз на динамометре, какую величину мы определяем?

Читатель: Силу упругости пружины.

Автор: Вот видите, не массу, а все-таки силу. А к какому телу приложена эта сила?

Читатель: К тому телу, которое мы взвешиваем.

Автор: Если сила приложена к *телу*, то почему же растягивается *пружина*?

Читатель: Дело в том, что на пружину тоже действует сила со стороны тела... Получается, что мы измеряем силу, с которой *тело действует на пружину*?

Автор: Точнее на место подвеса (рис. 22.4) И как раз эта сила называется ВЕСОМ тела. Если мы не подвесим тело, а положим его сверху (рис. 22.5), то весом будет сила, с которой тело давит на опору.

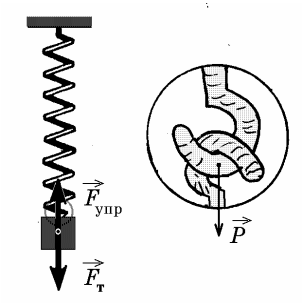


Рис. 22.4

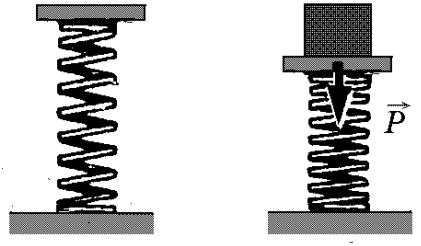


Рис. 22.5

Дадим определение ВЕСА ТЕЛА.

Весом тела называется сила, с которой тело действует на опору или подвес.

Подчеркнём ещё раз, что вес приложен не к телу, а к опоре или к подвесу.

Чему равен вес тела?

Автор: Допустим, тело массой *m* неподвижно лежит на горизонтальном столе. На него действует сила тяжести $\vec{F}_{\text{т}} = \overrightarrow{mg}$, направленная вниз. Спрашивается, почему же тело не падает вниз?

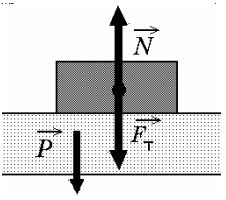


Рис. 22.6

Читатель: Так на него же действует стол силой реакции опоры $\vec{N}$, которая направлена вертикально вверх! Равнодействующая сил $\vec{N}$ и $\overrightarrow{mg}$ равна нулю, то есть $N = mg$, поэтому тело и покоится (рис. 22.6).

Автор: Но если стол действует на тело с силой $\vec{N}$, направленной вертикально вверх, то по третьему закону Ньютона и тело давит на стол с такой же по величине силой $\vec{P}$, которая называется весом тела и направлена вертикально вниз. Стало быть, $P = N$. А так как $N = = mg$, то получается, что $P = mg$.

Итак, мы с Вами выяснили, что вес тела, неподвижно лежащего на горизонтальной опоре, и по величине, и по направлению равен силе тяжести mg.

Читатель: Если вес и сила тяжести одинаковы и по величине и по направлению, то какая же между ними разница?

Автор: Сила тяжести приложена к *телу*, а вес приложен к *опоре*! И если Вы, например, уроните предмет со стола, то во время его падения сила тяжести будет действовать по-прежнему, а вот вес *исчезнет*.

Читатель: Значит, во время падения тело находится в *невесомости*?

Автор: Да, если пренебречь силой сопротивления воздуха.

СТОП! Решите самостоятельно: А8 – А10, Б14, Б15, В14.

Задача 22.5. Сила тяжести, действующая на тело, равна: $F_т = 50$ Н. Какова масса тела?

$F_т = 50$ Н $m = ?$	*Решение.* Согласно формуле (22.5) $F_т = gm$, отсюда $m = \frac{F_т}{g}$.

Проверим размерность:

$$[m]=\frac{[F_т]}{[g]}=\text{Н}:\frac{\text{Н}}{\text{кг}}=\frac{\text{Н}\cdot\text{кг}}{\text{Н}}=\text{кг}.$$

Подставим численные значения:

$$m=\frac{F_т}{g}=\frac{50\ \text{Н}}{9{,}8\ \text{Н/кг}}\approx 5{,}1\ \text{кг}.$$

Ответ: $m=\frac{F_т}{g}\approx 5{,}1$ кг.

СТОП! Решите самостоятельно: А12 (а–г), Б18 (а–г).

Задача 22.6. Определите вес золотого слитка объемом V = 10 см^3. Слиток неподвижен.

$V = 10\ \text{см}^3 = 10\cdot10^{-6}\ \text{м}^3$

P = ?

Решение. Плотность золота равна $\rho = 19{,}3\cdot10^3$ кг/м^3.

Вес слитка равен силе тяжести:

$$P = F_т = gm. \qquad (1)$$

Масса слитка равна произведению его плотности на объем:

$$m = \rho V. \qquad (2)$$

Подставляя (2) в (1), получим формулу для расчета веса:

$$P = gm = g\rho V.$$

Проверим размерность:

$$[P] = [g][\rho][V] = \frac{\text{Н}}{\text{кг}}\cdot\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}\cdot\text{м}^3=\text{Н}.$$

Подставим численные значения:

$$P = g\rho V = (9{,}8\ \text{Н/кг})\cdot(19{,}3\cdot10^3\ \text{кг/м}^3)\cdot(10\cdot10^{-6}\ \text{м}^3) =$$

$$= 1{,}891\ \text{Н} \approx 1{,}9\ \text{Н}.$$

Ответ: $P = g\rho V \approx 1{,}9$ Н.

СТОП! Решите самостоятельно: Б20 (б), Б22, Б24, В16, В20.

Сила трения

От чего зависит сила трения скольжения?

Главной причиной возникновения сил трения скольжения является шероховатость трущихся поверхностей соприкасающихся тел. Даже гладкие на вид поверхности тел имеют неровности, бугорки и царапины. На рис. 22.7,*а* эти неровности изображены в увеличенном виде.

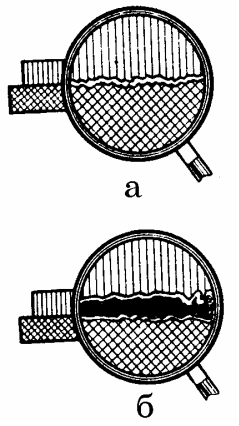


Рис. 22.7

Когда одно тело скользит по поверхности другого, эти неровности зацепляются друг за друга. Это создает силу, препятствующую движению. Силу трения скольжения можно уменьшить во много раз, если ввести между трущимися поверхностями *смазку*. Слой смазки (рис. 22.7,*б*) разъединяет поверхности трущихся тел. В этом случае соприкасаются не поверхности тел, а слои смазки. Смазка же в большинстве случаев жидкая, а трение слоев жидкости меньше, чем твёрдых поверхностей. Например, при скольжении коньков по льду малое трение объясняется действием смазки: между коньками и льдом образуется тонкий слой воды.

Итак, сила трения зависит от свойств трущихся поверхностей: от того, насколько они шероховаты и есть ли между ними смазка. Кроме того, сила трения скольжения зависит от веса передвигаемого тела. Ясно, что чем тяжелее тело, тем бóльшая сила трения препятствует его передвижению: одно дело передвинуть стул, другое дело — шкаф.

Бывает ли так, что сила трения помогает движению тела?

Оказывается, бывает! Рассмотрим такой житейский пример: поезд трогается с места, а на столике в купе лежит коробок спичек. Коробок спичек тоже вместе с поездом набирает скорость относительно земли. Спрашивается: какая сила разгоняет коробок?

Ясно, что ни сила тяжести, ни сила реакции опоры на это

«не способны», потому что, во-первых, они направлены по вертикали, а коробок разгоняется в горизонтальном направлении, а во-вторых, их равнодействующая равна нулю. Так вот, оказывается, что разгоняет коробок сила трения покоя. Не будь этой силы, коробок при разгоне поезда начал бы скользить в обратную сторону (рис. 22.8).

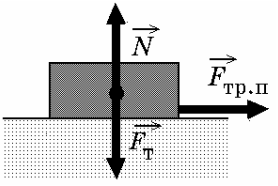


Рис. 22.8

Помогает ли трение при ходьбе?

Автор: Как Вы считаете, зачем зимой дворники посыпают пешеходные дорожки песком?

Читатель: Я думаю, для того, чтобы увеличить силу трения подошв обуви об асфальт. Зимой бывает гололёд, а сила трения ботинок о лёд очень маленькая.

Автор: Верно. Значит, дворники понимают, что чем больше будет сила трения, тем легче пешеходам будет двигаться, то есть большое трение помогает (а не мешает!) нашему с Вами ежедневному движению — ходьбе. Дело в том, что при ходьбе на стопу человека (как и на спичечный коробок в вагоне поезда) действует *сила трения покоя* со стороны поверхности земли. Ведь в тот момент, когда стопа отталкивается от земли, подошва *неподвижна* относительно земли. Если бы этой силы трения не было, то лучшее, что мог бы сделать человек при ходьбе, — это перебирать ногами, оставаясь на месте. В худшем случае он бы просто поскользнулся и упал (как чаще всего и бывает на скользком месте).

Помогает ли трение движению автомобиля?

Конечно! Ведь неслучайно же дворники посыпают зимой песком не только пешеходные дорожки, но и проезжую часть. Колёсо автомобиля своей нижней частью *сцепляется* с землёй так же, как стопа человека при отталкивании от земли. Сила, которая толкает колёса автомобиля, — это сила трения *покоя*. Особенно наглядна неподвижность нижней части колеса, когда смотришь не на колесо, а на гусеницу ка-

кого-нибудь гусеничного механизма: трактора, вездехода, танка и т.п. Нижняя часть гусеницы всегда неподвижна относительно земли, хотя сам механизм движется (рис. 22.9). Если же сцепки с грунтом нет, колёса будут проскальзывать: то есть колёса будут вращаться (двигатель исправно работает), а машина будет стоять на месте. Так бывает, например, когда машина буксует в грязи.

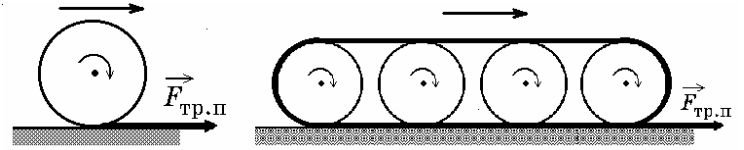


Рис. 22.9

Заметим, что сила трения покоя действует только на *ведущие* колёса, то есть на те, которые соединены с двигателем. На неведущие колёса действует только сила трения качения.

СТОП! Решите самостоятельно: А15, А16, Б27–Б29, В21, В23, В28.

Задача 22.7. На тележке лежит брусок. К бруску приложена некоторая сила $\vec{F}$. Укажите все силы, приложенные к бруску и к тележке, если брусок скользит по тележке, а тележка движется вправо (рис. 22.10).

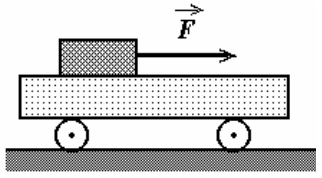


Рис. 22.10

Читатель: По-моему, на брусок действуют сила тяжести $\overrightarrow{mg}$ и сила нормальной реакции $\vec{N}$, а на тележку — сила тяжести $\overrightarrow{mg}$ и две силы нормальной реакции $\vec{N}_1$ и $\vec{N}_2$, которые приложены к колёсам тележки (рис. 22.11,*а*).

Автор: А где же у Вас *вес* бруска?

Читатель: Ах, да! На тележку ещё действует вес – сила $\vec{P}$, с которой брусок давит на тележку (рис. 22.11,*б*).

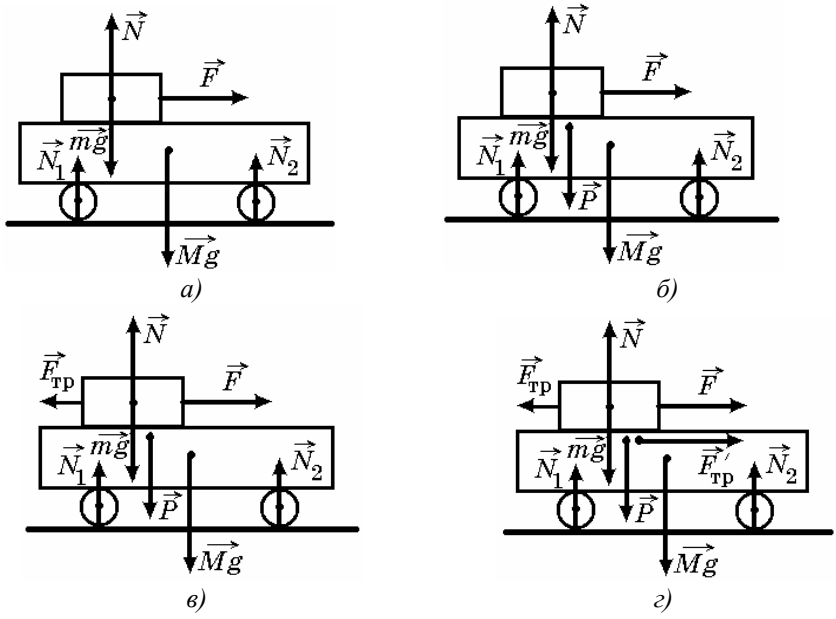


Рис. 22.11

Автор: Хорошо, но если брусок скользит по тележки, должна быть, наверное, и сила трения?

Читатель: Согласен. На брусок ещё действует сила трения $\vec{F}_{тр}$ (рис. 22.11,*в*).

Автор: Но если тележка действует на брусок силой $\vec{F}_{тр}$, то по третьему закону Ньютона и брусок действует на тележку с такой же по величине силой, на направленной в противоположную сторону.

Читатель: Вы хотите сказать, что на тележку действует сила $\vec{F}'_{тр}$, направленная вправо (рис. 22.11,*г*)?

Автор: Конечно! И именно сила $\vec{F}'_{тр}$ приводит в движение тележку. Если эту силу устранить, то брусок будет скользить по тележке, а сама тележка не сдвинется с места. Итак, мы с Вами выяснили, что на брусок действуют четы-

ре силы: $\vec{F}$, $\overrightarrow{mg}$, $\vec{N}$ и $\vec{F}_{тр}$, а на тележку – пять сил: $\overrightarrow{mg}$, $\vec{N}_1$, $\vec{N}_2$, $\vec{P}$ и $\vec{F}'_{тр}$.

Так что же такое сила?

Автор: Мы уже довольно долго ведём разговор о *силах*, а что такое *сила*, мы ведь так и не сказали. Давайте попробуем ответить на вопрос: что такое сила?

Читатель: По-моему, сила – это физическая величина, которая имеет величину и направление и характеризует меру взаимодействия тел.

Автор: Что же, совсем неплохая формулировка.

СТОП! Решите самостоятельно: Б33, В31, В32, В34, Г11, Г12, Д5.

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

Задачи очень лёгкие

А1. Под действием какой силы сокращается пружина при изменении нагрузки (рис. 22.12).

А2. Если нить в точке *А* оборвется, то под действием какой силы сократится пружина (рис. 22.13)?

А3. Какую силу нужно приложить к пружине с коэффициентом жёсткости k = 200 Н/м, чтобы растянуть её на x = = 0,10 м?

А4. Каждый из двух стеклянных шаров, что лежат на столе, не касаясь друг друга, взаимодействует со столом. Взаимодействуют ли они между собой?

А5. Действует ли сила тяжести на водоросли, которые растут на дне водоёма?

А6. Действует ли сила тяжести на летящего в воздухе стрижа?

А7. При колебательном движении шарик, подвешенный к пружине, периодически оказывается в положениях *а*, 0, *б* (рис. 22.14). Взаимодействием каких тел вызывается движение шарика вниз; вверх?

А8. Что измеряет динамометр на рис. 22.15? Каково его показание?

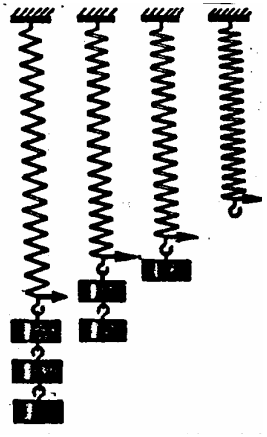


Рис. 22.12



Рис. 22.13

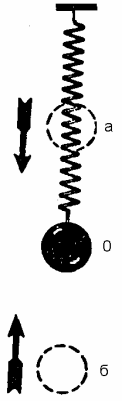


Рис. 22.14

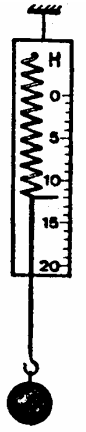


Рис. 22.15

А9. На пружину подвесили груз весом P = 5 Н. Какова величина силы упругости, возникшей в пружине? Объясните, почему вы так считаете?

А10. Свинцовый шар висит на прочной нити и действует на неё с силой F = 30 Н. Как называется эта сила? К чему она приложена? Больше она или меньше силы тяжести?

А11. Есть ли вес у дерева, растущего во дворе?

А12. Найдите силу тяжести, действующую на следующие тела: а) на человека массой m_1 = 50 кг; б) на щенка массой m_2 = 5 кг; в) на муху массой m_3 = 0,1 г; г) на самолёт ТУ-154 массой m_4 = 98 т вблизи поверхности Земли.

А13. Чему равна сила тяжести, действующая на зайца, волка, медведя, носорога, слона, если их массы соответственно равны: а) m_1 = 6,0 кг; б) m_2 = 40 кг; в) m_3 = 400 кг; г) m_4 = 2,0 т; д) m_5 = 4,0 т?

А14. Зачем некоторые мастера смазывают мылом шуруп перед ввинчиванием его в скрепляемые детали?

А15. Зачем стапеля, по которым судно спускают в воду, обильно смазывают?

А16. Почему после дождя грунтовая дорога скользкая?

Задачи лёгкие

Б1. Какую силу следует приложить к пружине жёсткостью k = =2,0 тс/мм, чтобы растянуть её на x = 2,0 см?

Б2. Пружину жёсткостью k = 100 Н/м растянули с силой F = =2,00 Н. Определите удлинение пружины.

Б3. Пружину растянули силой f = 2,0 кгс на x = 2,0 мм. Определите коэффициент жёсткости пружины.

Б4. Пружина жёсткостью k = 200 Н/м в нерастянутом состоянии имеет длину l_0 = 30,0 см. После того как к пружине приложили некоторую силу F, её длина стала равной l = =31,4 см. Определите величину силы F.

Б5. Пружина динамометра под действием силы F_1 = 400 гс удлинилась на x_1 = 5,0 мм. Определите силу, под действием которой эта пружина удлиняется на x_2 = 16,0 мм.

Б6. Пружина динамометра под действием силы F_1 = 4,0 Н удлинилась на x_1 = 50 мм. Определите вес груза, под действием которого пружина удлиняется на x_2 = 8,0 мм.

Б7. Между какими двумя из трех шаров, сделанных из одного и того же вещества (рис. 22.16), сила тяготения наибольшая?

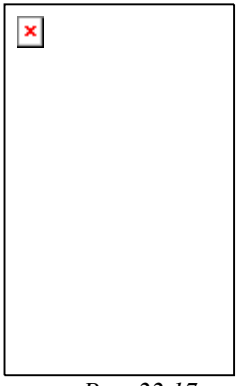


Рис. 22.17

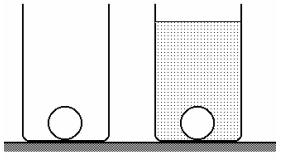


Рис. 22.18



Рис. 22.16

Б8. Чем можно объяснить отклонение отвеса от вертикального положения (рис. 22.17)?

Б9. Действует ли сила тяготения между космонавтом и Землей, когда космонавт, как говорят, находится в состоянии невесомости?

Б10. Между двумя телами действует сила всемирного тяготения. Увеличится или уменьшится эта сила, если расстояние между телами увеличить?

Б11. Одинаковая ли сила тяжести действует на одинаковые шары, один из которых находится в воде (рис. 22.18)?

Б12. Если поднимать тело над поверхностью Земли на расстояния, сравнимые с радиусом Земли, то что будет происходить с величиной силы тяжести? Ответ обосновать.

Б13. Гирю перенесли с поверхности Земли на поверхность Луны. Изменилась ли при этом масса гири? Изменилась ли сила тяжести, действующая на гирю на Луне по сравнению с земной?

Б14. Тело массой m = 10 кг перенесли с поверхности Земли на Луну. Изменился ли вес тела по сравнению с его весом на Земле? Почему?

Б15. Тело массой m = 15 кг поместили на Луну. Изменилась ли масса тела? Его сила тяжести? Каким стал вес тела по сравнению с «лунной» силой тяжести?

Б16. Брусок давит на поверхность стола с силой F = 50 Н. Как называется эта сила? Больше она или меньше, чем сила тяжести бруска? Какова масса этого бруска?

Б17. Автомобиль имеет массу m = 1,5 т и стоит на горизонтальной поверхности дороги. Каков вес этого автомобиля? К чему он приложен?

Б18. Найдите массу тела, если вблизи поверхности Земли на него действует сила тяжести: а) F_1 = 500 Н; б) F_2 = 80 Н; в) F_3 = 2,5 кН; г) F_4 = 0,8 Н.

Б19. Масса бензина во время поездки автомобиля уменьшилась на m = 20 кг. На сколько уменьшился общий вес автомобиля?

Б20. Рассчитайте, что покажет динамометр, если на него подвесить груз: а) массой m = 2,0 кг; б) из свинца объемом V = 200 см^3.

Б21. Найдите силу тяжести, действующую на железную отливку объёмом V = 20 дм^3.

Б22. Определите вес алюминиевого цилиндра объёмом V = =200 см^3, подвешенного на прочной нити. К чему приложен его вес?

Б23. Какой из шаров имеет самый маленький вес; самый большой (см. рис. 22.19)? Одинакова ли плотность веществ, из которых изготовлены шары?

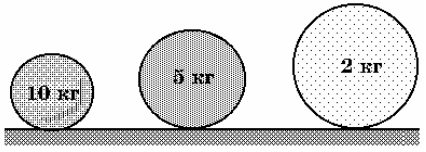


Рис. 22.19

Б24. В бидон массой m = 1 кг налили V = 5 л керосина. Какую силу нужно приложить, чтобы приподнять бидон?

Б25. Сколько весит керосин объёмом V = 18,75 л?

Б26. Сколько весит бензин объёмом V = 25 л?

Б27. На какое тело – движущееся по льду или по гравию — при прочих равных условиях действует бóльшая сила трения? Что в этом случае означают слова «при прочих равных условиях»?

Б28. В каком случае на доску действует бóльшая сила трения: когда её тащат по поверхности земли или катят, подложив катки, при прочих равных условиях? Что в этом случае означают слова «при прочих равных условиях»?

Б29. На какое тело действует бóльшая сила трения: имеющее вес P_1 = 5 Н или P_2 = 10 Н при прочих равных условиях? Что, по-вашему, в этом случае означают слова «при прочих равных условиях»?

Б30. Подъёмный кран поднимает контейнер весом P = 5 кН. На некоторой высоте контейнер останавливается. Изобразите силы, действующие на контейнер в этот момент времени, и сравните их по величине. Найдите равнодействующую этих сил.

Б31. Изобразите схематично Землю и Луну. Отметьте на этом рисунке силы всемирного тяготения, которые действуют между этими телами. Как направлены эти силы? К каким телам они приложены? Что можно сказать о величине этих сил?

Б32. Рассмотрите рис. 22.20. С какими телами взаимодействуют грузы? Какие силы на них действуют? Чем вы можете объяснить разную величину деформации пружины? Изобразите силы, действующие на грузы, и сравните их по величине во всех случаях.

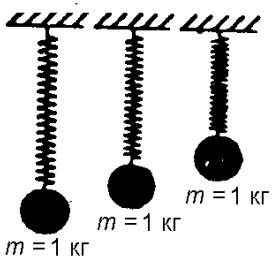


Рис. 22.20

Б33. Рассмотрите рис. 22.21. С какими телами взаимодействуют грузы? Какие силы на них действуют? Чем вы можете объяс-

нить, что под действием разных грузов пружины деформировались одинаково? Изобразите силы, действующие на груз в каждом случае, и сравните их по величине.

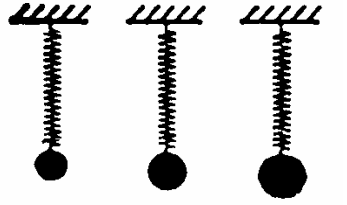


Рис. 22.21

Задачи средней трудности

В1. К пружине жёсткостью k = 2,0 кН/м, имеющей в нерастянутом состоянии длину l_0 = 20,0 см, приложили силу F = =50 Н. Какой длины стала пружина?

В2. К пружине жёсткостью k = 500 кгс/м приложили силу F = =20 кгс, после чего длина пружины стала равна l = 42 см. Определите длину пружины в нерастянутом состоянии.

В3. Пружину растянули силой F = 200 гс. В нерастянутом состоянии длина пружины l_0 = 20,0 см, в растянутом l = =31,2 см. Определите жёсткость пружины.

В4. Резиновый жгутик при нагрузке F_1 = 10 кгс удлинился на x = 4,0 мм. Определите удлинение жгутика при нагрузке F_2 = 30 кгс.

В5. Под действием силы F_1 = 320 Н пружина амортизатора сжалась на x_1 = 9,0 мм. На сколько миллиметров сожмётся пружина при нагрузке F_2 = 1,60 кН?

В6. Мальчик измерял длину пружины при подвешивании к ней грузов разного веса. Когда пружина недеформирована, её длина равна l_0 = 15 см. Он получил результаты, приведённые в таблице. Постройте график зависимости величины деформации пружины от нагрузки. Можно ли по этому графику определить величину деформации при нагрузке 5 Н? А длину пружины?

Вес груза, Н	2	4	6	8
Длина пружины, см	16	17	18	19

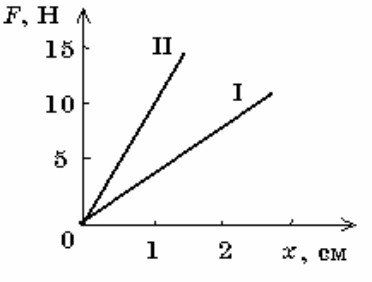


Рис. 22.22

В7. На рис. 22.22 приведены графики зависимости величины силы упругости от величины деформации для двух пружин. Какую из пружин — I или II – надо растянуть на бóльшую длину, чтобы величина силы упругости пружин была одинаковой?

В8. На рис. 22.22 приведены графики зависимости величины силы упругости для двух пружин от величины деформации. На какую из пружин — I или II — надо подвесить груз большего веса, чтобы величина деформации пружин была одинаковой?

В9. Между двумя телами действует сила всемирного тяготения. Если массу одного тела увеличить, например, вдвое, а расстояние между телами сохранить прежним, то изменится ли сила тяготения между ними? Если изменится, то как?

В10. Что нужно сделать, чтобы увеличить силу тяготения между телами?

В11. Пусть между двумя деревянными шарами, что лежат на столе, действует сила тяготения равная F. Изменится ли численное значение этой силы, если между шарами поместить массивный экран?

В12. Экваториальный радиус Земли больше полярного. Одинаковой ли будет сила тяжести, действующая на гирю массой m = 1 кг вблизи поверхности Земли на полюсе и экваторе? Где больше?

(Экваториальный радиус **–** это расстояние от центра Земли до её поверхности на экваторе, а полярный – расстояние от центра Земли до её поверхности на полюсе.)

В13. В одинаковых ли направлениях относительно друг друга движется капля дождя, что идёт над Невой, и капля дождя над Днепром? (Над реками погода безветренная.)

В14. Предположим, что весы установлены на Луне. На левую чашу этих весов положили тело, вес которого, определённый пружинными весами в земных условиях, равен P_1 = 10 Н. На правую чашу положили тело, взвешенное теми же пружинными весами

на Луне. Его вес оказался равным тоже P_2 = 10 Н. Будут ли весы находиться в равновесии?

В15. Определите, во сколько раз сила тяжести, действующая на спортивный диск, больше силы тяжести, действующей на футбольный мяч. Масса диска m_1 = 2 кг, масса мяча m_2 = =0,4 кг.

В16. Определите вес дубового бруска по размерам, указанным (в мм) на рис. 22.23. Плотность дуба ρ = 0,80 г/см^3.

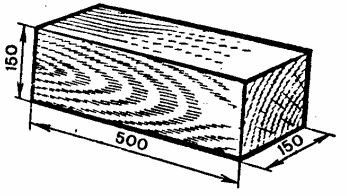


Рис. 22.23

В17. С какой силой растянута пружина, к которой подвесили прямоугольный брусок из латуни размерами: a = 10 см, b = 8,0 см, c = 5,0 см?

В18. На какой из двух одинаковых по размерам брусков действует бóльшая сила тяжести и во сколько раз (рис. 22.24)?

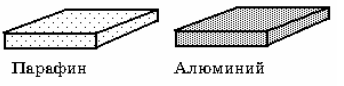


Рис. 22.24

В19. Стальной и пробковый шары имеют одинаковые размеры. Сравните силы тяжести, действующие на них. Плотность пробки ρ = 0,24 г/см^3.

В20. Какого объёма алюминиевый брусок, надо взять, чтобы действующая на него сила тяжести вблизи поверхности Земли была равна $F_т$ = 270 Н?

В21. Зачем в гололедицу тротуары посыпают песком?

В22. Зачем зимой задние колёса некоторых грузовых автомобилей перевязывают цепями?

В23. Зачем на шинах автомашин, колёсных тракторов делают глубокий рельефный рисунок (протектор)?

В24. Назовите одну–две детали велосипеда, изготовленные с учетом увеличения силы трения скольжения.

В25. Какой вид трения возникает при движении карандаша в случаях, указанных на рис. 22.25? Куда направлена сила трения, действующая на карандаш: в случае *а*, в случае *б*?

В26. Зубья пилы разводят в разные стороны от плоскости пилы. На рис. 22.26 показаны пропилы, сделанные неразведенной и разведенной пилами. Какой пилой труднее пилить: разведённой или неразведённой? Почему?

В27. Приведите примеры, когда трение приносит пользу и когда вред.

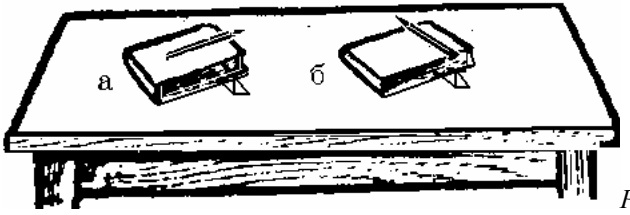


Рис. 22.25

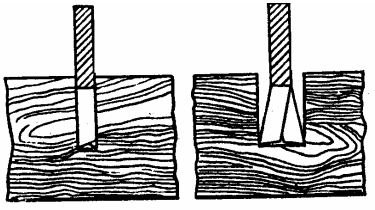


Рис. 22.26

В28. Тележка с ускорением движется вправо (рис. 22.27). Какая сила приводит в движение груз, поставленный на неё? Куда направлена эта сила?

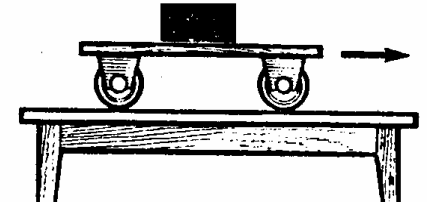


Рис. 22.27

В29. Тележка с грузом движется ускорением (см. рис. 22.27). Какой вид трения возникает между: а) столом и колёсами; б) грузом и тележкой; в) осями колёс и корпусом тележки?

В30. На транспортере равномерно движется ящик с грузом (без скольжения). Куда направлена сила трения покоя, действующая на ящик, когда ящик: а) поднимается; б) движется горизонтально; в) опускается?

В31. Брусок *1* лежит на бруске *2* (рис. 22.28). Изобразите все силы, действующие на каждый брусок.

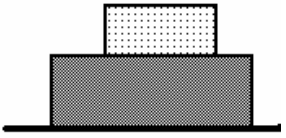


Рис. 22.28

В32. Брусок двигают вправо (рис. 22.29). Куда направлена сила трения скольжения, действующая: а) на брусок; б) на поверхность, по которой движется брусок?



Рис. 22.29

В33. На полке в железнодорожном вагоне, движущемся с ускорением прямолинейно, лежит чемодан. Как направлена сила трения, действующая на чемодан со стороны полки?

В34. Почему кирпичи не скатываются вниз (рис. 22.30)? Какая сила удерживает их в состоянии покоя? Изобразите силы, действующие на кирпичи.

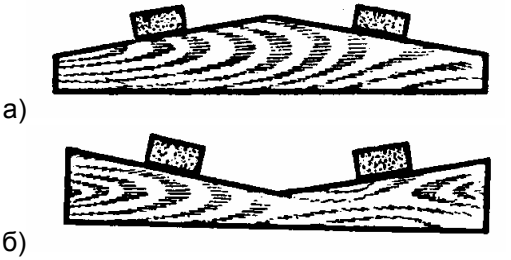


Рис. 22.30

Задачи трудные

Г1. Когда пружину жёсткостью k = 100 Н/м растянули силой F_1 = 1,0 Н, её длина стала равной l_1 = 21,2 см. Какой станет длина пружины, если её растянуть с силой F = 2,0 Н?

Г2. Если пружину растянуть с силой F_1 = 10 Н, её длина станет равной l_1 = 21,5 см, а если с силой F_2 = 20 Н, то l_2 = =22,0 см. Определите коэффициент жёсткости пружины.

Г3. Пружину жёсткостью k = 100 Н/м растянули силой F = = 1,0 Н, после чего её длина увеличилась и стала равной l_1 = 0,21 м.

С какой силой следует растянуть эту же пружину, чтобы её длина стала равной l_2 = 0,32 м?

Г4. Пружина длиной l_0 = 13 см при нагрузке F_1 = 200 гс удлинилась на x_1 = 8 мм. Определите длину пружины при нагрузке F_2 = 1,2 кгс.

Г5. Какой угол составляют направления сил тяготения, действующих между самолётом и Землей на Северном полюсе и самолётом и Землей над Санкт-Петербургом. (Город Санкт-Петербург находится на широте 60°.)

Г6. Рассмотрите рис. 22.31 и укажите, к чему приложен и как направлен вес изображённых на нем тел.

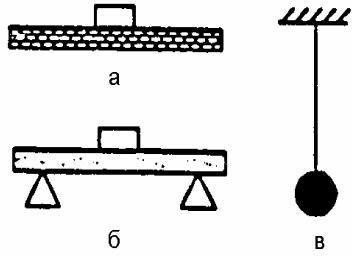


Рис. 22.31

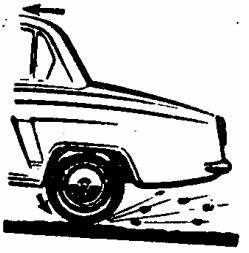


Рис. 22.32

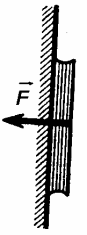


Рис. 22.33

Г7. В начале подъёма в лифте высотного здания человек ощущает, что его прижимает к полу лифта. Меняются ли при этом: а) масса человека; б) сила тяжести, действующая на человека; в) вес человека?

Г8. Известно, что на Луне на тело массой m_1 = 1 кг действует сила тяжести, равная F_1 = 1,62 Н. Определите, чему будет равен на поверхности Луны вес человека, масса которого m_2 = 75 кг.

Г9. Доска лежит горизонтально на двух опорах, расположенных под её концами. На середине доски стоит гиря. Какие силы действуют: а) на эту гирю; б) на доску; в) на каждую из опор?

Г10. Колёсо автомобиля буксует (рис. 22.32). Куда направлена сила трения скольжения между буксующим колесом и дорогой, действующая на: а) колёса; б) дорогу? Куда направлена сила упругости дороги?

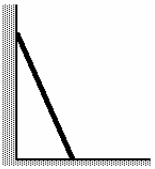


Рис. 22.34

Г11. Книга прижата к вертикальной поверхности (рис. 22.33). Изобразите графически направления сил тяжести и трения покоя, действующих на книгу.

Г12. Лестница у стены занимает положение, изображённое на рис. 22.34. Укажите направление силы трения в местах соприкосновения лестницы со стеной и полом.

Задачи очень трудные

Д1. Если пружину растянуть силой F_1 = 1,0 Н, то её длина станет равной l = 0,210 м, а если силой F_2 = 2,0 Н, то l_2 = =0,220 м. Какова длина пружины в нерастянутом состоянии?

Д2. На левой чаше весов находится широкий сосуд с водой, на правой — штатив с прикреплённой к нему пружиной. К нижнему концу пружины подвешена стеклянная пластинка (рис. 22.35). Весы привели в равновесие. Нарушится ли равновесие весов, если пружину растянуть так, чтобы пластинка соприкоснулась с водой и силами молекулярного взаимодействия стала удерживаться у поверхности воды?

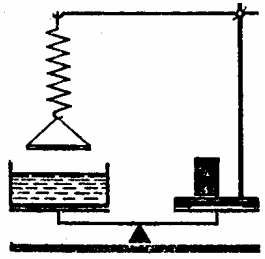


Рис. 22.35

Д3. Мальчик утверждает, что вес однородно заполненного портфеля не превышает P = 40 Н. Как с помощью нитей и динамометра с пределом измерения F = 20 Н проверить, не ошибается ли мальчик?

Д4. Мальчик тянет за собой на веревке сани. Нарисуйте все силы, действующие на сани и на мальчика.

Д5. Тележку тянут по горизонтальной поверхности с некоторой силой $\vec{F}$. На тележке лежит брусок (рис. 22.36). Укажите все силы, действующие на тележку и на брусок. Брусок неподвижен относительно тележки. Тележка ускоряется.

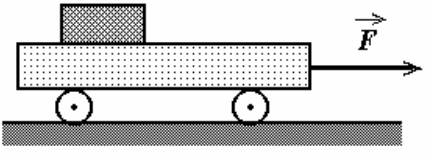


Рис. 22.36

ОТВЕТЫ

§ 2

А1. а) $t = \frac{s}{v}$, б) $v = \frac{s}{t}$.

А2. а) $m = \frac{M}{n}$; б) $m = \frac{M}{n}$.

А3. а) $n = \frac{S}{S_0}$; б) $S_0 = \frac{S}{n}$.

А4. а) $m_2 = \frac{F_2}{g}$; б) $g = \frac{F_2}{m_2}$.

А5. а) $N = \frac{A}{t}$; б) $t = \frac{A}{N}$.

А6. а) $F = \frac{N}{v}$; б) $v = \frac{N}{F}$.

А7. а) $\eta = \frac{A_п}{A_з}$; б) $A_з = \frac{A_п}{\eta}$.

А8. а) $F = \frac{A}{l}$; б) $l = \frac{A}{F}$.

А9. а) $a = \frac{S}{b}$; б) $b = \frac{S}{a}$.

А10. $D = \frac{l}{\pi}$.

А11. $x = ab$.

А12. $m = \rho V$.

А13. $s = vt$.

А14. $M = mn$.

А15. $S = S_0 n$.

А16. $F_т = mg$.

А17. $A = Nt$.

А18. $A_1 = S_1 f_1$.

А19. $A = Ph$.

А20. а) $m_л = M - m_в$;
б) $m_в = M - m_л$.

А21. а) $v_1 = V - v_2$;
б) $v_2 = V - v_1$.

А22. а) $x = m_1 - m$;
б) $m = m_1 - x$.

А23. а) $h_1 = x - h_2$;
б) $h_2 = x - h_1$.

А24. а) $P_в = P_а - P_с$;
б) $P_с = P_а - P_в$.

А25. $d = D - 2a$.

А26. а) $l_1 = l - l_2$;
б) $l_2 = l - l_1$.

А27. а) $S_1 = S - S_2$;
б) $S_2 = S - S_1$.

А28. $M = m_а + m_с$.

А29. $D = c + d$.

А30. $R = F_2 + F_1$.

А31. $l_1 = \Delta l + l_0$.

А32. $h_x = h_0 + x$.

А33. $t_к = \Delta t + t_н$.

А34. $m_р = m_в + m_к$.

А35. $h = H + S$.

Б1. а) $S = \frac{V}{H}$; б) $H = \frac{V}{S}$.

Б2. $n = \frac{S}{a^2}$.

Б3. а) $\tau_0 = \frac{\tau}{n}$; б) $n = \frac{\tau}{\tau_0}$.

Б4. а) $u = \frac{\Delta s}{\tau}$; б) $\tau = \frac{\Delta s}{u}$.

Б5. а) $\rho = \frac{M}{V}$; б) $V = \frac{M}{\rho}$.

Б6. а) $v = \frac{V}{n}$; б) $n = \frac{V}{v}$.

Б7. а) $m = \frac{P}{g}$; б) $g = \frac{P}{m}$.

Б8. а) $k = \frac{F}{\Delta l}$; б) $\Delta l = \frac{F}{k}$.

Б9. а) $k_1 = \frac{F}{x_1}$; б) $x_1 = \frac{F_1}{k_1}$.

Б10. а) $p = \frac{F}{S}$; б) $S = \frac{F}{p}$.

Б11. $m = \frac{\pi\rho d^2 h}{2}$.

Б12. а) $N = \frac{mgh}{t}$; б) $t = \frac{mgh}{N}$.

Б13. а) $F = \frac{mgh}{S}$; б) $S = \frac{mgh}{F}$.

Б14. а) $P_1 = \frac{P_2 l_2}{l_1}$; б) $l_1 = \frac{P_2 l_2}{P_1}$.

Б15. а) $m = \frac{2F\eta}{g}$; б) $g = \frac{2F\eta}{m}$.

Б16. а) $m_2 = \frac{m_1 v_1}{v_2}$;

б) $v_2 = \frac{m_1 v_1}{m_2}$.

Б17. а) $F_1 = \frac{F_2 x_2}{x_1}$;

б) $x_1 = \frac{F_2 x_2}{F_1}$.

Б18. а) $S_2 = \frac{S_1 h_1}{h_2}$;

б) $h_2 = \frac{S_1 h_1}{S_2}$.

Б19. а) $v = \frac{2\pi R}{t}$; б) $t = \frac{2\pi R}{v}$.

Б20. $V = Sc$.

Б21. $l = vt$.

Б22. $l_0 = \tau v$.

Б23. $v = Sl$.

Б24. $v_0 = Sd$.

Б25. $A_п = A_з\eta$.

Б26. $l = \pi d$.

Б27. $l_1 = l_2 k$.

Б28. а) $v = \frac{s_1 + s_2}{t}$;

б) $t = \frac{s_1 + s_2}{v}$.

Б29. а) $v_1 = \frac{s_1 - s_2}{t_1}$;

б) $t_1 = \frac{s_1 - s_2}{v_1}$

Б30. а) $u = \frac{x_к - x_н}{\tau}$;

б) $\tau = \frac{x_к - x_н}{u}$.

Б31. а) $v = \frac{L + l}{\tau}$; б) $\tau = \frac{L + l}{v}$.

Б32. а) $\rho = \frac{m_1 + m_2}{V}$;

б) $V = \frac{m_1 + m_2}{\rho}$.

Б33. а) $\rho_в = \frac{M_2 - M_1}{V}$;

б) $V = \frac{M_2 - M_1}{\rho_в}$.

Б34. а) $h = \frac{p_0 - p}{k}$;

б) $k = \frac{p_0 - p}{h}$.

Б35. а) $\rho = \dfrac{p_0 - p}{gh}$;

б) $g = \dfrac{p_0 - p}{\rho h}$; в) $h = \dfrac{p_0 - p}{g\rho}$.

Б36. $V = \dfrac{\Delta m}{\rho - \rho_1}$.

Б37. $\rho = \dfrac{M}{V_н - V_к}$.

Б38. $v = \dfrac{N}{F_1 + F_2}$.

Б39. $l = \dfrac{A}{F_1 + F_{тр}}$.

Б40. $S = \dfrac{A}{F - f}$.

Б41. $m = \dfrac{T + \rho Vg}{g}$.

Б42. $M = \dfrac{P - P_c}{g}$.

Б43. $\tau = \dfrac{v_2 t_в - v_1 t_в}{v_2}$.

Б44. $v = \dfrac{L + l}{\tau}$.

Б45. а) $v = \dfrac{s - u\tau}{\tau}$;

б) $u = \dfrac{s - v\tau}{\tau}$.

Б46. а) $\rho = \dfrac{m_2 - m_1}{V}$;

б) $V = \dfrac{m_2 - m_1}{\rho}$.

Б47. а) $\rho_р = \dfrac{m - \rho_c V_c}{V_р}$;

б) $V_р = \dfrac{m - \rho_c V_c}{\rho_р}$.

Б48. $\rho_л = \dfrac{\rho_в Vg - P}{Vg}$.

Б49. $h = \dfrac{p_в - p_A}{\rho g}$.

Б50. $m_2 = m_1 - \Delta m$.

Б51. $d = D - 2a$.

Б52. $S_2 = S_1 - S$.

Б53. $h_2 = h_1 - H$.

Б54. $p_н = p_к - \Delta p$.

Б55. $N_1 = N - N_2$.

Б56. $F_1 = F_2 - \Delta F$.

Б57. $t_1 = t_2 - \Delta t$.

В1. а) $a = \dfrac{m}{\rho bc}$; б) $\rho = \dfrac{m}{abc}$.

В2. а) $\rho = \dfrac{m}{\pi R^2 h}$; б) $h = \dfrac{m}{\rho\pi R^2}$.

В3. а) $n = \dfrac{m}{\rho abc}$; б) $c = \dfrac{m}{\rho nab}$.

В4. а) $\rho = \dfrac{N\tau}{gVh}$; б) $V = \dfrac{N\tau}{\rho gh}$; в)

$h = \dfrac{N\tau}{g\rho V}$.

В5. а) $\eta = \dfrac{mgh_1}{Fh_2}$; б) $F = \dfrac{mgh_1}{\eta h_2}$;

в) $h_2 = \dfrac{mgh_1}{\eta F}$.

В6. $M = \rho Sh$.

В7. а) $m_1 = \dfrac{m_2 h_2}{h_1}$;

б) $h_1 = \dfrac{m_2 h_2}{m_1}$.

В8. а) $\rho_2 = \dfrac{\rho_1 h_1}{h_2}$; б) $h_2 = \dfrac{\rho_1 h_1}{\rho_2}$.

В9. $\rho_в = \dfrac{\rho_л l_0}{l - \Delta l}$.

В10. $H = \dfrac{h\rho_0}{\rho_0 - \rho_1}$.

В11. $\rho_м = \dfrac{\rho_в V}{V + l^2 h}$.

В12. $l_2 = \dfrac{F_1 l}{F_1 + F_2}$.

В13. $F_1 = \dfrac{F_2 l_2}{l_1 - l_2}$.

В14. а) $V = \dfrac{P}{g(\rho - \rho_1)}$;

б) $g = \dfrac{P}{(\rho - \rho_1)V}$.

В15. $h = \dfrac{A}{F_A - \rho g V}$.

В16. $H = \dfrac{A}{\rho g V - P}$.

В17. $m = \dfrac{M}{n}$.

В18. $M = \dfrac{F}{g}$.

В19. $v = \dfrac{N}{F}$.

В20. $h = \dfrac{S}{a^2}$.

В21. $g = \dfrac{P}{m}$.

В22. $k = \dfrac{F}{x}$.

В23. $t = \dfrac{s}{v}$.

В24. $S_0 = \dfrac{S}{n}$.

В25. $N = \dfrac{A}{t}$.

В26. $b = \dfrac{S}{a}$.

В27. $\tau_0 = \dfrac{\tau}{n}$.

В28. $\Delta l = \dfrac{F}{k}$.

В29. $V = \dfrac{m}{\rho}$.

В30. $p = \dfrac{F}{S}$.

В31. а) $k = \dfrac{p_0 - p}{h}$;

б) $h = \dfrac{p_0 - p}{k}$.

В32. $v_1 = \dfrac{l - v_2 \tau}{\tau}$.

В33. а) $\rho = \dfrac{mg - T}{Vg}$;

б) $V = \dfrac{mg - T}{\rho g}$.

В34. $\rho = \dfrac{p_0 - p}{gh}$.

В35. а) $\rho = \dfrac{F_1 - F_2}{gSh}$;

б) $S = \dfrac{F_1 - F_2}{\rho g h}$; в) $h = \dfrac{F_1 - F_2}{\rho g S}$.

В36. $\rho_р = \dfrac{h_0\rho_в}{h_р} - \rho_л$.

В37. $S_1 = S_2 + \dfrac{v_2 l}{v_1}$.

В38. $v_2 = v_1 + \dfrac{v_1 t}{t_в}$.

В39. $F = f + \dfrac{A}{S}$.

В40. $F = \dfrac{A}{h} + \rho g V$.

В41. $v_2 = v_1 + \dfrac{v_1 \tau}{t_в}$.

В42. $\rho = \rho_1 + \dfrac{\Delta m}{V}$.

В43. а) $m = \dfrac{P}{g} - M$;

б) $M = \dfrac{P}{g} - m$.

В44. а) $F_1 = \dfrac{N}{v} - F_2$;

б) $F_2 = \dfrac{N}{v} - F_1$.

В45. $F_2 = \dfrac{F_1 l}{l_2} - F_1$.

В46. $v = \dfrac{u\tau}{t_с} - u$.

В47. $h_1 = \dfrac{\rho_1 h}{\rho_2} - h$.

В48. $v_2 = \dfrac{v_1 t}{\tau} - v_1$.

В49. $h = \Delta h + \dfrac{p}{\rho g}$.

В50. $h_2 = h_1 + \dfrac{\Delta E}{Mg}$.

В51. $\rho = \rho_1 + \dfrac{P}{gV}$.

В52. $\rho_в = \rho_п + \dfrac{F_п}{gV}$.

В53. $h_1 = h_2 + \dfrac{\Delta p}{\rho g}$.

В54. $\rho_т = \rho_в + \dfrac{T}{gV}$.

В55. $h = h_0 + \dfrac{\rho_0 h_1}{2\rho}$.

В56. $\rho_1 = \rho_2 + \dfrac{A}{Vgh}$.

В57. $\rho_в = \rho_с + \dfrac{F_п}{NVg}$.

Г1. $S = \dfrac{16A}{3\rho_в g l^2}$.

Г2. $\rho_п = \dfrac{\rho_в(l - \Delta l)}{l}$.

Г3. $\rho_к = \dfrac{\rho_в h_в + \rho_р h_р}{h}$.

Г4. $\rho_0 = \dfrac{2\rho(h - h_0)}{h}$.

Г5. $H_1 = \dfrac{\rho(2h_1 + h_2)}{\rho_0}$.

Г6. $\rho_1 = \rho - \dfrac{\Delta m}{V}$.

Г7. $f = F - \dfrac{A}{S}$.

Г8. $P = \rho_0 V g - \dfrac{A}{H}$.

Г9. $P = F_A - \dfrac{8A}{3l}$.

Г10. $\Delta h = h - \dfrac{p}{\rho g}$.

Г11. $h_1 = h_2 - \dfrac{\Delta E}{Mg}$.

Г12. $\rho_1 = \rho - \dfrac{P}{Vg}$.

Г13. $\rho_2 = \rho_1 - \dfrac{A}{Vgh}$.

Г14. $h_0 = \dfrac{\rho_0 h}{2\rho} - h.$

Г15. $h_2 = 2h_1 - \dfrac{\rho_0 H_1}{\rho}$.

Г16. $V_з = \dfrac{Mg - P}{\rho_в g} - V_с$.

Г17. $V_с = \dfrac{P - P'}{\rho g} - V_в$.

Г18. $V = \dfrac{P}{g(\rho_в - \rho_л)}$.

Г19. $\rho_в = \dfrac{F_к}{gS(H - h)}$.

Г20. $l = \dfrac{\rho_в \Delta l}{\rho_в - \rho_л}$.

Г21. $H = \dfrac{\rho_в h}{\rho_в - \rho_л}$.

Г22. $\rho_1 = \dfrac{p\rho_2}{p - p'}$.

Г23. $F_1 = \dfrac{l_2 F_2}{l_1 - l_2}$.

Г24. $v_1 = \dfrac{uv_2}{2v_2 - u}$.

Г25. $u = \dfrac{2v_2 v_1}{v_1 + v_2}$.

Г26. $\tau = \dfrac{v_1 t}{v_2 - v_1}$.

Г27. $v_1 = \dfrac{v_2 t_1}{t_1 - t}$.

Г28. $v_2 = \dfrac{3v_с v_1}{4v_1 - v_с}$.

Г29. $l = \dfrac{\rho_в \Delta l}{\rho_в - \rho_п}$.

Г30. $\begin{cases} \tau = \dfrac{l}{v}, \\ u = \dfrac{\Delta s v}{l}. \end{cases}$

Г31. $\begin{cases} v = \dfrac{l}{\tau_1}, \\ L = \dfrac{l\tau_2}{\tau_1} - l. \end{cases}$

Г32. $\begin{cases} u = \dfrac{S + x}{t_2}, \\ t_1 = \dfrac{St_2}{S + x}. \end{cases}$

Г33. $\begin{cases} g = \dfrac{F}{m}, \\ F_1 = \dfrac{m_1 F}{m}. \end{cases}$

Г34.

$$\begin{cases} P = g(\rho_с V_с + \rho_п V_п), \\ P' = g(\rho_с V_с + \rho_п V_п) - g\rho_в (V_с + V_п). \end{cases}$$

Г35. $\begin{cases} l_1 = l_0 + \dfrac{F_1}{k}, \\ l_2 = l_0 + \dfrac{F_2}{k}. \end{cases}$

Г36. $\begin{cases} N = F_1 v_1 + F_2 v_2, \\ v = \dfrac{F_1 v_1 + F_2 v_2}{F_1 + F_2}. \end{cases}$

Д1. $\rho_в = \rho_р - \dfrac{2(A_1 - A_2)}{ga^4}.$

Д2. $V = \dfrac{1}{\rho g}\left(F - \dfrac{\Delta A}{h}\right).$

Д3. $V = \dfrac{\Delta V(\rho_2 - \rho_1)}{\rho_т - \rho_1}.$

Д4. $V = \dfrac{V_1(\rho_р - \rho_в)}{\rho_г - \rho_в}.$

Д5. $x = \dfrac{\rho_р - \rho_г}{\rho_г - \rho_в}.$

Д6. $S = s\dfrac{\rho_в h}{l(\rho_п - \rho_в)}.$

Д7. $\begin{cases} V = \dfrac{M_2 - M_1}{\rho_в}, \\ \rho_x = \dfrac{(M_3 - M_1)\rho_в}{M_2 - M_1}. \end{cases}$

Д8.
$\begin{cases} v = \dfrac{m_1 - m_п}{\rho_в}, \\ v_с = \dfrac{\rho(m_2 - m_п) - \rho_в(m_1 - m_п)}{\rho_с - \rho_в}. \end{cases}$

Д9. $\begin{cases} v = \dfrac{L}{\tau_2 - \tau_1}, \\ l = \dfrac{L\tau_1}{\tau_2 - \tau_1}. \end{cases}$

Д10. $\begin{cases} l_1 = \dfrac{lF_2}{F_1 + F_2}, \\ l_2 = \dfrac{lF_1}{F_1 + F_2}. \end{cases}$

Д11. $\begin{cases} h_2 = \dfrac{Mh}{m + M}, \\ h_1 = \dfrac{mh}{m + M}. \end{cases}$

Д12. $\begin{cases} h_р = h_0 \dfrac{\rho_в}{\rho_в + \rho_р}, \\ h_в = h_0 \dfrac{\rho_р}{\rho_в + \rho_р}. \end{cases}$

Д13. $\begin{cases} V_р = \dfrac{m - \rho_с V}{\rho_р - \rho_с}, \\ V_с = \dfrac{V\rho_р - m}{\rho_р - \rho_с}. \end{cases}$

Д14. $\begin{cases} \rho = \dfrac{P_1\rho_2 - P_2\rho_1}{P_1 - P_2}, \\ V = \dfrac{P_1 - P_2}{g(\rho_2 - \rho_1)}. \end{cases}$

Д15. $\begin{cases} m_з = M\dfrac{\rho_з(\rho_к - \rho)}{\rho(\rho_к - \rho_з)}, \\ m_к = M\dfrac{\rho_к(\rho - \rho_з)}{\rho(\rho_к - \rho_з)}. \end{cases}$

§ 3

А1. а) 10^3; б) 10^4; в) 10^5; г) 10^9.
А2. а) 100; б) 1000; в) 10 000; г) 1 000 000.
А3. а) 12,3; б) 67,8; в) 78,6; г) 237,2; д) 786,3; е) 703,1.
А4. а) 0,256; б) 3,47; в) 5,64; г) 0,123; д) 0,0127; е) 0,00174.
А5. а) 65; б) 77; в) 13; г) 231; д) 314; е) 476.
А6. а) 180; б) 250; в) 2510; г) 1250; д) 1200; е) 5700.
А7. а) 123,4; б) 234,67; в) 3647,1; г) 23 724,1; д) 26 784,1.
А8. а) 0,12; б) 0,164; в) 1,23; г) 1,56; д) 1,789; е) 16,7.
А9. а) 6570; б) 8910; в) 7560; г) 6570; д) 36 400; е) 74 800.
А10. а) 123 000; б) 654 000; в) 120 000; г) 180 000; д) 20 300 000; е) 40 200 000.
А11. а) 1,23; б) 4,56; в) 12,311; г) 45,678; д) 101,112; е) 909,293.
А12. а) 0,000 456; б) 0,000 785; в) 0,001 23; г) 0,009 71; д) 0,0761; е) 0,0574.
А13. а) 1,2; б) 3,4; в) 12,1; г) 16,9; д) 134,1; е) 947,8.
А14. а) 120; б) 340; в) 1700; г) 9100; д) 12 700; е) 99 900 000.
А15. а) 12,345; б) 79,814; в) 5,4321; г) 4,1897; д) 1,101647; е) 1,201 87.
А16. а) 0,000 537; б) 0,000 371; в) 0,000 003 6; г) 0,000 032 8; д) 0,005 61; е) 0,009 24.
А17. а) 9830; б) 9100; в) 9470; г) 7670; д) 110; е) 549.

А18. а) 10^{-1}; б) 10^{-2}; в) 10^{-3}; г) 10^{-5}; д) 10^{-10}; е) 10^{-12}.
А19. а) 0,1; б) 0,0001; в) 0,000 001; г) 0,000 000 000 01. д) 0,000 000 000 000 001.
Б1. а) 10^{15}; б) 10^1; в) 10^7; г) 10^{10}.
Б2. а) 10; б) 100 000 000; в) 10 000 000 000 000; г) 1 000 000 000 000 000 000;
Б3. а) 6879,2; б) 71 936,4; в) 80 010,1; г) 10 011,01; д) 236 786,47; е) 20 020,2.
Б4. а) 0,000 001 67; б) 0,000 017 470 4; в) 0,001 001; г) 0,000 221 1; д) 0,010 01.
Б5. а) 301; б) 402; в) 30 026; г) 1011; д) 1001; е) 10 003.
Б6. а) 6000; б) 60 000; в) 601 010; г) 7 001 000; д) 601 000; е) 8 370 000.
Б7. а) 2 367 894,5; б) 6 717 894,5; в) 12 345 894,1; г) 26 784 123,6; д) 234 746,1; е) 100 010 010,1.
Б8. а) 0,001 67; б) 0,0678;

в) 0,174; г) 10,7; д) 1010,1;
е) 1001.

Б9. а) 67 500; б) 78 600;
в) 7 754 000; г) 7 891 000;
д) 7 312 000; е) 8 314 000.

Б10. а) 101 000; б) 201 200;
в) 23 600 000; г) 11 800 000;
д) 101 000 000;
е) 1 800 000 000.

Б11. а) 100,34; б) 200,47;
в) 2,607; г) 3,712;
д) 123,4731; е) 73,112 34.

Б12. а) 0,000 010 1;
б) 0,000 020 9;
в) 0,000 001 11;
г) 0,000 002 12;
д) 0,000 000 694 17;
е) 0,000 000 987 61.

Б13. а) 4,032 75; б) 3,387 98;
в) 3,040 07; г) 3,040 04;
д) 1,860 042 81;
е) 4,851 566 03.

Б14. а) 0,000 002 73;
б) 0,000 003 01;
в) 0,000 009 09;
г) 0,000 009 15;
д) 0,000 000 52;
е) 0,000 000 38.

Б15. а) 0,0761; б) 0,0518;
в) 0,009 22; г) 0,002 18;
д) 0,000 21; е) 0,000 983.

Б16. а) $6{,}28\cdot10^{8}$; б) $4{,}59\cdot10^{5}$;
в) $5{,}79\cdot10^{5}$; г) $3{,}27\cdot10^{8}$;
д) $5{,}39\cdot10^{11}$; е) $4{,}12\cdot10^{11}$;

Б17. а) $3{,}36\cdot10^{-1}$; б) $7{,}48\cdot10^{-1}$;
в) $6{,}33\cdot10^{-2}$; г) $8{,}47\cdot10^{-2}$;
д) $3{,}22\cdot10^{-3}$; е) $4{,}11\cdot10^{-3}$;
ж) $2{,}23\cdot10^{-4}$; з) $1{,}4\cdot10^{-4}$;
и) $5{,}7\cdot10^{-6}$; к) $3{,}31\cdot10^{-5}$;
л) $6{,}29\cdot10^{-10}$; м) $4{,}85\cdot10^{-10}$;

Б18 а) $1{,}6\cdot10^{1}$; б) $8{,}1\cdot10^{1}$;
в) $6{,}59\cdot10^{2}$; г) $1{,}61\cdot10^{2}$;
д) $2{,}034\cdot10^{3}$; е) $4{,}062\cdot10^{3}$;
ж) $7{,}18\cdot10^{-1}$; з) $5{,}21\cdot10^{-1}$;
и) $9{,}91\cdot10^{0}$; к) $7{,}82\cdot10^{0}$;
л) $7{,}8\cdot10^{-2}$; м) $1{,}18\cdot10^{-2}$;
н) $7{,}28\cdot10^{-3}$; о) $7{,}54\cdot10^{-3}$;
п) $3{,}439\,64\cdot10^{2}$;
р) $1{,}781\,05\cdot10^{2}$;
с) $4{,}33\cdot10^{-4}$; т) $9{,}61\cdot10^{-4}$;
у) $1{,}02\cdot10^{4}$; ф) $3{,}02\cdot10^{4}$;
х) $1{,}27\cdot10^{5}$; ц) $2{,}67\cdot10^{5}$.

В1. а) $1{,}5\cdot10^{10}$; б) $6{,}4\cdot10^{6}$;
в) $8{,}25\cdot10^{11}$; г) $1{,}61\cdot10^{13}$;
д) $1{,}73\cdot10^{19}$; е) $8{,}6\cdot10^{4}$;
ж) $8{,}7\cdot10^{1}$; з) $1{,}91\cdot10^{2}$;
и) $5{,}1\cdot10^{-2}$; к) $5{,}12\cdot10^{-2}$;
л) $1{,}001\cdot10^{-3}$; м) $1{,}86\cdot10^{-2}$;
н) $9{,}81\cdot10^{-4}$; о) $9{,}27\cdot10^{-8}$;
п) $1{,}6\cdot10^{-6}$; р) $2{,}6\cdot10^{21}$;
с) $1{,}73\cdot10^{-19}$; т) $7{,}1\cdot10^{-36}$.

§ 4

А1. а) 10^{3} м; б) 10^{5} см;
в)10^{6} мм.

А2. а) 10^{2} см; б) 10^{3}мм;
в) 10^{6} мкм.

А3. а) 10 мм; б) 10^{4} мкм;
в) 10^{7} нм.

А4. а) 10^{6} м^2; б) 10^{8} дм^2;
в) 10^{12} мм^2.

А5. а) 10^{4} см^2; б) 10^{6} мм^2;

в) 10^{12} мкм^2.

А6. а) 10^2 мм^2; б) 10^8 мкм^2;
в) 10^{14} нм^2.

А7. а) 10^{12} дм^3; б) 10^{15} см^3;
в) 10^{18} мм^3;

А8. а) 10^6 см^3; б) 10^9 мм^3;
в) 10^{18} мкм^3.

А9. а) 10^3 мм^3; б) 10^{12} мкм^3.

Б1. а)10^{-1} дм; б) 10^{-2} м;
в) 10^{-5} км.

Б2. а) 10^{-1} см; б) 10^{-2} дм;
в) 10^{-3} м.

Б3. а) 10^{-3} мм; б) 10^{-4} см;
в) 10^{-6} м.

Б4. а) 10^{-2} дм^2; б) 10^{-4} м^2;
в) 10^{-10} км^2.

Б5. а) 10^{-2} см^2; б) 10^{-4} дм^2;
в) 10^{-6} м^2.

Б6. а) 10^{-8} см^2; б) 10^{-10} дм^2;
в) 10^{-12} м^2;

Б7. а) 10^{-3} дм^3; б) 10^{-6} м^3;
в) 10^{-15} км^3.

Б8. а) 10^{-3} см^3; б) 10^{-6} дм^3;
в) 10^{-9} м^3.

Б9. а) 10^{-9} мм^3; б) 10^{-12} см^3;
в) 10^{-18} м^3.

Б10. а) $7{,}3\cdot10^2$ см; б) $7{,}3\cdot10$ дм;
в) $7{,}3\cdot10^{-3}$ км.

Б11. а) $3{,}7\cdot10$ мм;
б) $3{,}7\cdot10^{-1}$ дм; в) $3{,}7\cdot10^{-2}$ м.

Б12. а) $2{,}2\cdot10^2$ мм;
б) $2{,}2\cdot10$ см; в) $2{,}2\cdot10^{-1}$ м.

Б13. а) $7{,}5\cdot10^3$ нм;
б) $7{,}5\cdot10^{-3}$ мм; в) $7{,}5\cdot10^{-6}$ м.

Б14. а) $5{,}642\cdot10^3$ м;
б) $5{,}642\cdot10^5$ см;
в) $5{,}642\cdot10^6$ мм.

Б15. а) $1{,}5\cdot10^2$ мм^2;
б) $1{,}5\cdot10^{-2}$ дм^2;
в) $1{,}5\cdot10^{-4}$ м^2.

Б16. а) $6\cdot10^{10}$ мкм^2;
б) $6\cdot10^{16}$ нм^2; в) $6\cdot10^{-8}$ км^2.

Б17. а) $2{,}5\cdot10^6$ нм^2;
б) $2{,}5\cdot10^{-6}$ мм^2;
в) $2{,}5\cdot10^{-12}$ м^2.

Б18. а) $5{,}3\cdot10^6$ мм^3;
б) $5{,}3\cdot10^3$ см^3; в) $5{,}3\cdot10^{-3}$ м^3.

Б19. а) $2{,}5\cdot10^6$ см^3;
б) $2{,}5\cdot10^3$ дм^3; в) $2{,}5\cdot10^{-9}$ км^3.

Б20. а) $1{,}6\cdot10^9$ м^3;
б) $1{,}6\cdot10^{12}$ дм^3;
в) $1{,}6\cdot10^{15}$ см^3.

Б21. а) $1{,}5\cdot10^{-3}$ см^3;
б) $1{,}5\cdot10^{-6}$ дм^3;
в) $1{,}5\cdot10^{-9}$ м^3.

В1. а) $3\cdot10^{-1}$ км; б) $3\cdot10^4$ см;
в) $3\cdot10^5$ мм.

В2. а) $1{,}1035\cdot10$ км;
б) $1{,}1035\cdot10^6$ см;
в) $1{,}1035\cdot10^7$ мм.

В3. а) $3{,}7\cdot10^6$ м; б) $3{,}7\cdot10^7$ дм;
в) $3{,}7\cdot10^9$ мм.

В4. а) $1{,}1\cdot10^2$ мкм;
б) $1{,}1\cdot10^{-2}$ см; в) $1{,}1\cdot10^{-4}$ м.

В5. а) $5{,}4\cdot10^3$ дм^3;
б) $5{,}4\cdot10^5$ см^2;
в) $5{,}4\cdot10^7$ мм^2.

В6. а) $1{,}5\cdot10^6$ мм^2;
б) $1{,}5\cdot10^4$ см^2; в) 1,5 м^2.

В7. а) $7\cdot10^{12}$ м^2; б) $7\cdot10^{14}$ дм^2;
в) $7\cdot10^{16}$ см^2.

В8. а) $4\cdot10^4$ мкм^2;
б) $4\cdot10^{-4}$ см^2; в) $4\cdot10^{-8}$ м^2.

В9. а) $1{,}2\cdot10^{11}$ мкм^3;

б) $1{,}2\cdot10^{2}$ мм^3;
в) $1{,}2\cdot10^{-4}$ дм^3.

В10. а) $4\cdot10^{-5}$ км^3; б) $4\cdot10^{7}$ дм^3;
в) $4\cdot10^{10}$ см^3.

В11. а) $1{,}5\cdot10^{5}$ мкм^3;
б) $1{,}5\cdot10^{-7}$ см^3;
в) $1{,}5\cdot10^{-13}$ м^3.

В12. а) $1{,}25\cdot10^{-10}$ мм^3;
б) $1{,}25\cdot10^{-13}$ см^3;
в) $1{,}25\cdot10^{-19}$ м^3.

Г1. а) $2\cdot10^{2}$; б) $2\cdot10^{3}$; в) $2\cdot10^{4}$.

Г2. Да.

Г3. 100 м.

Г4. 10 км.

Г5. $2\cdot10^{9}$ с; 1000 км.

§ 5

А1. 5 см^3; от 0 до 450 см^3.

А2. а) 1 мм; б) 1 мм;
в) 0,5 см; г) 1 см.

А3. а) 10 см^3; от 0 до 180 см^3;
б) 1°; от 0 до 90°.

А4. 3,8 см.

А5. 1,0 см.

Б1. а) 1 см^3; от 0 до 100 см^3;
б) 5 см^3, от 0 до 150 см^3.

Б2. а) 0,1 см^3; от 0 до 3,5 см^3;
б) 0,5 см^3; от 0 до 4,5 см^3;
в) 20 см^3; от 0 до 700 см^3.

Б3. а) 1,7 см^3; б) 19 см^3;
в) 340 см^3.

Б4. а) 950 мл; б) 76 мл;
в) 165 мл.

Б5. 105 см^3.

Б6. 11 мин. 11 с.

Б7. 1. а) 1°; б) 1°; в) 1°; г) 0,5°;
д) 0,5°;
2. б) 34°; д) 25°;
3. а) –20°; г) –7,5°;
4. а) 22°; б) 4°;
в) 19°; д) 14°.

В1. а) 4,5 см^3; б) 130 см^3.

В2. а) 8,4 см^3; б) 10,8 см^3.

В3. а)340 см^3; б) 46 см^3.

§ 6

А1. а) $6{,}98\cdot10^{2}$; б) $4{,}79\cdot10^{-3}$;
в) $4{,}23\cdot10^{3}$; г) $7{,}63\cdot10^{-3}$;
д) $4{,}30\cdot10^{-6}$.

А2. а) $8{,}3\cdot10^{-2}$; б) $2{,}7\cdot10^{-3}$;
в) $2{,}7\cdot10^{4}$; г) $1{,}6\cdot10^{-5}$;
д) $3{,}1\cdot10^{-6}$.

А3. а) 2,2; б) 95; в) 0,96;
г) 0,098; д) 0,99; е) 0,99.

А4. а) 6; б) 1; в) 0,03; г) 0,9;
д) 0,9.

А5. а) 60 см^2; б) 0,18 м^2;
в) 37 мм^2; г) 2,04 м^2.

Б1. а) 8,0; б) $4{,}1\cdot10^{1}$;
в) $8{,}0\cdot10^{6}$; г) $7{,}0\cdot10^{16}$;
д) $1{,}0\cdot10^{-3}$.

Б2. а) $9\cdot10^{3}$; б) $9\cdot10^{-3}$; в) $1\cdot10^{7}$;
г) $1\cdot10^{2}$; д) $1\cdot10^{-5}$.

Б3. а) $1{,}2\cdot10^{2}$; б) $8{,}7\cdot10^{2}$;
в) $9{,}6\cdot10^{3}$; г) $1{,}1\cdot10^{4}$;
д) $1{,}0\cdot10^{4}$; е) $1{,}0\cdot10^{4}$.

Б4. а) $5\cdot10$; б) $6\cdot10$; в) $9\cdot10^{2}$;
г) $4\cdot10^{2}$; д) $1\cdot10^{3}$; е) $9\cdot10^{2}$.

Б5. а) 2 см; б) 2,9 см; в) 38 см;
г) 0,73 м; д) 91 мм;
е) 1,9 м.

Б6. а) 26,3 г; б) 23,4 г;
в) 23,4 г; г) 23,1 г;

д) 23,1 г; е) 126,2 г;
ж) 121,2 г;
з) 123 г; и) 1136 г.

В1. а) 25 $см^2$; б) 10 $см^2$;
в) $2{,}5 \cdot 10^3$ $см^2$;
г) $3{,}1 \cdot 10^3$ $см^2$;
д) 6,0 $см^2$; е) $1{,}4 \cdot 10^5$ $см^2$.

В2. а) $1{,}2 \cdot 10^{-2}$ м; б) 0,20 мм;
в) 8 м; г) 0,21 м;
д) $2{,}0 \cdot 10^4$ км; е) 100 мм.

В3. а) 5,0 л; б) 5 л; в) 9,5 л;
г) 9,5 л; д) 10,0 л;
е) 10,0 л; ж) 1,0 л;
з) 0,1 л; и) 0.

В4. а) 34 см; б) 4 см;
в) 2 км; г) 3,93 м;
д) 27 мм; е) 55 мм.

§ 7

А1. 81 $м^3$.
А2. 2,1 $м^3$.
А3. $4 \cdot 10^2$ $см^3$.
А4. 1,6 м.
А5. 47 см.
А6. $1{,}1 \cdot 10^2$ мм.
А7. $1{,}9 \cdot 10^2$ м.
А8. 4,5 $км^2$.
А9. $1{,}3 \cdot 10^2$ $м^2$.
А10. $2{,}0 \cdot 10^2$ $мм^2$.
А11. $1{,}2 \cdot 10^4$ $см^2$.
А12. $1{,}0 \cdot 10^3$ $см^3$.
Б1. 0,005 $м^3$.
Б2. а) 12 $см^3$; б) $9{,}39 \cdot 10^{-3}$ $м^3$;
в) 0,5 $дм^3$.
Б3. 1 $м^3$.
Б4. 0,38 м.
Б5. 8,0 м.
Б6. $3 \cdot 10^2 см^2$.
Б7. $4{,}0 \cdot 10$ $см^2$.
Б8. $1 \cdot 10^3$ $мм^3$.
Б9. $5{,}3 \cdot 10^2$ $см^3$.
Б10. $1{,}4 \cdot 10^4$ $мм^3$.
Б11. $8{,}18 \cdot 10^3$ $см^3$.
Б12. 14 $км^3$.
В1. а) $7{,}8 \cdot 10^3$ $мм^3$;
б) $1 \cdot 10^{11}$ $мм^3$; в) $1{,}7 \cdot 10^5$ $мм^3$;
г) 3,1 $мм^3$; д) $3{,}0 \cdot 10^{13}$ $мм^3$;
е) $1{,}1 \cdot 10^6$ $мм^3$; ж) $3{,}1 \cdot 10^6$ $мм^3$;
з) $1{,}1 \cdot 10^3$ $мм^3$; и) $2 \cdot 10^7$ $мм^3$.
В2. 5 $см^2$.
В3. 4 м.
В4. 2,3 $м^2$; 39 $м^3$.
В5. 10 см.
В6. 15 см.
В7. $4 \cdot 10$ $см^3$.
В8. $1{,}098 \cdot 10^{12}$ $км^3$.
В9. $4 \cdot 10^{-3}$ $мм^3$.
Г1. $2 \cdot 10$ км; $8 \cdot 10^{-5}$ $мм^2$.

§ 8

А4. Увеличится.
А7. Стекло треснет.
Б1. Да.
Б2. Да.
Б3. Нет.
Б4. Нет.
Б9. Вечером.
Б10. В правом керосин.
В1. Расстояние увеличится.
В2. Расстояние увеличится.
В3. Расстояние увеличится.
В5. Нагреть болт вместе с втулкой.
В6. Внизу медная.

В7. Увеличится.
В8. В левом сосуде уровень воды в трубке будет выше.
В12. 4°С.
Г2. Объём увеличится приблизительно на 8 $см^3$.
Г4. Время увеличится.
Г5. Сместится влево и одновременно вверх под углом 45° к поверхности подставки.

§ 9

Б6. $1 \cdot 10^{-7}$ мм.
Б7. $1 \cdot 10^{-9}$ м.
Б8. $0{,}8 \cdot 10^{-9}$ м.
В6. $1 \cdot 10^2$ $м^2$.
В7. 2 $мм^3$.

§ 13

А4. $2{,}5 \cdot 10^3$ кг.
А5. 0,025 кг.
А6. 0,250 кг.
А7. а) $1{,}1 \cdot 10^3$ г; б)...
Б5. а) 150,500 г =...
б) 225,700 г = ...
в) 30,200 г = ...
Б6. а) $4{,}5 \cdot 10^3$ кг; б)... в) 4 кг; г) ...
д) 0,025 кг.
Б7. а) 0,001 т, б)...
Б8. а) $1 \cdot 10^{-4}$ г; б)...
Б9. а) $1 \cdot 10^3$ мг; б)...
Б10. 100,080 г = ... кг.
Б11. 1)... 2)...
3) 500 мг + 200 мг + 50 мг.
Б12 Да.
В7. а) $1 \cdot 10^6$ мг; б)...
В8. а) $1{,}20 \cdot 10^{-4}$ кг; б)...
В9. а) $1 \cdot 10^{-9}$ т; б)...
В10. а) $1 \cdot 10^6$ г; б)...
В11. а) $1 \cdot 10^{-6}$ т; б)...
В12. 23,060 г = ... кг.

§14

А7. 0,700 г/$см^3$.
А8. 7,1 г/$см^3$.
А9. Цинк.
А10. 1,18 г/$см^3$.
А11. У второго.
А12. $4{,}5 \cdot 10^2$ г.
А13. $4{,}5 \cdot 10^2$ кг.
А14. На $1{,}4 \cdot 10^2$ кг.
А15. а) 3 г; б) 4,0 г;
в) $1{,}4 \cdot 10^2$ г; г) 73 г;
д) 4,5 кг; е) 5,4 г;
ж) 4,5 г; з) $2{,}3 \cdot 10^2$ г.
А16. В 3 раза.
А17. В 1,5 раза.
А18. В 2 раза.
А19. $1{,}0 \cdot 10^2$ $см^3$.
А20. $2{,}5 \cdot 10^2$ $см^3$,
А21. 0,10 л.
А22. 50 л.
А23. $5{,}0 \cdot 10^2$ $см^3$.
А24. 9,0 л.
А25. 0,200 л; 0,16 кг.
А26. 37 л.
А28. На левой.
А29. 245 $см^3$.
А30. 1,5 $см^3$.
Б1. Плотность свища больше в 1,4 раза.
Б2.Плотность ртути больше в 19 раз.
Б3. Плотность серной кислоты больше в 2,3 раза.

Б4. В 8,4 раза.
Б9. 920 кг/м^3.
Б10. 0,12 г/см^3 =
= 0,12·10^3 кг/м^3.
Б11. Сталь.
Б12. Шар полый.
Б13. Есть.
Б14. Плотности различны.
Б15. В правом сосуде.
Б16. На левой.
Б17. На левой.
Б18. Молоко – наибольшую, подсолнечное масло – наименьшую.
Б19. а) 11,3 кг; б) 0,90 кг;
в) 5,4 кг; г) 27 кг;
д) 6,75 кг; е) 10,3 кг;
ж) 27,2 кг.
Б20. 10 кг; 7,1 кг; 1,4·10^2 кг.
Б21. 64 г.
Б22. 72 т.
Б23. На 8,6 т.
Б24. У меди в 8,1 раза.
Б25. У латуни – наибольшую, изо льда – наименьшую.
Б26. Масса морской воды больше.
Б27. Серебряная.
Б28. $\frac{\rho_1}{\rho_2} = 2$.
Б29. $\frac{m_2}{m_1} = 3{,}0$.
Б30. $\frac{m_1}{m_2} = 1{,}1$.
Б31. $\frac{m_1}{m_2} = 5$.
Б32. 2,2·10^2 кг.
Б33. 28 кг; 25 кг.
Б34. 1,1·10^2 кг.
Б35. 25.
Б36. 1,2·10^2.
Б37. На 4,0·10^2 кг.
Б38. Не придется.
Б39. Да.
Б40. 1 – золото, 2 – свинец, 3 – медь, 4 – олово, 5 – алюминий.
Б41. Алюминиевая.
Б42. Из алюминия.
Б43. $\frac{V_1}{V_2} = 2$.
Б44. $\frac{V_2}{V_1} = 4$.
Б45. 1,4·10^2 г.
Б46. 1,28 кг.
Б47. 0,1 л.
Б48. 0,79 л.
Б49. 100 г.
Б50. При погружении бруска олова.
Б51. При погружении детали из алюминия.
Б52. 60,5 см^3.
Б53. 1,6 кг.
Б54. 10 г.
Б55. 291 г.
Б56. 12 г.
Б57. 6 г.
В3. Больший объём у бруска при 0°С, большая плотность при –25°С.
В6. Серебро.
В7. 4,0 г/см^3.
В8. Есть.
В9. Нет.

В10. Дуб.
В11. Есть.
В12. Латунь; 0,77 кг; 1,0 кг.
В13. а) 8,1 кг; б) $1{,}4 \cdot 10^2$ кг; в) 4,5 т.
В14. а) 35 г; б) $1{,}0 \cdot 10^2$ г.
В15. 31 см.
В16. $1{,}0 \cdot 10^2$ м.
В17. 3,1 мкм.
В18. 1,2 $м^2$.
В19. 0,18 кг.
В20. 1,0 км.
В21. 1,2 кг.
В22. $1{,}1 \cdot 10^3$.
В23. $1{,}2 \cdot 10^2$.
В24. 35.
В25. Алюминиевый стержень длиннее в 2,9 раза.
В30. 0,10 кг.
В31. 0,20 л.
В32. 2,0 л.
В33. 13,6 кг/л; ртуть.
В34. 1,8 $г/см^3$.

В35. 17 $см^3$.
В36. 63 г.
В37. 2,6 кг/л.
В38. 0,71 $г/см^3$.
В39. $1{,}1 \cdot 10^2$ г.
В40. 7,50 $г/см^3$.
В41. 62 г.
В42. 21 $г/см^3$.
В43. 0,80 $г/см^3$.
В44. 0,31 кг.
В45. 0,7 $г/см^3$.
В46. 9,70 $см^3$.
В47. 0,40 кг.
В48. 16 кг.
В49. 20 кг.
В50. 7,5 $г/см^3$.
В51. 0,40 $г/см^3$.
Г1. 2,50 $г/см^3$.
Г2. 338 г.
Г3. 0,34 кг.
Г4. 5,6 г.
Г10. 0,92 $г/см^3$.
Г11. 1,20 $г/см^3$.
Г12. 6,2 $см^3$.
Г13. 53 г.
Г14. 13 г.
Г15. 2,40 $г/см^3$.
Г16. 5,2 т.
Г17. 80 г.
Г18. 0,83 $г/см^3$.
Г19. 8,4 $г/см^3$.
Г20. $7{,}6 \cdot 10^3$ $кг/м^3$.
Г21. 8,1 $г/см^3$.
Г22. 1,1 $г/см^3$.
Д1. 41 г.
Д2. 2,8 $г/см^3$.
Д3. 3,5 $г/см^3$.
Д4. 19,5 г; 6,75 г.
Д5. 9,04 кг.
Д6. 2,4 г.
Д7. 90 г.
Д8. 0,23 кг.
Д9. 78 г.
Д10. 0,22 кг; 55 %.

§ 15

А5. 18 ч 10 мин.
Б6. 22 ч 01 мин.
Б7. 2 ч 15 мин.
Б8. 6 ч 25 мин.
В8. 6 ч 30 мин.
В9. 35 с.

§ 16

А1. 1/60**.**
А2. а) 3600; б) 60.
А3. а) 24; б) 86400.
А4. а) 1,5 мин; б) $2{,}5\cdot10^{-3}$ ч.
А5. а) 0,60 мин; б) $1{,}0\cdot10^{-2}$ ч.
А6. а) 0,50 ч; б) $1{,}8\cdot10^{3}$ с.
А7. 54 км/ч.
А8. 50 км/ч.
А9. 25 км/ч.
А10. 11 м/с.
А11. 20 м/с.
А12. 663,3 м/с.
А13. 6,7 км/ч.
А14. $1{,}09\cdot10^{4}$ км/ч.
А15. 17 м/с.
А16. 20 м/с.
А17. 10,9 км/с.
А18. $7{,}2\cdot10^{2}$ км.
А19. 4,0 км.
А20. $1{,}4\cdot10^{2}$ м.
А21. $9{,}4\cdot10^{4}$ м.
А22. $1{,}1\cdot10^{5}$ км.
А23. 0,50 ч.
А24. 1,49 ч.
А25. 25 с.
А26. $3{,}0\cdot10^{9}$ с.
А27. $6{,}2\cdot10^{3}$ с.
Б1. а) 1/3600; б) 1/31536000.
Б2. а) 1/60; б) 1/1440.
Б3. а) 31536000; б) 525600;
в) 8760.
Б4. а) $1{,}5\cdot10^{2}$ с; б) $4{,}2\cdot10^{-2}$ ч.
Б5. а) $3{,}3\cdot10^{-2}$ мин;
б) $5{,}6\cdot10^{-4}$ ч.
Б6. а) 0,17 мин; б) $2{,}8\cdot10^{-3}$ ч.
Б7. а) 79 км/ч;
б) $2{,}2\cdot10^{-2}$ км/с.
Б8. а) 36 км/ч;
б) $1{,}0\cdot10^{-2}$ км/с.
Б9. а) 0,14 м/с;
б) $1{,}4\cdot10^{-4}$ км/с.
Б10. а) 33,3 м/с;
б) $3{,}33\cdot10^{-2}$ км/с.
Б11. а) $1{,}12\cdot10^{4}$ м/с;
б) $4{,}03\cdot10^{4}$ км/ч.
Б12. а) $3{,}0\cdot10^{4}$ м/с;
б) $1{,}1\cdot10^{5}$ км/ч.
Б13. *CD, BC*.
Б14. *CD, AB*.
Б15. Скорости равны.
Б16. Вторая.
Б17. 18,2 км/ч.
Б18. $2{,}7\cdot10^{4}$ км/ч.
Б19. 18 км/ч.
Б20. 1,1 м/с; 2,8 м/с; 11 м/с;
$1{,}7\cdot10^{2}$ м/с; $5{,}0\cdot10^{2}$ м/с.
Б21. 6,7 км.
Б22. 16 км.
Б23. $2{,}98\cdot10^{3}$ км.
Б24. 14 км.
Б25. $2{,}0\cdot10^{2}$ с.
Б26. $5{,}0\cdot10^{-3}$ ч.
Б27. $2{,}0\cdot10^{-2}$ с.
В1. а) $2{,}2\cdot10^{4}$ сут; б) $5{,}3\cdot10^{5}$ ч;
в) $1{,}9\cdot10^{9}$ с.
В2. 2,03 км/ч.
В3. $2{,}23\cdot10^{4}$ км/ч.
В4. $2{,}6\cdot10^{6}$ км.
В5. 86 см.
В6. $1{,}2\cdot10^{4}$ см.
В7. $4{,}3\cdot10^{4}$ км.

В8. $1{,}5\cdot10^{4}$ км.
В9. 1 м/с; 0,5 м/с; 0,6 м/с.
В10. 4,2 м/с.

В11. $7{,}6 \cdot 10^3$ км/ч;
$3{,}8 \cdot 10^3$ км/ч; $5{,}1 \cdot 10^3$ км/ч.
В12. 30 км/ч; 72 км/ч;
49 км/ч.
В13. 15 км/ч.
В14. 2,5 м/с; 5,0 м/с; 3,8 м/с.
В15. 65 км/ч.
В16. 24 м/с.
В17. 50 км/ч.
В18. а) 48 км/ч; б) 75 км/ч.
Г1. 8,3 м/с; 10 м/с; 9,1 м/с;
9,3 м/с.
Г2. 48 км/ч.
Г3. 48 км/ч.
Г4. 32 км/ч.
Г5. 8,8 м/с,
Г6. 110 км.
Г7. 2,3 ч.
Г8. 8,6 км/ч.
Г9. 72 км/ч; 9,0 км/ч.
Г10. 7,7 км/ч.
Г11. 17 м/с.
Г12. 3,6 км/ч.
Г13. 36 км/ч.
Г14. 25 км/ч.
Г15. 80 км/ч.
Г16. 4 км/ч.
Г17. 85 км/ч.
Г18. 40 км/ч.
Д1. 31 км/ч.
Д2. 1 с.

§ 17

А1. Нет.
А2. Равномерное: в).
А3. $1{,}8 \cdot 10^2$ м.
А4. 52 км.
А5. $6{,}5 \cdot 10^3$ км.
А6. 3,8 с.
А7. 0,046 ч.
А8. $5{,}6 \cdot 10^3$ с.
А10. 20 м/с.
А11. 10 м/с; 50 м.
А12. Первого; 10 м; 5 м.
Б1. Равномерное – в).
Б2. 15 см/с.
Б3. $6{,}0 \cdot 10^2$ м.
Б4. На 24 км западнее наблюдателя; на 18 км восточнее.
Б5. $3 \cdot 10^4$ с.
Б6. 7,7 с.
Б7. 44с; 29 с; 9,0 с; 0,050 с.
Б8. $1{,}3 \cdot 10^2$ с.
Б10. 500 км; 50 км/ч.
Б11. 3 см/мин; 6 см.
Б12. 0,05 м/мин; 0,5 м.
Б13. Скорость первого больше.
Б14. Зависимости а) и в).
Б15. 1,5 мин.
Б16. $1{,}1 \cdot 10^2$ км.
Б17. 0,56 ч.
В1. 0,010 мм.
В2. 0,5 м.
В3. 2,5 м/с; 5 м/с.
В4. 8 м/с;.
В6. а), г).
В7. $8{,}5 \cdot 10^2$ м.
В8. 5,0 м/с.
В9. $4{,}1 \cdot 10^2$ м.
В10. 64 с.
В11. $3{,}2 \cdot 10^2$ км.
В12. 54 км/ч.
В13. 30 с.
В14. 6,0 с.
В15. 0,49 км.
В16. $1{,}5 \cdot 10^2$ км.
В17. 1,5 см/мин.
Г1. 0,48 м.

Г2. $9{,}0 \cdot 10^2$ м/с.
Г3. 0,51 км; 0,85 км/с.
Г4. $2{,}0 \cdot 10^2$м; 20 м/с.
Г5. 10,50 ч; 60 км.
Г6. 9,9 м/с.
Г7. 90 км/ч.
Г8. 1,0 ч; 36 км.
Г9. $1{,}5 \cdot 10^2$ м.
Г10. 50,0 с.
Д1. 0,45 км.
Д2. 15 м/с.
Д3. 40 км/ч.

§ 19

А4. 6 кгс.
Б5. 2 кгс.
Б6. а) 50 Н, вправо;
б) 10 Н, вправо;
в) 10 Н, влево;
г) 50 Н, вправо;
д) 10 Н, вниз;
е) 10 Н, вверх.
Б7. 18 Н.
Б8. 10 Н.
Б9. 2 Н.
Б10. 10 Н, влево.
Б11. 1 Н.
В5. 3 кгс.
В6. а) 90 Н, вправо;
б) 30 Н, вправо;
в) 50 Н, вправо;
г) 10 Н, вправо;
д) 50 Н, вниз;
е) 10 Н, вниз.
В7. 12 кгс, вниз.
В8. 8 кгс, вниз.
В9. 120 Н.
В10. 90 Н.
В11. 180 Н.
В12. 80 Н.
В13. Нет.
В14. б), в) да.
В16. $F_2 = 3$ Н, $\vec{F}_2 \uparrow\uparrow \vec{F}_1$;
$F_2 = 13$ Н, $\vec{F}_2 \downarrow\uparrow \vec{F}_1$.
Г2. $F_2 - F_4$.
Г3. F_2.
Г4. 20 кгс.
Г6. 3 Н; 9 Н; 15 Н; 21 Н.
Г7. Только: 2 Н; 4 Н; 6 Н; 12 Н.

§ 21

Б10. Правая.
Б12. Масса второго больше в 2 раза.
Б13. Да, если их массы равны.
Б14. С гружёной лодки спрыгнуть легче.
В1. а,б,в – нет, г – да.
В2. а,б,в, – нет, г – да.
В3. Пустая лодка получит бóльшую скорость.
В4. 0,069 м/с.
В5. 1,0 м/с.
В6. 0,2 кг.
В7. 4,4 кг.
В8. $\frac{m_1}{m_2} = 15$.
В9. 0,75 кг.
Г3. 0,2 м/с.

§ 22

А3. 20 Н.

А8. 10 Н.
А9. 5 Н.
А12. а) $4{,}9\cdot10^{2}$ Н; б) $5\cdot10$ Н;
в) $1\cdot10^{-5}$ Н; г) $9{,}6\cdot10^{5}$ Н.
А13. а) 59 Н; б) $3{,}9\cdot10^{2}$ Н;
в) 3,9 кН; г) 20 кН;
д) 39 кН.
Б1. 40 тс.
Б2. 2,00 см.
Б3. $9{,}8\cdot10^{3}$ Н/м.
Б4. 28 Н.
Б5. 1,3 кгс.
Б6. 6,4 Н.
Б16. 5,1 кг.
Б17. 15 кН.
Б18. а) 51,0 кг; б) 3,2 кг;
в) 0,26 т; г) 0,08 кг.
Б19. 0,20 кН.
Б20. а) 20 Н; б) 22 Н.
Б21. 1,5 кН.
Б22. 5,3 Н.
Б24. 49 Н.
Б25. $1{,}5\cdot10^{2}$ Н.
Б26. $1{,}7\cdot10^{2}$ Н.
В1. 0,23 м.
В2. 0,38 м.
В3. 17,9 гс/см.
В4. 12 мм.
В5. 45 мм.
В6. 2,3 см; 17,5 см.
В15. $\dfrac{F_{\text{д}}}{F_{\text{м}}} \approx 5$.
В16. 88 Н.
В17. 33 Н.
В18. $\dfrac{F_{\text{ал}}}{F_{\text{пар}}} \approx 3$.

В19. $\frac{F_{ст}}{F_{пр}} \approx 33$.

В20. 10 л.

Г1. 22,2 см.

Г2. 2 кН/м.

Г3. 12 Н.

Г4. 18 см.

Г8. 0,12 кН.

Д1. 0,20 м.

Евгений Николаевич ФИЛАТОВ

ФИЗИКА

7 класс

Экспериментальный учебник

Часть 1

Строение вещества
Взаимодействие тел

Компьютерный набор и верстка *Е.Н. Кочубей*

Подписано в печать 28.03.04. Формат 60x84/16.
Объём 19,0 п.л. Печать офсетная. Тираж экз. Заказ
Издательство ВШМФ “Авангард”.
115446, Москва, Коломенский проезд, д.16

ПОДСКАЗКИ

§ 2

А1–А10. См. пример 2.2.
А11–А19. См. пример 2.6.
А20–А27. См. пример 2.13.
А28–А35. См. пример 2.14.
Б1–Б10. См. пример 2.3.
Б11–Б19. См. пример 2.5.
Б20–Б27. См. пример 2.7.
Б28–Б35. См. пример 2.8.
Б36–Б40. См. пример 2.9.
Б41–Б49. См. пример 2.15.
Б50–Б57. См. пример 2.16.
В1–В8. См. пример 2.4.
В9–В13. См. пример 2.9.
В17–В23. См. пример 2.10.
В24–В30. См. пример 2.11.
В31–В35. См. пример 2.17.
В36–В57. См. пример 2.18.
Г1. См. пример 2.5.
Г2–Г5. См. пример 2.9.
Г6–Г17. См. пример 2.19.
Г18–Г29. См. примеры 2.21 и 2.22.
Г30–Г36. См. примеры 2.23 и 2.24.
Д1–Д2. См. пример 2.19.
Д3–Д6. См. пример 2.22.
Д7–Д8. См. примеры 2.23 и 2.24.
Д9–Д15. См. примеры 2.25 и 2.26.

§ 3

А1. См. пример 3.1 (а).
А2. См. пример 3.1 (б).
А3. См. примеры 3.2.

А4. См. пример 3.3.
А5. См. пример 3.4.
А6. См. пример 3.5.
А7. См. пример 3.6.
А8. См. пример 3.7.
А9. См. пример 3.8.
А10. См. пример 3.9.
А11. См. пример 3.10.
А12. См. пример 3.11.
А13. См. пример 3.12.
А14. См. пример 3.13.
А15. См. пример 3.14.
А16. См. пример 3.15.
А17. См. пример 3.17.
А18. См. пример 3.19 (а).
А19. См. пример 3.19 (б).
Б1. См. пример 3.1 (а).
Б2. См. пример 3.1 (б).
Б3. См. пример 3.2.
Б4. См. пример 3.3.
Б5. См. пример 3.4.
Б6. См. пример 3.5.
Б7. См. пример 3.6.
Б8. См. пример 3.7.
Б9. См. пример 3.8.
Б10. См. примеры 3.9.
Б11. См. примеры 3.10.
Б12. См. пример 3.11.
Б13. См. пример 3.14.
Б14. См. пример 3.15.
Б15. См. пример 3.16.
Б16. См. пример 3.18.

Б17. См. примеры 3.20.
Б18. См. примеры 3.21—3.23.
В1. См. пример 3.24.

§ 4

А1–А3. См. примеры 4.1–4.3.
А4–А6. См. примеры 4.4–4.6.
А7–А9. См. примеры 4.7–4.9.
Б1–Б3. См. примеры 4.1–4.3.
Б4–Б6. См. примеры 4.4–4.6.
Б7–Б9. См. примеры 4.7–4.9.
Б11–Б14. См. задачу 4.1.
Б15–Б17. См. задачу 4.3.
Б18–Б21. См. задачу 4.5.
В1–В4. См. задачу 4.2.
В5–В8. См. задачу 4.4.
В9–В12. См. задачу 4.6.
Г1. Число молекул в ряде равно отношению длины ряда к длине бактерии.
Г2. Вычислите одну миллионную расстояния от Москвы до Санкт-Петербурга.
Г3. Сколько в квадратном метре квадратных сантиметров?
Г4. Сколько в кубическом метре кубических сантиметров?
Г3. Сколько в кубическом метре кубических миллиметров?

§ 5

А1–А3. См. задачу 5.1.
А5–А6. См. задачу 5.2.
А7. См. задачу 5.4.
Б1–Б2. См. задачу 5.1.
Б3–Б7. См. задачу 5.2.
Б8–Б11. См. задачу 5.4.
В1–В3. См. задачу 5.3.
В4–В5. См. задачу 5.4.
Г1. Наверное, понадобятся: мензурка с делениями, вода, маркер для нанесения штрихов на стекло... Объясните подробно, как воспользоваться этими предметами, чтобы решить поставленную задачу.
Г2. Если один из сосудов доверху наполнить водой и погрузить в него тело, то что произойдет с водой? Сколько воды вытечет?
Г3. См. рис. П1.

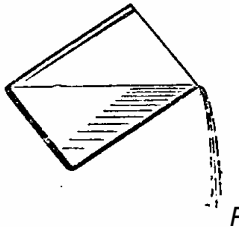


Рис. П1

§ 6

А1–А2. См. пример 6.1.
А3–А4. См. пример 6.2.
А5. См. задачу 6.1.
Б1–Б2. См. пример 6.1.
Б3–Б4. См. пример 6.3.
Б5. См. задачу 6.2.
Б6. См. задачу 6.3.
В1. См. задачу 6.1.
В2. См. задачу 6.2.
В3–В4. См. задачу 6.3.

§ 7

А1–А3. См. задачу 7.1.
А4–А5. См. формулу (7.4).
А6–А7. См. задачу 7.2.

А8. См. задачу 7.3.
А9–А10. См. формулу (7.7).
А11–А12. См. задачу 7.4.
Б1. См. задачу 7.1.
Б2. См. формулу (7.2).
Б3. $V = S \cdot h$, $S = ab$.
Б4. $D = \dfrac{l}{\pi}$.
Б5. $R = \dfrac{l}{2\pi}$.
Б6–Б7. См. формулу (7.7).
Б8–Б9. См. задачу 7.4.
Б10–Б12. См. задачу 7.5.
В1. См. задачу 7.1.
В2. $S = \dfrac{V}{h}$.
В3. $h = \dfrac{V}{S}$.
В4. $S = \dfrac{\pi D^2}{4}$, $V = Sh$.
В5–В6. $h = \dfrac{V}{S}$.
В7. $S = \pi R^2$, $V = Sh$.
В8–В9. См. задачу 7.5.
Г1. $L = ln$, $S = \dfrac{V}{L}$.
Г2. См. задачу 5.4. Сечение проволоки – круг, площадь круга равна ... Клетка в тетради имеет длину 5 мм.
Г3. Следует налить в сосуд воду определенного объёма. Затем медленно погрузить в него стержень так, чтобы он упирался в дно сосуда и был расположен вертикально. Вытащив стержень, надо измерить длину его части, смоченной водой...
Г4. См. рис. П2.

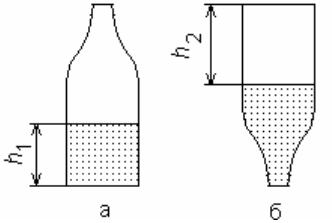


Рис. П2

Г5. См. рис. П3.

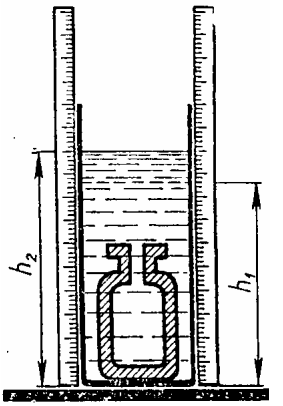


Рис. П3

§ 8

А1. Зависят ли размеры инструментов от температуры?
А2. Если сильно натянуть провода летом, то что произойдет зимой?
А3. Как изменится внутренний диаметр шины при нагревании?
А4. *Форма* диска не изменится, изменятся лишь размеры.
А5. Что происходит при нерав-

номерном нагреве тела?

А6. См. табл. 8.1.

А7. См. задачу 8.1.

А8. В чем причина разрушения стекла стакана, в который налили кипяток? Одинаково ли расширяются материал, из которого изготовлена посуда и эмаль?

А9. См. задачу 8.1.

А10. Что расширяется сильнее: железо или бензин? (См. табл. 8.2.)

Б1–Б4. Форма тела при нагревании не меняется.

Б5. Что происходит при нагревании бетона?

Б6. Какой стакан быстрее примет температуру кипятка: толстый или тонкий?

Б7. Трещины возникают от неравномерного нагрева.

Б8. См. задачу 8.1.

Б9.Чем меньше объём данной массы бензина, тем выгоднее покупка.

Б10. См. табл. 8.2.

Б11. Как изменяются объёмы воды и хрусталя: при нагревании, при охлаждении?

Б12. См. табл. 8.2.

В1–В3. Форма тела при нагревании не меняется.

В4–В6. См. табл. 8.1.

В7. Газ занимает весь предоставленный ему объём – это его основное свойство. Сколько места останется пузырьку после остывания масла в бутылке?

В8. *Изменение объёма* в обоих сосудах одинаково, но трубка в левом сосуде более узкая...

В9. Сначала расширяется стекло...

В10. Сначала сжимается стекло...

В11. Как изменяется объём воды при нагревании от 0 до 4°С?

В12. На дно опускаются наиболее тяжёлые слои воды.

Г1. Под разогретым шариком слюда прогревается...

Г2. $\Delta V = (l_0 + \Delta l)^3 - l_0^3$, где l_0 – начальная длина ребра куба, а Δl – удлинение ребра..., $S = 6l_0^2$.

Г3. Медь постепенно охлаждается...

Г4. Как изменится диаметр отверстия при охлаждении кастрюли?

Г5. См. рис. П4.

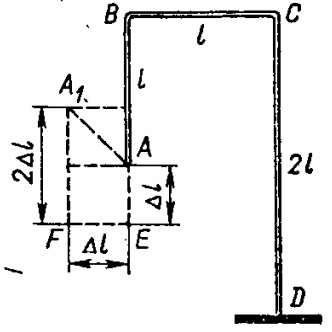


Рис. П4

§ 9

А1. Одинаковы ли молекулы

одного и того же вещества?

А2. Одинаковы ли молекулы разных веществ?

А3–А4. Изменяются ли расстояния между молекулами при изменении температуры?

Б1. Изменяется ли объём воды при нагревании? Одинаковы ли молекулы одного и того же вещества при разных температурах?

Б2–Б3. См. А3.

Б4. Что изменяется при нагревании тела?

Б5–Б8. См. задачу 9.1.

В1. Есть ли промежутки между молекулами газа?

В2. Где расстояния между молекулами больше: в воде или в водяном паре?

В3. В каком положении расстояния между молекулами больше?

В4. Где размещаются молекулы соли при её растворении в воде?

В5. Растворяется ли в воде ртуть?

В6. $S = \frac{V}{d}$.

В7. $V = Sd$.

§ 10

А1–А6. Как объясняется процесс диффузии?

Б1. Зависит ли скорость диффузии от температуры?

Б2. Возможно ли проникновение молекул жидкости между молекулами твёрдого тела?

Б3. Диффузия протекает практически мгновенно или требует определенного времени?

Б4. Могли ли молекулы керосина проникнуть в промежутки между молекулами фляги?

Б5–Б7. Как скорость диффузии зависит от температуры?

В1. Как называется такое движение?

В2. Молекулы эфира при своем движении сталкиваются с молекулами воздуха, поэтому...

§ 11

А1. Удастся ли сблизить молекулы карандаша на малое (по молекулярным меркам) расстояние?

А2. Удается ли сблизить эти плитки на малое (по молекулярным меркам) расстояние?

А3. Существуют ли между молекулами силы отталкивания?

А4. Взаимодействуют ли молекулы воды с молекулами стекла?

А5. Смачивает ли масло медь? Смачивает ли ртуть медь?

Б1. При каком условии происходит «слипание»?

Б2–Б3. Что бы произошло с полированными стеклами, если их соединить?

Б4. Притягиваются ли молеку-

лы пыли к молекулам воды?
Б5. Бумага смачивается водой, поэтому...
Б6. Стекло смачивается водой, поэтому...

§ 12

А1. Сохраняется ли объём жидкости при её переливании из одного сосуда в другой?
А2. Сохраняет ли жидкость свою форму?
А3. Испаряется ли жидкость?
А4. Пары ртути ядовиты…
А5. А воздух?
А6. См. А3.
А8. Если газы сильно охладить...
А9. Эти вещества можно расплавить, значит...
Б1. См. А5.
Б2. Может ли газ заполнить часть сосуда?
Б3. См. А1.
Б4. Обладает ли лед механической прочностью?
Б5–**Б7**. Сохраняются ли в этих состояниях: форма? объём?
Б8–Б9. Как движутся молекулы: в твёрдом теле? в жидкости? в газе?
Б10. Есть ли промежутки между молекулами? Где эти промежутки больше: в жидкости или газе?
Б11. Могут ли молекулы твёрдых тел беспрепятственно перемещаться с места на место?
Б12. Можно ли сблизить молекулы твёрдого тела с помощью сжатия? Почему?
Б13. Можно ли расплавить эти вещества?
Б14–**Б15.** Каков характер движения молекул в твёрдых телах? в жидкостях?
В1. Водяной пар невидим…
В2. Как вы считаете, где молекулы сильнее связаны друг с другом: в жидкостях и газах или в твёрдых телах?
В3. Каков характер движения молекул в твёрдом теле, жидкости, газе?
В4. Если попытаться сдвинуть молекулы твёрдого тела друг относительно друга, будут ли мешать такому сдвигу силы межмолекулярного взаимодействия?

§ 13

А1–А3. Добавились ли новые тела, имеющие массу? Изменился ли объём?
А4. 1 т = 1000 кг.
А5–**А6**. 1 г = 0,001 кг.
А7. 1 кг = 1000 г.
Б1–Б2. Изменилось ли число молекул?
Б3–Б4. При таянии, как и при замерзании, число молекул не меняется, меняется только порядок их расположения.
Б5. 1 кг = 1000 г;
1 г = 1000 мг.

Б6. 1 т = 1000 кг;
1 г = 1000 мг.

Б7. 1 т = 1000 кг.

Б8–Б9. 1 г = 1000 мг.

Б10. Масса тела равна сумме масс гирь. 1 кг = 1000 г;
1 г = 1000 мг.

Б11. См. Б10. Хватит ли гирь на 310,7 г?

В1–В4. Изменилось ли число молекул гири? Масса молекул неизменна.

В5. Изменяется ли число молекул жидкости, если часть воды испаряется?

В6. Изменяется ли число молекул воздуха в цилиндре?

В7–В8. 1 г = 1000 мг,
1 кг = 1000 г.

В9. 1 г = 1000 мг;
1 кг = 1000 г; 1 т = 1000 кг.

В10–В11. 1 кг = 1000 г;
1 т = 1000 кг.

В12. Вынуты гири: 20 г, 2 г, 1 г...

Г1. Достаточно на чашу весов поместить по три шара. Если весы останутся в равновесии, значит...

Г2. Сначала следует на чашах весов без разновесов уравновесить две порции соли равной массы (по 450 г). Затем от одной из порций таким же образом отделить соль массой 225 г. При третьем пользовании весами…

§ 14

А1–А6. См. таблицы 14.1–14.3.

А7–А10. См. задачу 14.1, см. таблицы 14.1, 14.2.

А11. См. формулу (14.2).

А12–А15. См. задачу 14.2.

А15–А18. См. формулу (14.3), таблицы 14.1, 14.3.

А19–А26. См. задачу 14.4, таблицы 14.1, 14.2.

А27–А28. См. формулу (14.4).

А29–А30. См. задачу 14.7.

Б1–Б4. См. таблицы 14.1, 14.2.

Б5–Б8. Прочитайте текст от подзаголовка «О плотности с молекулярной точки зрения» до СТОП!..

Б9–Б13. См. задачу 14.1 и следующий за ней текст до «СТОП!..». Учтите: 1 г/см^3= =1 кг/л = 1000 кг/м^3.

Б14–Б18. См. формулу (14.2) и таблицы 14.1, 14.2.

Б19–Б23. См. задачу 14.2, учтите: кг/л = г/см^3, дм^3 = = л.

Б24–Б31. См. формулу (14.3), таблицы 14.1, 14.2.

Б32–Б37. См. задачу 14.3.

Б38–Б39. См. задачу 14.4.

Б40–Б44. См. формулу (14.4), таблицу 14.1.

Б45–Б46. См. задачу 14.5.

Б47–Б48. См. задачу 14.6.

Б49. См. задачу 14.7, $m_ж$ = =$\rho_ж V_т$.

Б50–Б52. См. задачу 14.7, $V_ж = \dfrac{m_т}{\rho_т}$.

Б53–Б54. См. задачу 14.7, $\frac{m_ж}{\rho_ж} = \frac{m_т}{\rho_т}$.

Б55–Б57. См. задачу 14.8,а, используйте формулу (14.10).

В1–В5. Прочитайте текст от подзаголовка «О плотности с молекулярной точки зрения» до СТОП!..

В6. См. задачу 14.1, таблицу 14.1.

В7. См. формулу (14.2), $V = abc$, г/см^3 = 1000 кг/м^3.

В8. См. формулу (14.2). $V = a^3$.

Равна ли средняя плотность кубика плотности пенопласта?

В9. См. формулу (14.2), $V = Sh$.

В10. См. формулу (14.2), $V = \pi R^2 h$.

В11. См. формулу (14.2), $V = \frac{4}{3}\pi R^3$, равна ли средняя плотность шарика плотности платины?

В12. $\rho = \frac{m_1}{V_1}$, $m_2 = \rho V_2$, $m_3 = \rho V_3$, см. таблицу 14.1.

В13. См. формулу (14.3),

а) $V = abc$;

б) $V = \frac{\pi D^2}{4} \cdot H$;

в) $V = Sd$.

В14. См. формулу (14.3), $V = Sc$.

В15. См. формулу (14.3), $V = abh$, h = ? c – лишнее данное.

В16. См. формулу (14.3), $V = abl$, l = ?

В17. См. формулу (14.3), $V = Sc$, c = ?

В18. См. формулу (14.3), $V = aS$, S = ?

В19. См. формулу (14.3), $V = Sl$.

В20–В21. См. формулу (14.3), $V = Sl$, $S = \frac{\pi D^2}{4}$.

В22–В24. См. задачу 14.3.

В25. Спрашивается $\frac{l_{ал}}{l_ж}$.

Массы стержней равны:
$m_{ал} = \rho_{ал} S l_{ал}$, $m_ж = \rho_ж S l_ж$.

В26. Для определения объёма по формуле (14.4) достаточно знать массу воды, которая помещается в кувшине, и её плотность.

В27. Сначала нужно определить массу стакана. Затем заполнить его водой и поставить на весы... Вычислив емкость стакана, определите массу неизвестной жидкости и её плотность.

В28. Нужно измерить массу и объём определенного количества дробинок...

В29. Нужно определить плотность дроби.

В30–В34. Используйте формулу (14.5).

В35–В37. Используйте форму-

лу (14.6).

В38–В43. См. задачу 14.7.

В44–В46. См. задачу 14.8,б.

В47–В49. См. задачу 14.9,а.

В50–В51. Выразите ρ_2 из формулы (14.13).

Г1–Г2. Площадь поверхности куба равна: $S = 6a^2$, а объём куба $V = a^3$, где a – ребро куба...

Г3. Объём латуни равен разности между наружным и внутренним объёмом куба.

Г4. Пусть величина γ – число капелек в единице объёма облака: $[\lambda] =$ 1/см^3, ρ = =1,00 г/см^3 – плотность воды, а x – количество капелек в объёме V, тогда: $\gamma V_1 = n_1$; $\gamma V = x$; $m = \rho v_0 x$.

Г5. Если как-то поместить дерево в отливной стакан, чтобы оно полностью оказалось под водой...

Г6. Можно измерить диаметр провода, $S = \dfrac{\pi D^2}{4}$ …

Г7. См. задачу 14.6.

Г8. Масса флакона с ртутью складывается из масс ртути и стекла, которые можно выразить через соответствующие плотности и объёмы:

$m = \rho_{рт} V_{рт} + \rho_{ст} V_{ст}$,

$V_{рт} + V_{ст} = V$...

Г9. Толщину пластины h можно рассчитать по формуле $h = \dfrac{m}{\rho S}$, где m – её масса; ρ – плотность стекла; S – площадь пластины.

Г10–Г11. Воспользуйтесь формулой (14.5).

Г12. Воспользуйтесь формулой (14.6).

Г13–Г15. См. задачу 14.8,в.

Г16. См. задачу 14.9,б.

Г17. См. задачу 14.9,б. Учтите, что k = 0,01.

Г18. Выразите ρ_2 из формулы (14.14).

Г19. Выразите ρ_2 из формулы (14.14), учтите: $k = \dfrac{1}{3{,}5}$.

Г20–Г22. См. формулу (14.15).

Д1–Д3. Из формулы (14.12) следует: $m_2 - m_1 = \Delta m =$

$= m_к \left(1 - \dfrac{\rho_ж}{\rho_к}\right)$.

Д4. $\dfrac{m_ж}{\rho_ж} = \dfrac{m_а}{\rho_а}$, $m_ж - m_а = \Delta m$.

Д5. $m_2 = m_1 k^3 \dfrac{\rho_2}{\rho_1}$, $V\rho_1 = m_1$.

Д6. Воспользуйтесь формулой (14.14), $k = \dfrac{h}{H}$.

Д7–Д10. $\dfrac{m}{\rho} = \dfrac{m_1}{\rho_1} + \dfrac{m_2}{\rho_2}$,

$m_1 + m_2 = m$.

Д11. Для определения плотности жидкости достаточно на одну чашу весов поместить

стакан, заполненный жидкостью, и на эту же чашу положить одну из гирь (желательно большой массы). На другую — гири, уравновешивающие весы. Затем следует часть жидкости из стакана отлить, гирю, стоявшую на чаше со стаканом, поместить в стакан и заполнить его жидкостью целиком..., см. формулу (14.12).

Д12. При помощи весов определяют общую массу меди $m_м$, из которой изготовлены шары (пренебрегая массой воздуха). При помощи мензурки определяют общий объём шаров V. Этот объём можно представить как сумму объёма малого шара (с полостью) V_2 и большого V_1:

$V = V_1 + V_2$ или $V = V_1 + + V_{2м} + V_п$, где $V_{2м}$ – объём стенок малого шара, $V_п$ – объём воздушной полости внутри малого шара...

Д13. См. подсказку к Д7–Д10.

Д14. Установить, что нужно принести воду объёмом 5 литров. Практическое измерение проводится вначале по формуле: 7л – 3л – 3л = =1л. Этот остаток (1л) воды в ведре выливается в пустой кувшин. После чего...

§ 15

А1. Изменяются ли расстояния между книгой и указанными телами?

А2. Изменяется ли расстояние между пассажирами?

А3. Изменяется ли расстояние между бревном и плывущими рядом частицами воды? Между бревном и деревом, растущим на берегу?

А4. Размеры любого стадиона меньше 3 км.

А5. См. задачу 15.1.

Б1. Рассмотрите кресла, других пассажиров, стюардессу, винт самолета.

Б2. Рассмотрите дома на берегу, людей на пристани, пассажиров судна, различные предметы на судне...

Б3. При сохранении строя расстояния между самолетами не меняются.

Б6–Б8. См. задачу 15.1, $\Delta t = t_к – t_н$.

В1. Есть ли в безоблачном небе подходящее тело отсчета?

В2. А движутся ли сами облака относительно земли?

В3. Можно ли обеспечить движение рассадочного устройства относительно рассадочной машины таким образом, чтобы оно на короткое время оставалось неподвижным относительно земли?

В4. Как должен двигаться при этом самолет относительно поезда? Учтите: крыша вагона – это уж слишком короткая

посадочная полоса.

В5. По какой траектории движутся концы стрелок? Какая движется быстрее?

В6. Если тело неподвижно, его траекторией является точка.

В7. Нарисуйте траектории правого и левого колес.

В8. См. задачу 15.1.

В9. Когда будете рисовать траекторию, помните: север вверху, юг – внизу, запад – слева, восток – справа.

§ 16

А1–А3. См. табл. 16.1.

А4–А6. См. задачу 16.1.

А7–А12. См. задачу 16.2.

А13–А17. См. задачу 16.3.

А18–А22. См. задачу 16.4.

А23–А27. См. задачу 16.5.

Б1–Б3. См. табл. 16.1.

Б4–Б6. См. задачу 16.1.

Б7–Б12. См. задачу 16.2.

Б13–Б15. См. формулу (16.1).

Б16–Б20. См. задачу 16.3.

Б21–Б24. См. задачу 16.4.

Б25–Б27. См. задачу 16.5.

В1. См. задачу 16.1.

В2–В3. См. задачу 16.2, $s = 2\pi R$.

В4–В5. См. задачу 16.3, 1 сут = 86400 с.

В6. См. задачу 16.3, 1 ч = 60 мин.

В7. См. задачу 16.3, 1 сут = 24 ч.

В8. $t = \dfrac{s_2 - s_1}{v}$, $s = ut$.

В9–В13. См. задачу 16.6.

В14. За первую секунду s_1=2,5 м, за шестую s_2 = =5,0 м; за первые 6 секунд s_3 = 22,5 м.

В15–В16. См. задачу 16.7.

В17. См. задачу 16.8.

В18. См. задачи 16.7 и 16.8.

Г1. См. задачу 16.6.

Г2. См. задачу 16.6, $s_1 = v_1 t_1$; $s_2 = v_2 t_2$.

Г3. См. задачу 16.6, $s_2 = v_2 t_2$.

Г4–Г5. См. задачу 16.6.

$$t_1 = \frac{s_1}{v_1}.$$

Г6. $v = \dfrac{s_1 + s_2}{t_1 + t_2}$, s_2 = ?

Г7. $v = \dfrac{s_1 + s_2}{t_1 + t_2}$, t_2 = ?

Г8. $v = \dfrac{2v_1 v_2}{v_1 + v_2}$, v_2 = ?

Г9. $v = \dfrac{2v_1 v_2}{v_1 + v_2}$, $v_1 = 8v_2$, v_1 = ? v_2 = ?

Г10.

$$v_{\text{ср}} = s : \left(\frac{s}{2v_1} + \frac{s}{4v_2} + \frac{s}{4v_3} \right).$$

Г11. $v_{\text{ср}} = s : \left(\dfrac{s}{3v_1} + \dfrac{2s}{3v_2} \right)$.

Г12. $v_{\text{ср}} = s : \left(\dfrac{2s}{3v_1} + \dfrac{s}{3v_2} \right)$.

Г13. $v_{\text{ср}} = s : \left(\dfrac{s}{4v_1} + \dfrac{3s}{4v_2} \right)$, v_2 = ?

Г14. $v_{ср} = s : \left(\frac{s}{3v_1} + \frac{2s}{3v_2} \right)$,

v_1 = ?

Г15. $v_{ср} = \frac{v_1 t_1 + v_2 t_2}{t}$,

$t_1 = t_2 = \frac{t}{2}$, v_2 = ?

Г16. $v_{ср} = \frac{v_1 t_1 + v_2 t_2}{t}$, $t_1 = \frac{t}{3}$,

t_2 = …

Г17. $v_{ср} = \frac{v_1 t_1 + v_2 t_2}{t}$, $t_1 = \frac{t}{3}$,

t_2 = …, v_2 = ?

Г18. Вторую половину пути автомобиль ехал со скоростью $v = \frac{v_2 + v_3}{2}$. Почему?

Д1. Оба пассажира неверно определили пройденный путь. Почему?

Д2. $v_{ср} = \frac{s}{t_1 + (t_1 + t) + (t_1 + 2t) + (t_1 + 3t) + (t_1 + 4t)}$

§ 17

А3–А5. См. задачу 17.1.
А6–А8. См. задачу. 17.2.
А9. См. рис. 17.2, 17.3.
А11. См. формулу (17.2).
Б2. См. формулу (17.1).
Б3–Б4. См. формулу (17.2).
Б5–Б8. См формулу (17.3).
Б9. См. рис. 17.2, 17.3.
Б10–Б13. См. задачу 17.3.
Б14. При равномерном движении $s=vt$, v – постоянная величина.
Б15. См. задачу 17.4.
Б16. См. задачу 17.5.
Б17. См. задачу 17.7.
В1. $s_1 = vt_1$; $s_2 = vt_2$.
В2. 7,5 м – лишнее данное.
В3–В6. См. задачу 17.3.
В7–В10. См. задачу 17.4.
В11–В12. См. задачу. 17.5.
В13. См. формулы (17.4) и (17.5).
В14–В15. См. задачу 17.6.
В16–В17. См. задачу 17.7.
Г1. $s_1 = v_1\tau$; $s_2 = v_2\tau$.
Г2. Время движения пули $\tau = \frac{s_1}{u} = \frac{s_2}{v}$, где u – скорость пули.
Г3. Звук и снаряд прошли одинаковые расстояния $l = ut_1 = v(t_2 - t_1)$, где u – скорость снаряда.
Г4. $vt_1 = L$; $vt_2 = l+L$.
Г5. За время $(t_2 - t_1)$ первый автобус, проехал расстояние $l_1 = v_1(t_2 - t_1)$, после чего можно считать, что автобусы начали двигаться одновременно, а начальное расстояние между ними $s_{нач} = l - l_1$, см. задачу 17.5.
Г6. Длина поезда $l = 10l_1 + 10 \cdot \Delta l + l_2$, см. задачу 17.6.
Г7–Г8. См. задачу 17.7, начальное расстояние можно считать равным $v_1\tau$.
Г9–Г10. См. задачу 17.6.
Д1. Время обгона $\tau = \frac{l_1 + l_2}{v_л - v_г}$ (почему?). Автобус за это время сблизился с легковым

автомобилем на расстояние $s = \tau(v_л + v_а)$, где s – это и есть искомое минимальное расстояние.

Д2. $t = \dfrac{l}{v_2 + v_1} + \dfrac{l}{v_2 - v_1}$ (почему?).

Д3. Расстояние между поездами $s=u\tau$. Барон начал сближаться со вторым поездом со скоростью сближения ($v + u$). Время сближения равно t…

§ 18

А1–А3. Сила тяжести действует на любое тело вблизи поверхности Земли и никак не зависит от места нахождения тела и характера его движения.

А4. Кирпич взаимодействует со столом и Землей, на него действуют силы реакции опоры и тяжести.

А5. На шарик действуют силы реакции опоры и тяжести.

А6. Силы упругости и тяжести.

А8. Силы тяжести и Архимеда.

Б1. Сила тяжести и две силы натяжения нити.

Б2. Силы тяжести, Архимеда, натяжения троса и вязкого трения.

Б3. Силы тяжести, реакции опоры, упругости и трения скольжения.

Б4. Силы натяжения нити, тяжести и Архимеда.

Б5. а) Силы тяжести и Архимеда; б) силы тяжести, Архимеда и реакции опоры (дна).

Б6. Силы тяжести, реакции опоры, трения качения и вязкого трения.

Б7. Силы тяжести, реакции опоры, трения скольжения и вязкого трения.

В1–В2. Сила тяжести всегда направлена вертикально вниз.

В3. Силы реакции опоры, натяжения нити, упругости, тяжести.

В4. На Землю действуют Луна и Солнце, на Солнце – Земля и Луна, на Луну – Солнце и Земля.

В5. а) только сила тяжести; б) силы тяжести, вязкого трения и реактивная сила – сила реакции газов, вылетающих из сопла двигателей ракеты.

В6. а) Мускульная сила футболиста, сила тяжести; б) силы тяжести и вязкого трения; в) силы тяжести и вязкого трения; г) силы тяжести и реакции опоры (земли).

В7. На первое: внешняя сила, силы реакции и натяжения нити; на второе: силы тяжести и натяжения нити.

В8. В момент толчка (до начала движения вагона): сила реакции паровоза, силы тяжести и реакции опоры; в

свободном движении: силы тяжести, реакции опоры, трения качения и вязкого трения.

В9. Силы упругости пружины, тяжести, реакции опоры, трения покоя.

В10. Силы тяжести, реакции опоры, трения качения.

В11–В12. Сила трения направлена в сторону, противоположную направлению скорости.

В13. Силы тяжести, силы натяжения строп парашюта, силы вязкого трения.

В14. Силы тяжести, трения покоя и реакции опоры (крыши), учесть, что сила реакции направлена перпендикулярно поверхности крыши.

Г1. а) Силы тяжести и реакции опоры; б) мускульная сила, сила тяжести и сила реакции опоры; в) силы тяжести, реакции опоры, трения качения и вязкого трения; г) силы тяжести и вязкого трения.

Г2. а) Силы тяжести и вязкого трения; б) сила реакции опоры, перпендикулярная наклонной плоскости, силы тяжести и трения скольжения; в) силы тяжести и натяжения нити; г) силы тяжести и натяжения нити.

Г3. На первое: сила $\vec{F}$, силы тяжести, реакции опоры, трения скольжения и натяжения нити; на второе: сила тяжести, реакции опоры, трения скольжения и натяжения нити.

Г4. Силы тяжести, реакции опоры (перпендикулярные наклонной плоскости), натяжения нити и трения скольжения.

Г5. На лом действуют сила тяжести, приложенная к его центру; на нижний конец действуют сила реакции пола и сила трения покоя; на верхний конец действуют сила реакции стены и сила трения покоя.

§ 19

А1–А3. См. задачу 19.1.

А4. $R = F_1 + F_2 + F_3$.

Б1–Б4. См. задачу 19.1.

Б5–Б6. См. задачу 19.2.

Б7–Б11. См. задачу 19.3.

Б12. См. задачу 19.4.

В1–В4. См. задачу 19.1.

В5–В6. См. задачу 19.2.

В7–В12. См. задачу 19.3.

В13–В16. См. задачу. 19.4.

Г1. См. задачу 19.1.

Г2. $\vec{R} = (\vec{F}_3 + \vec{F}_1) + (\vec{F}_2 + \vec{F}_4)$.

Г3. $\vec{R} = (\vec{F}_3 + \vec{F}_1) + \vec{F}_2$.

Г4. См. задачу 19.3.

Г5–Г7. См. задачу 19.4.

§ 20

А1. Может ли автомобиль мгновенно остановиться?

А2. Допустим, ведущий автомобиль резко затормозит. Что произойдет?

А3. «Пытается» ли оторвавшаяся крупинка сохранить свою скорость?

Б1–Б2. Тела «пытаются» сохранить свою скорость…

Б3. Что произойдёт с водителем, если автомобиль врежется, например, в столб? Чем помогут в данной ситуации ремни безопасности?

Б4. Капли «пытаются» сохранить свой покой...

Б5. Брёвна «пытаются» сохранить направление своего движения до поворота…

В1. Какую скорость относительно земли будет иметь груз в начальный момент?

В2. Человек в обоих случаях «пытался» сохранить свою скорость.

В3. Что «пытается» сделать топор при резкой остановке полена? Что «пытается» сделать полено при резкой остановке топора?

В4. Что «пытается» сделать молоток при резкой остановке рукоятки?

В5. В момент, когда человек спотыкается, его ноги прекращают свое движение вперед, а корпус...

В6–В8. При повороте тела «пытаются» сохранить направление своего движения до поворота.

В9. Если трактор резко затормозит, а водитель автомобиля не успеет... Если трактор резко увеличит скорость, то сила, действующая на трос...

В10. При прыжке с разбега в момент толчка человек уже имеет скорость, и толчок лишь увеличивает её, а при прыжке с места...

В11–В12. Сила трения – не очень большая величина, и если она действует очень недолго...

Г1. Для быстрого изменения скорости груза, имеющего большую массу, требуется...

Г2. Пуля действует на дверь с очень большой силой, но долго ли? А когда мы открываем дверь пальцем...

§ 21

А1–А2. См. задачу 21.1.

А3. Например, нога футболиста…

А4–А7. В чём состоит эффект отдачи?

А8–А9. См. формулу (21.1).

Б1–Б2. См. задачу 21.1.

Б3. Не забудьте про силы тяжести, Архимеда, упругости, давления газов.

Б4–Б5. В сжатой пружине возникает сила упругости, которую вначале уравновешивает сила натяжения нити.

Б6–Б9. В чем состоит эффект отдачи?

Б10–Б14. См. формулу (21.1).
В1–В2. См. задачу 21.1.
В3. В данном случае также справедлива формула (21.1).
В4–В6. См. задачу 21.2.
В7. См. формулу (21.3).
В8. См. формулу (21.1).
В9. См. формулу (21.3).
Г1. 1. Трубка «толкает» воду вправо. 2. Вода по третьему закону Ньютона толкает трубку влево. 3. Вода, ударяясь о картонку, толкает её вправо. 4. Картонка, будучи привязанной проволочкой к трубке, тянет её...
Г2. Допустим, у космонавта в руках имеется какой-нибудь предмет, который ему не жалко бросить в ту или иную сторону...
Г3. См. формулу (21.1), учтите $m = \rho V$, где V – объём шарика.

§ 22

А3. См. задачу 22.1.
А4. Что утверждает закон всемирного тяготения?
А5–А7. Всегда ли действует сила тяжести?
А8. Что такое вес?
А9–А10. Чему равен вес?
А11. Действует ли на дерево сила тяжести?
А12–А13. $F_т = mg$.
А14–А16. Как влияет смазка на величину силы трения скольжения?
Б1–Б3. См. задачу 22.1.
Б4. См. задачу 22.2.
Б5–Б6. См. задачу 22.3.
Б7. См. формулу (22.3).
Б8. Притягивается ли отвес к скале?
Б9. Всегда ли действует закон всемирного тяготения?
Б10. См. формулу (22.3).
Б11. $F_т = mg$.
Б12. Как изменяется g с высотой?
Б13. Где больше g: на Луне или на Земле?
Б14–Б15. $P = mg$, g на Луне меньше, чем на Земле.
Б16. См. задачу 22.5.
Б17. $P = mg$.
Б18–Б19. См. задачу 22.5.
Б20–Б26. См. задачу 22.6, $P = F_т = mg$, значения плотностей возьмите из табл. 14.1, 14.2.
Б27. Какая поверхность более шероховатая?
Б28. Что больше: сила трения скольжения или сила трения качения?
Б29. Какое тело легче сдвинуть с места, лёгкое или тяжёлое?
Б30. Учтите $\vec{N}$ и $\vec{F}_т$.
Б31. Между Землёй и Луной действуют только силы всемирного тяготения.
Б32–Б33. Шарики взаимодействуют с пружинами и Землей, $F_{упр} = kx$, $F_т = mg$, $F_{упр} = F_т$.

В1–В3. См. задачу 22.2.

В4–В5. См. задачу 22.3.

В6. $k = \dfrac{F}{l - l_0}$, $x = \dfrac{F}{k}$.

В7. Пусть F = 5 Н. *У* какой из пружин x больше?

В8. Пусть x = 1 см. У какой из пружин F больше?

В9–В10. См. формулу (22.3).

В11. Тела будут притягиваться ещё и к экрану...

В12. См. формулу (22.3).

В13. *И*зобразите земной шар, направьте силу тяжести к центру Земли.

В14. $P_1 = m_1 g_3$, $P_2 = m_2 g_л$, $P_1 = P_2$. Что больше m_1 или m_2? На рычажных весах сравниваются массы.

В15. $F_т = mg$.

В16–В20. См. задачу 22.6, значения плотностей возьмите из табл. 14.1.

В21–В24. Мешает или помогает трение движению колёсного транспорта?

В25. Трение препятствует движению карандаша. Карандаш и книга взаимодействуют: если карандаш действует на книгу, то и книга действует на карандаш.

В26. В каком случае трение о боковую стенку пропила больше?

В27. Помогает ли сила трения покоя движению автомобиля? А сила трения качения?

В28–В29. Не забудьте про силы трения покоя, скольжения, качения.

В30. Изобразите все силы, действующие на ящик в каждом случае.

В31–В34. См. задачу 22.7.

Г1–Г4. См. задачу 22.4.

Г5. Изобразите схематически земной шар, изобразите стрелками силы тяготения, направленные к центру Земли.

Г6. Вес приложен к опоре или к точке подвеса.

Г7. *И*зменяется ли сила, давления человека на пол лифта?

Г8. На Луне: $F_1 = m_1 g_л$, $F_2 = m_2 g_л$.

Г9–Г10. См. задачу 22.7.

Г11. Сила трения покоя направлена вверх: иначе книга упадет.

Г12. Силы трения покоя не дают лестнице упасть…

Д1. См. задачу 22.4.

Д2. Так как после соприкосновения пластинки с водой пружина стала более растянутой, значит, на пружину действует дополнительная сила, направленная вниз. Будет ли действовать дополнительная сила на поверхность воды? Если да, то куда эта сила будет направлена?

Д3. Нельзя ли подвесить портфель сразу на двух нитях? Где в этом случае должен находиться динамометр?

Д4. См. задачу 22.7. Учтите: вперед мальчика толкает сила трения покоя.