

Учебно-методический комплект



ФИЗИКА 7-9

УЧЕБНИКИ

Л. Э. Генденштейн, А. Б. Кайдалов, В. Б. Кожевников
Под редакцией В. А. Орлова, И. И. Ройзена



- ✓ **ЗАДАЧНИКИ**
- ✓ **МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ**
- ✓ **САМОСТОЯТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ**
- ✓ **ТЕМАТИЧЕСКИЕ КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ**
- ✓ **ТЕТРАДИ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

Л. А. Кирик, И. М. Гельфгат, И. Ю. Ненашев

- ✓ **ПРОГРАММЫ И ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ:**

Л. Э. Генденштейн, В. И. Зинковский

- ✓ **ТЕСТЫ «ШАГ ЗА ШАГОМ»:**

Л. Э. Генденштейн, В. А. Орлов, Л. А. Кирик, И. М. Гельфгат



Учебно-методический комплект

ФИЗИКА 7-9

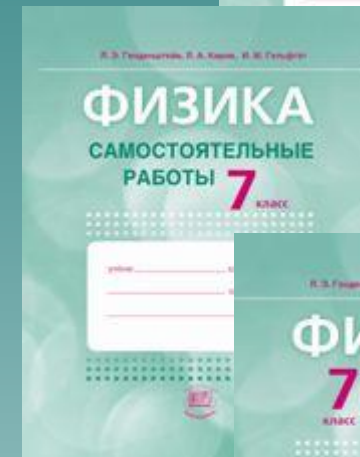
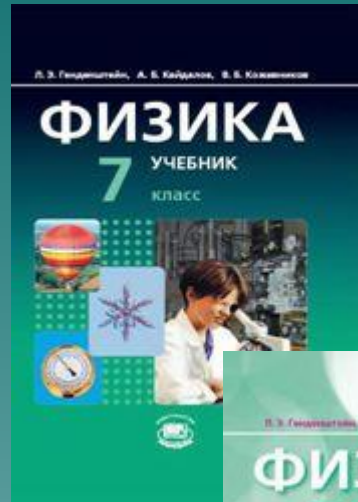
ОСОБЕННОСТИ УЧЕБНИКОВ

- ДОСТУПНОСТЬ И УВЛЕКАТЕЛЬНОСТЬ
- ДВА УРОВНЯ СЛОЖНОСТИ
- ДИАЛОГОВАЯ ФОРМА ПОДАЧИ МАТЕРИАЛА
- БЛОКИ ЦВЕТНЫХ ИЛЛЮСТРАЦИЙ
- МНОГО ПРИМЕРОВ РЕШЕНИЙ ЗАДАЧ
- ОПИСАНИЯ ОПЫТОВ С ИЛЛЮСТРАЦИЯМИ
- ДОМАШНЯЯ ЛАБОРАТОРИЯ (7-8 классы)

Учебно-методический комплект

ФИЗИКА 7-9

7 класс



- ФИЗИКА И ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ПРИРОДЫ
- СТРОЕНИЕ ВЕЩЕСТВА
- ДВИЖЕНИЕ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТЕЛ
- ДАВЛЕНИЕ. ПЛАВАНИЕ ТЕЛ
- РАБОТА И ЭНЕРГИЯ
- РАССКАЗЫ ОБ УЧЕНЫХ

Учебно-методический комплект

ФИЗИКА 7-9

8 класс



- ТЕПЛОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ
- ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ
- СВЕТОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ
- РАССКАЗЫ ОБ УЧЕНЫХ

Учебно-методический комплект

ФИЗИКА 7-9

9 класс



- **ОСНОВЫ МЕХАНИКИ**
- **АТОМ И АТОМНОЕ ЯДРО**
- **СТРОЕНИЕ И ЭВОЛЮЦИЯ ВСЕЛЕННОЙ**
- **МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ГИА**

Учебно-методический комплект

ФИЗИКА 7-9

Страницы учебника

§ 22. ВЫТАЛКИВАЮЩАЯ СИЛА. ЗАКОН АРХИМЕДА

1. Выталкивающая сила
2. Закон Архимеда
3. Доказательство закона Архимеда для тела произвольной формы
4. Легенда об Архимеде и гидростатическое взвешивание

1. ВЫТАЛКИВАЮЩАЯ СИЛА

Попробуйте утопить пальчик в воде. Вы почувствуете, что вода упирается в палец. Как же природа этой силы, которую мы называем выталкивающей?

Со стороны воды на тело действует только сила давления воды. Значит, выталкивающая сила — это результирующая сила давления, действующая на погруженное в воду тело.

Для небольшого тела выталкивающая сила может быть и осевой: она выталкивает корабли и даже ледяные горы (рис. 22.1). Выталкивающая сила изображена красной стрелкой. Мы обозначили эту силу F_A , потому что ее часто называют силой Архимеда, так как первым изучил ее древнегреческий ученый Архимед в 3 веке до н. э.

Если тело тонет (например, пловец, корабль или айсберг), то выталкивающая сила уравновешивает силу тяжести. Если же тело плавает (например, корабль), то выталкивающая сила больше силы тяжести — надводных осей, тогда она и выталкивает тело.

? Чему равна выталкивающая сила, действующая на тело массой 60 кг?

Почему вода может двинуть вверх? Ответ очевиден: вода может давить во все стороны. Сила давления жидкости направлена в любую точку поверхности. Поэтому равнодействующая сил давления, действующих, например, на участок дна корабля, направлена вверх. А эти равнодействующие и есть сила Архимеда.

Блоки иллюстраций с подписями



Рис. 22.1. Выталкивающая сила, действующая со стороны воды, держит на плаву огромный океанский корабль (а) и ледную гору — айсберг (б).

Действует ли сила Архимеда на тело, которое тонет в воде? Ответ на этот вопрос даст опыт.



ПОСТАВИМ ОПЫТ

Подвесим к мягкой пружине металлический цилиндр (рис. 22.2 а). Отметим удлинение пружины и поставим под цилиндр сосуд с водой так, чтобы цилиндр полностью погрузился в воду. Мы заметим, что удлинение пружины при этом уменьшилось (рис. 22.2 б). А это означает, что сила Архимеда действует и на полностью погруженное в воду тело!

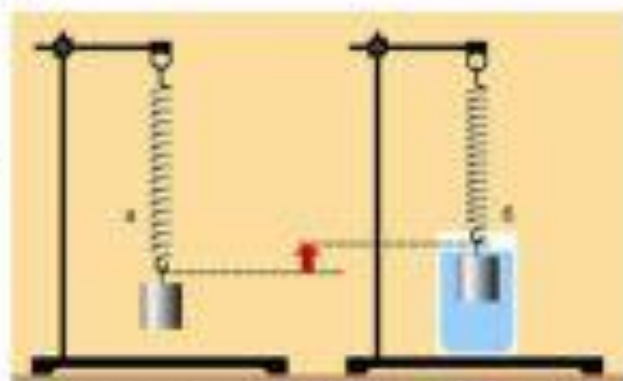


Рис. 22.2. При погружении металлического цилиндра в воду удлинение пружины уменьшилось (это показано красной стрелкой). Значит, на цилиндр, погруженный в воду, действует выталкивающая сила.

План параграфа

Диалоговый режим изложения

Вопросы в тексте

Описания опытов с иллюстрациями

Чтобы показать, почему выталкивающая сила действует на тело, полностью погруженное в жидкость, надо вспомнить, что давление жидкости увеличивается с глубиной. Поэтому на нижней поверхности тела жидкость давит с большей силой, чем на верхнюю поверхность.

2. ЗАКОН АРХИМЕДА

Как вычислить силу Архимеда для плавающего тела? Если плавающее тело имеет простую форму, легко вычислить, чему равна сила Архимеда.

РЕШИМ ЗАДАЧУ

Найдем силу Архимеда, действующую на плавающий брусок. Плотность жидкости ρ_1 , площадь основания бруска S , нижнее основание бруска находится на глубине h (рис. 22.3).

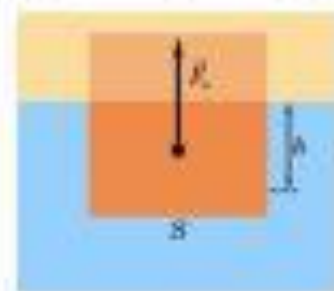


Рис. 22.3. К расчету силы Архимеда, действующей на плавающий брусок.

Решение. На глубине h давление жидкости $p = \rho_1 g h$, потому жидкость давит на нижнее основание бруска вверх силой $F_1 = p_1 S = \rho_1 g h S$. Это и есть сила Архимеда (опты давления жидкости на боковые грани бруска взаимно уравновешиваются).

Ответ: $F_A = \rho_1 g h S$.

Присмотримся теперь к получившемуся ответу. Произведение $h S$ равно объему погруженной части бруска (см рис. 22.3).

тением цветом). Если умножить этот объем на плотность жидкости ρ_1 , получим массу жидкости в этом объеме. А умножив массу на g , получим ее весомым и объеме погруженной части бруска.

Итак, мы получили, что сила Архимеда равна по модулю весу жидкости, объем которой равен объему погруженной части бруска. Пока мы доказали это для тела, частично погруженного в жидкость. Рассмотрим теперь тело, полностью погруженное в жидкость.

РЕШИМ ЗАДАЧУ

Найдем силу Архимеда (равнодействующую сил давления жидкости), действующую на полностью погруженный в жидкость брусок. Плотность жидкости ρ_1 , площадь основания бруска S , высота бруска h .

Решение. Обозначим a глубину, на которой находится верхнее основание бруска (рис. 22.4). Силы давления жидкости, действующие на боковые грани бруска, взаимно уравновешиваются. На верхнем основании бруска действует сила давления $F_1 = \rho_1 g a S$, направленная вниз. На нижнее основание бруска действует сила давления $F_2 = \rho_1 g (a + h) S$, направленная вверх. **Равнодействующая** этих сил и есть сила Архимеда $F_A = F_2 - F_1 = \rho_1 g h S$.

Ответ: $F_A = \rho_1 g h S$.

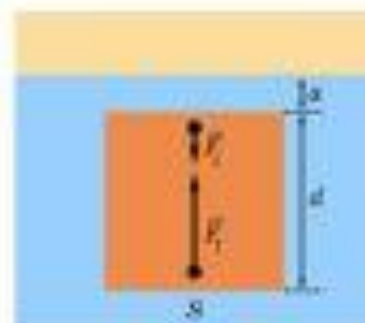


Рис. 22.4. К расчету силы Архимеда, действующей на полностью погруженный в жидкость брусок.

Присмотримся снова к полученному ответу. Мы увидим, что и в этот раз сила Архимеда равна по модулю весу жидкости в объеме всего бруска.

Переход от простого к сложному

Примеры решений задач

Действительно, dV равно объему бруска, $\rho_0 dV$ равно массе жидкости в объеме бруска и, наконец, $\rho_0 dVg$ равно весу жидкости в объеме бруска.

Вспомним теперь, что когда брусок был погружен в воду частично, сила Архимеда равнялась весу жидкости в объеме погруженной части бруска. Теперь мы можем обобщить этот вывод и на тот случай, когда «погруженной частью» является весь брусок!

Можно доказать, что полученный вывод справедлив для тела любой формы. Это доказательство, не требующее вычислений, приведено в разделе «Доказательство закона Архимеда для тела произвольной формы».

Таким образом, на тело, полностью или частично погруженное в жидкость, действует выталкивающая сила, равная по модулю весу жидкости в объеме погруженной части тела.

Впервые это установил некто Эрастосфен Киренский. Это утверждение вызывает много вопросов.

Напомним, что для тела, погруженного в жидкость, «частью тела» следует считать ту часть, которая находится в жидкости.

О красивом опыте, подтверждающем закон Архимеда, рассказано в разделе «Визуализация закона Архимеда».

? Чему равна сила Архимеда, действующая на погруженный в воду куб с длиной ребра a ? Эта сила, если куб погружен в воду на глубину h , зависит от a и h ?

Вторая часть параграфа: второй уровень сложности

РАЗВИТИЕ ТЕМЫ

3. ДОКАЗАТЕЛЬСТВО ЗАКОНА АРХИМЕДА ДЛЯ ТЕЛА ПРОИЗВОЛЬНОЙ ФОРМЫ

Мы уже знаем, что сила Архимеда — это равнодействующая сил давления жидкости на все участки тела. На рис. 22.5 а схематически изображены силы, действующие на участки одинаковой площади для тела произвольной формы. С увеличением глубины эти силы увеличиваются — потому-то равнодействующая всех сил давления и направлена вверх.

Заменим теперь мысленно погруженное в жидкость тело той же жидкостью, которая «отвердела», сохранив

свои плотность (рис. 22.5 б). На это воображаемое «твердое жидкое» тело будет действовать тот же самый вес Архимеда, что и на данное тело: ведь силы давления на различные участки тела не изменились.

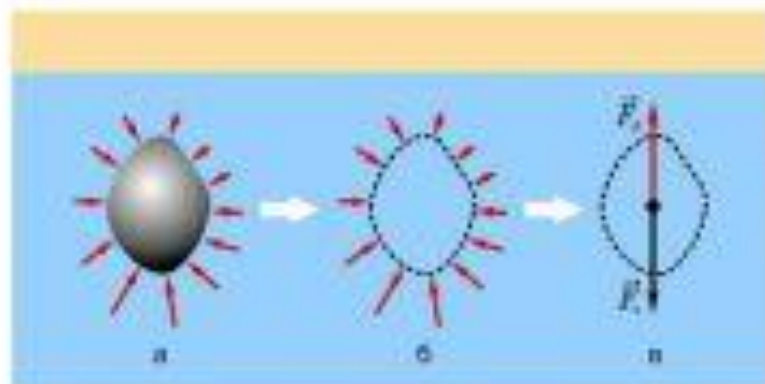


Рис. 22.5. Доказательство закона Архимеда для тела произвольной формы.

Выделенный объем жидкости, «заменив» внутри той же жидкости, находится в равновесии. Значит, действующие на него сила тяжести F_g и сила Архимеда F_A , уравновешивая друг друга, то есть равны по модулю и направлены противоположно (рис. 22.5 в). Для выделенного тела сила тяжести равна весу — значит, сила Архимеда равна весу выделенного объема жидкости. А это и есть объем погруженной части тела!

Итак, мы доказали, что на тело произвольной формы действует сила Архимеда, равная по модулю весу жидкости в объеме, занятом телом.

Приведенное доказательство — пример мысленного эксперимента. Это классический прием рассуждений многих ученых: особенно любил проводить мысленные эксперименты Галилей. Но выводы мысленного эксперимента надо обязательно проверить на настоящем эксперименте: ведь при рассуждениях и допущениях, неизбежных в любом мысленном эксперименте, можно допустить ошибку. Поэтому мы не ограничимся приведенным теоретическим доказательством закона Архимеда и проверим его на столь же красивом опыте.



ПОСТАВИМ ОПЫТ

Подвесим к пружине небольшое пустое ведро (его называют «ведерком Архимеда»), а к нему — камень произвольной формы (рис. 22.6 а). Отметим удлинение пружины и подставим под камень сосуд, в который каплет вода до уровня отливной трубки (рис. 22.6 б). При этом камень вытесняет из воды вытекающую в трубку в стакан. Мы заметим, что удлинение пружины под действием выталкивающей силы уменьшилось.

Выльем теперь вытесненную камнем воду из «ведерка Архимеда» — этим мы «добавим» к весу камня как раз вес вытесненной им воды. И мы увидим, что удлинение пружины стало таким же, каким оно было до погружения камня в воду (рис. 22.6 в). Значит, сила Архимеда действительно равна по модулю весу вытесненной камнем воды.

Рассказы
об ученых

Если мы повторим опыт, погрузив камень в воду лишь частично, то увидим, что и в этом случае сила Архимеда равна по модулю весу вытесненной камнем воды.

В лабораторной работе № 10 вы сможете проверить закон Архимеда опытным путем.

4. ЛЕГЕНДА ОБ АРХИМЕДЕ И ГИДРОСТАТИЧЕСКОЕ ВЗВЕШИВАНИЕ

Если подвешенное на пружинных весах тело опустить в воду, то показания весов уменьшатся на величину, равную выталкивающей силе, действующей на это тело.

Эта «потеря веса» при погружении тела в воду может оказаться порой «как вес золота». Именно так и произошло в знаменитой легенде об Архимеде.

Однажды царь Сиракуз — города, где жил Архимед, — заказал своему ювелиру корону из чистого золота. Когда ювелир принес готовую корону, тот подозревал Архимеда в том, что корону сделали из чистого золота и серебра. Архимед же должен был доказать царю, что корона действительно сделана из чистого золота.

Легенда гласит, что Архимед, находясь в ванне, когда он кричал ванну (рис. 22.7). Размышляя о своей задаче, Архимед заметил, что при погружении в воду его тело стало «легче». И он догадался, как использовать эту «потерю веса» для ответа на вопрос царя.

Образовавшийся Архимед выслушал из ванны и побегол по улицам Сиракуз, крича «Эврика!», что в переводе с греческого означает «Нашел!».

С тех пор слово «эврика», ставшее символом счастливой идеи, озарения (воспомните «обитою Навою»).

Живые
рисунки



Рис. 22.7. Решение задачи о царской короне пришло в голову Архимеду, когда, погружаясь в ванну, он почувствовал, что стал «легче».

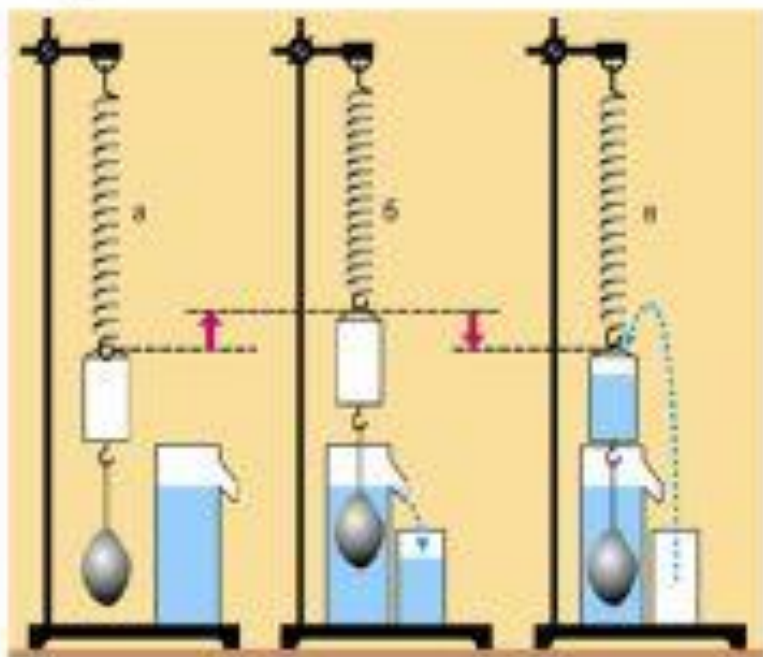


Рис. 22.6. Опыт показывает, что сила Архимеда равна весу воды, вытесненной телом.

Представим, корону можно было взвесить в воде. Скорее всего, ее использовали как эталон при изготовлении этой короны.

Согласно закону Архимеда выталкивающая сила в воде равна весу воды в объеме, занятом короной. Обозначим F вес короны в воздухе, а F' — ее вес в воде. Тогда $F - F' = \rho_0 V$, где ρ_0 — плотность воды, V — объем короны. Отсюда $V = \frac{F - F'}{\rho_0}$. Подставим это выражение для

объема в формулу для плотности короны $\rho = \frac{P}{Vg}$

$$\rho = \frac{P}{Vg} = \rho_0 \frac{P}{P - P'}$$

Эта формула позволяет находить плотность короны в воде. Подставим в нее значения $P = 20 \text{ Н}$ и $P' = 18,7 \text{ Н}$. Оказалась масса короны равна массе воды в объеме, занятом короной. Она оказалась равна массе вытесненной воды. — так что же случилось царь задумал проверить корону.

Описанный способ измерения плотности называют гидростатическим взвешиванием (см. лабораторную работу № 10).

Подведем итоги
(для конспекта)

Примеры
оформления
решений задач

Два уровня
вопросов и
заданий

ЧТО МЫ УЗНАЛИ

- На тело, полностью или частично погруженное в жидкость, действует направленная вверх выталкивающая сила (сила Архимеда). Эта сила — равнодействующая сил давления, действующих на все участки погруженной в воду поверхности тела.
- Закон Архимеда: на тело, полностью или частично погруженное в жидкость, действует выталкивающая сила, равная по модулю весу жидкости в объеме погруженной части тела.
- Если тело, подвешенное к динамометру, погрузить в жидкость, показания динамометра уменьшатся на величину, равную силе Архимеда. Благодаря этому плотность жидкости можно измерить с помощью гидростатического взвешивания.

РЕШИМ ЗАДАЧУ

Могла ли быть корона сделанной из чистого золота, если ее вес в воздухе равен 20 Н, а при погружении в воду она стала «весить» 18,7 Н?

Дано:

$$P = 20 \text{ Н}$$

$$P' = 18,7 \text{ Н}$$

$$\rho_0 = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$g = 10 \text{ Н/кг}$$

Решение.

Используя метод гидростатического взвешивания, получаем

$$\rho = \rho_0 \frac{P}{P - P'} = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \frac{20 \text{ Н}}{20 \text{ Н} - 18,7 \text{ Н}} = 15,4 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Поскольку плотность золота равна $19,3 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, приходим к выводу, что корона сделана не из чистого золота.

Ответ: не могла.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

Первый уровень

1. Какие наблюдения указывают на существование выталкивающей силы?
2. Почему на погруженное в жидкость тело действует выталкивающая сила?
3. Сформулируйте закон Архимеда.
4. Какова природа силы Архимеда?
5. Действует ли со стороны воды сила Архимеда на тело, которое тонет в воде? Если да, то почему тогда тело тонет?
6. Почему при погружении в воду тела, подвешенного к динамометру, показания динамометра уменьшаются?

Второй уровень

7. В сосуде с водой лежат алюминиевый и медный шары. На какой из них действует большая сила Архимеда, если: а) радиусы шаров равны; б) массы шаров равны?
8. Медный и алюминиевый шары одинаковой массы лежат на дне бассейна с водой. Во сколько раз отличаются действующие на них выталкивающие силы?
9. В чем состоит метод гидростатического взвешивания? Что можно измерить с его помощью?

10. На рычажных весах уравновесили два шара — золотой и медный. Нарушится ли равновесие весов, еслигрузить их вместе с шарами в воду? Если нарушится, то какой шар в воде «перевесит»?
11. На полностью погруженную в воду медную деталь массой 8,9 кг действует выталкивающая сила, равная 20 Н. Сплошная эта деталь или полая? Если полая, то чему равен объем полости?
12. В жидкость погружены подвешенный на рычажных весах алюминиевый брусок. При погружении в жидкость весы уменьшились на 2 Н. Чему равен вес бруска в жидкости?
13. Сила Архимеда, действующая на брусок, изготовленный из керамики, отличается на 2 Н от силы Архимеда, действующей на брусок из алюминия. Какая сила больше? Чему равен вес бруска?
14. Какую силу надо приложить к тонкому камню массой 10 кг, чтобы поднять его со дна?
15. Составьте задачу на силу Архимеда, в которой было бы 10 м^3 .

Домашние опыты и наблюдения

ДОМАШНЯЯ ЛАБОРАТОРИЯ

1. Найдите до разного размера три воздушных шарика. Проверьте с их помощью закон Архимеда, какой из шариков легче утонуть в ванне с водой? Замечает ли вы, что сила Архимеда увеличивается, когда увеличивается объем погруженной в воду части шарика?
2. Положите камень или кусок кирпича в полиэтиленовый пакет и подвесьте его на большой резинке. Уменьшается ли длина резинки при погружении пакета в воду? Объясните ваш опыт.

§ 23. ПЛАВАНИЕ ТЕЛ

1. Условия плавания тел
2. Воздухоплавание
3. Плавание судов
4. Дрифтболы

1. УСЛОВИЯ ПЛАВАНИЯ ТЕЛ

Какая часть объема плавающего тела погружена в жидкость? Если тело плавает, то действующая на него сила Архимеда уравновешивает силу тяжести: $F_A = F_g$. Сила Архимеда $F_A = \rho_ж V \gamma$, где $\rho_ж$ — плотность жидкости, V — объем погруженной в жидкость части тела. Для однородного тела, то есть тела, состоящего из одного и того же вещества, сила тяжести $F_g = mg = \rho V \gamma$, где V —

Иллюстрации будут воображение

Отсюда $\frac{V'}{V} = \frac{\rho_ж}{\rho_т}$, то есть если жидкое или газообразное тело плавает в жидкости, то погружена в жидкость часть объема тела, погруженная в жидкость. Например, сосновое бревно плавает в воде, погрузившись наполовину, потому что плотность сосны составляет 0,5 от плотности воды, а ледовой айсберг плавает, погружившись в воду на $\frac{9}{10}$, потому что плотность льда составляет 0,9 от плотности воды (рис. 23.1).



Рис. 23.1. Подводная, немидкая часть айсберга в 9 раз больше его надводной, надводной части. По этой причине айсберги очень опасны для судов.

Условия плавания однородных тел. Из равенства $\frac{V'}{V} = \frac{\rho_1}{\rho_2}$ следует, что если $\rho_1 < \rho_2$, то $V' < V$. Если же $\rho_1 = \rho_2$, то для тела сила Архимеда $F_A = \rho_2 g V'$ равна тяжести $F_g = \rho_1 g V$, то есть тело будет находиться в равновесии. Это означает, что:

Наглядность выводов

- если плотность тела меньше плотности жидкости, то тело плавает, частично погружаясь в жидкость (рис. 23.2 а);
- если плотность тела равна плотности жидкости, то тело плавает, полностью погружаясь в жидкость (рис. 23.2 б);
- если плотность тела больше плотности жидкости, то тело тонет (рис. 23.2 в).

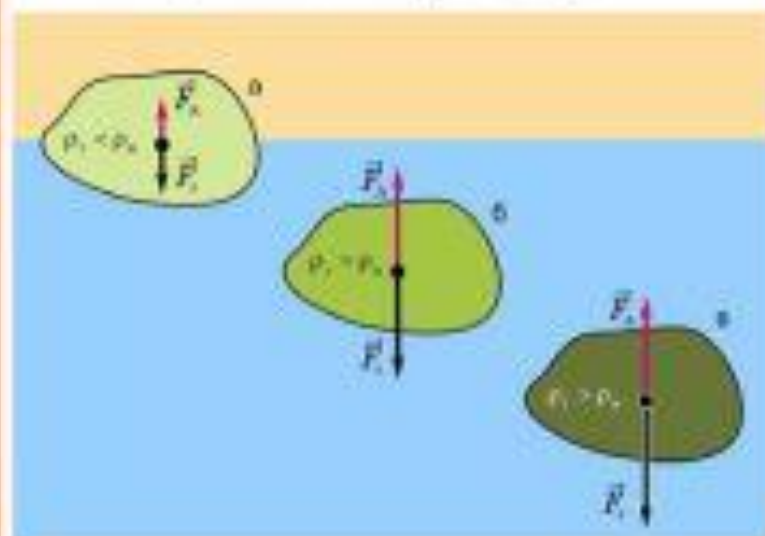


Рис. 23.2. Условия плавания однородных тел.

? В какой известной вам жидкости будет плавать стальной брусок? Будет ли в этой жидкости плавать серебряный брусок? золотой?

Условия плавания тел вы будете изучать на опыте в лабораторной работе № 11.

2. ВОЗДУХОПЛАВАНИЕ

День вчерашний и день сегодняшний

Первый воздушный шар был запущен в Монгольфии во Франции. Первые шары называли монгольфиерами. Монгольфиера был ярким событием в истории воздухоплавания. Сегодня воздушные шары широко используют в туризме, спорте, рекламе.

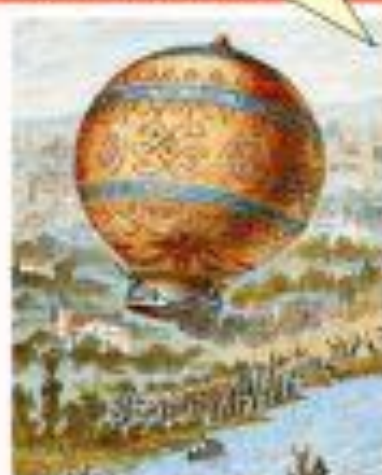


Рис. 23.3. Полет монгольфиера



Рис. 23.4. Современный воздушный шар.

Почему воздушные шары «плавают» в воздухе? Благодаря закону Архимеда. Он справедлив не только для жидкостей, но и для газов: на тело, находящееся в газе, действует выталкивающая сила, равная весу газа в объеме тела.

Выталкивающая сила в газе возникает по той же причине, что и в жидкости: из-за того, что давление с высотой уменьшается. Вследствие этого на верхнюю поверхность воздушного шара воздух давит с большей силой, чем на нижнюю. Поэтому равнодействующая сил

давления воздуха, действующая на все участки поверхности шара, направлена вверх — это и есть сила Архимеда. Когда шар «плавает» в воздухе, сила Архимеда уравновешивает силу тяжести.

Почему воздушные шары такие большие? Сила Архимеда действует на все выходящее в воздухе тела — в том числе и на вас сейчас. Почему же вы не взлетаете, а воздушный шар взлетает? Чтобы найти ответ на этот вопрос, решим задачу.

? РЕШИМ ЗАДАЧУ

Каким должен быть объем воздушного шара, чтобы действующая на него сила Архимеда была равна силе тяжести, действующей на человека массой 70 кг?

Решение. Обозначим объем воздушного шара V . Тогда действующая на него сила Архимеда $F_A = \rho_{\text{возд}} g V$. На человека действует сила тяжести $F_g = mg$, где m — масса человека. Из равенства $F_A = F_g$ получаем $\rho_{\text{возд}} V = m$, откуда

$$V = \frac{m}{\rho_{\text{возд}}} = \frac{70 \text{ кг}}{1,3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} = 54 \text{ м}^3. \text{ Это — объем комнаты, причем не}$$

маленькой!

Ответ: 54 м³.

Итак, огромные размеры воздушного шара объясняются малой плотностью воздуха. Она в 800 раз меньше плотности воды, поэтому для того, чтобы вытеснить одной и той же силой Архимеда вытесненный объем воздуха должен быть примерно в восемьсот раз больше, чем вытесненный объем воды.

Чем наполняют воздушные шары? Большого объема еще недостаточно для того, чтобы воздушный шар плавал в воздухе. Чтобы выталкивающая сила уравновешивала силу тяжести, надо, чтобы воздушный шар имел еще и достаточно малую массу, поскольку шар (вместе с веревкой и насосом) должен весить столько же, сколько и воздух такого же объема.

Поэтому воздушный шар надо наполнить газом, имеющим меньшей плотностью, чем окружающий воздух. Первые воздушные шары — жонглиеры наполняли горячим воздухом: его плотность меньше плотности холодного воздуха. Горячим воздухом наполняют часто воздушные шары и сегодня — его нагревают газовой горелкой, расположенной под отверстием в нижней части шара. Также воздушные шары используют в аттракционах и в научных экспериментах. Они поднимаются на сравнительно небольшую высоту (сотни метров).

На большую же высоту (десятки километров) может подняться только шар, наполненный газом, плотность которого меньше плотности воздуха. Такие шары используют в авиации. Наполненные газом шары диаметром 1–2 м используют для исследования верхних слоев атмосферы. Позволяют приборам, помещаемым в эти шары, передвигаться по разредам — их используют, например, для представления погоды.

Второй уровень

РАЗВИТИЕ ТЕМЫ

3. ПЛАВАНИЕ СУДОВ

Почему плавает пластиковая лодочка и стальные корабли?

🔍 ПОСТАВИМ ОПЫТ

Спустите в воду пластилиновый брусок — он сразу пойдет ко дну, потому что плотность пластилина больше плотности воды. А теперь вылепите из этого же пластилина лодочку и опустите ее на воду. Она будет плавать. Почему?

На рис. 23.5 схематически в разрезе показана плавающая лодочка.

Объем вытесненной лодочкой воды обведен пунктиром — мы видим, что он намного больше объема всего пластилина, из которого сделана лодочка.



Рис. 23.5. Объем вытесненной лодочкой воды намного больше объема пластилина, из которого она сделана.

Опыты, доступные каждому

А сила Архимеда равна весу вытесненной подлоной воды. И благодаря форме подлоны эта сила настолько велика, что может уравновесить действующую на подлоду силу тяжести.

Этот дошедший опыт объясняет, почему в морях и реках могут плавать огромные стальные корабли, — несмотря на то что плотность стали почти в 8 раз больше плотности воды. В «подводной» части корабля, выходящей ниже уровня воды, есть большие полости, благодаря чему подводная часть корабля вытесняет большой объем воды — он во много раз больше объема металла, из которого сделан корабль. В результате возникает большая выталкивающая сила, которая уравновешивает действующую на корабль силу тяжести.

Как увеличить безопасность корабля? Если в две корабля по какой-либо причине возникает отверстие (например, из-за столкновения с подводной частью айберга, или в случае «Титаника»), полости в подводной части корабля начинают заполняться водой. Из-за этого будет увеличиваться действующая на корабль (с появившейся в него водой) сила тяжести. В результате корабль может потонуть.

Поэтому для увеличения безопасности корабля подводную его часть часто делают из отсеков, разделенных прочными водонепроницаемыми переборками.

Если в подводной части борта корабля появится отверстие, то водой заполнится только один или несколько отсеков.

При этом корабль погружится в воду глубже, но не потонет (рис. 23.6).



Рис. 23.6. Отверстие в подводной части корабля

Что означают некоторые «морские» термины? Глубину погружения судна в воду называют осадкой. Наибольшую допустимую осадку отмечают на борту судна зачерпнушкой (рис. 23.7).

Массу судна с максимально возможным грузом (когда верхняя часть находится на уровне воды) называют водо-

измещающим судна. Наибольшее водоизмещение (до 500 000 т) у танкеров — судов для перевозки нефти.

Водоизмещение океанского пассажирского лайнера — десятки тысяч тонн, а небольшой лоды — несколько тонн.

Грузоподъемность судна равна максимальной массе груза, который можно поместить на это судно, то есть она равна разности между водоизмещением судна и массой этого судна без груза.



Рис. 23.7. Ватерлиния

? На судах, плавающих в морях и реках, делают две ватерлинии — одну для морской, а другую — для пресной воды, поскольку плотность морской воды больше, чем пресной. Как из этих двух ватерлиний вытекает?

4. ДИРИЖАБЫ

В середине 19-го века начали создавать и управлять воздушные шары — дирижаблы. Во время Первой и Второй мировых войн их использовали в военных целях, а сегодня их используют в основном для транспортировки крупногабаритных грузов. На рис. 23.8 показан современный российский дирижабль.



Рис. 23.8. Современный российский дирижабль

ЧТО МЫ УЗНАЛИ

- Чем меньше отношение плотности плавающего тела к плотности жидкости, тем меньшая часть объема тела погружена в жидкость.
- Условия плавания однородных тел: если плотность тела меньше плотности жидкости, то тело плавает, частично погрувшись в жидкость; если плотность тела равна плотности жидкости, то тело плавает, полностью погрувшись в жидкость; если плотность тела больше плотности жидкости, тело тонет.
- Закон Архимеда для газов: на тело, находящееся в газе, действует выталкивающая сила, равная весу газа в объеме тела. Благодаря действию силы Архимеда возможно воздухоплавание.
- Воздушные шары наполняют газом, плотность которого меньше плотности окружающего воздуха: теплым воздухом, водородом или гелием.
- Плавание судов возможно потому, что в части судна, погруженной в воду, есть большие полости, вследствие чего судно вытесняет большой объем воды.
- Глубину погружения судна в воду называют осадкой. Наибольшую допустимую осадку отмечают на борту судна вертикальной.
- Массу судна с максимально возможным грузом называют водоизмещением судна.
- Грузоподъемность судна равна разности между водоизмещением судна и массой этого судна без груза.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

Первый уровень

1. Какая часть объема плавающего тела погружена в жидкость, если плотность тела в 3 раза меньше плотности жидкости?
2. В каком случае на плавающую пробку действует большая сила Архимеда — когда пробка плавает в воде или когда она плавает в керосине?
3. Сформулируйте условия плавания однородных тел.
4. Тело массой 1 кг имеет объем 500 см^3 . Будет ли это тело плавать в воде? в керосине?

5. Почему основная часть айсберга находится под водой?
6. Металлический шарик тонет в ртути. Из какого металла может быть сделан этот шарик?
7. Пластина из пенопласта толщиной 10 см плавает на воде, погружившись на 2 см. Какова плотность этого пенопласта?
8. Чем объясняются огромные размеры воздушных шаров?
9. Почему воздушный шар надо наполнять газом, плотность которого меньше плотности окружающего воздуха?

Второй уровень

10. О неумевшем плавать гоголит — плавает как поперек. Может ли поперек все-таки плавать?
11. Терпичие бедствие кланя иногда залезли в бутылку, плотно закрывали ее и пустили на волю волн. Почему пустая стеклянная бутылка плавает?
12. Какой вывод о средней плотности тела человека можно сделать из того, что человек может лежать на воде?
13. Почему плавают суда, изготовленные из материалов, плотность которых больше плотности воды?
14. Что такое водоизмещение?
15. В ртути плавает медный шарик. Где глубина погружения шарика больше — когда опыты проводят на Земле или когда его проводят на Луне?
16. Человек массой 60 кг стоит на плоской льдине. Какой может быть масса льдины, если она не полностью погружена в воду?
17. Какой массы груз сможет поднять воздушный шар, наполненный гелием, если объем шара 50 м^3 ? Масса оболочки шара равна 20 кг.
18. Составьте задачу на условия плавания тел, ответом которой было бы «В воде будет плавать, а в керосине утонет».



ДОМАШНЯЯ ЛАБОРАТОРИЯ

1. Измерьте, какая часть губки погружена в воду, когда губка плавает. Какой вывод отсюда можно сделать о плотности губки?
2. Проведите опыт с плавающей лодочкой, описанный в параграфе.
3. Налейте в стакан воду до половины и опустите в воду ледяной кубик из мороженицы. Наблюдайте за «плавающим айсбергом» — какая его часть погружена в воду? Будет ли изменяться уровень воды в стакане при таянии льда? Объясните результаты своего опыта.

ГЛАВНОЕ В ГЛАВЕ «ДАВЛЕНИЕ, ЗАКОН АРХИМЕДА И ПЛАВАНИЕ ТЕЛ»

- Давлением p называют отношение силы давления F , действующей на некоторую площадь S поверхности, к этой площади: $p = \frac{F}{S}$.
- Единица давления в СИ: $1 \text{ Па} = 1 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$.
- Сила давления на любой участок поверхности перпендикулярна этому участку.
- Давление газа на стенку сосуда обусловлено ударами хаотически движущихся молекул газа по стенке.
- Закон Паскаля: давление, производимое внешними силами на жидкость или газ, передается в каждую точку жидкости или газа. Закон Паскаля обусловлен подвижностью молекул жидкости и газа.
- С помощью гидравлического пресса, действие которого основано на законе Паскаля, можно получить выигрыш в силе: $\frac{F_2}{F_1} = \frac{S_2}{S_1}$.
- Давление жидкостей и газов измеряют манометрами.
- При увеличении объема и при повышении температуры давление газа увеличивается.
- Давление жидкости увеличивается с глубиной: на глубине h давление жидкости $p = \rho gh$.
- Закон сообщающихся сосудов: в сообщающихся сосудах, в которые налита одна и та же жидкость, поверхность жидкости находится на одном уровне.
- Земля окружена воздушной оболочкой — атмосферой. Из-за притяжения к Земле атмосфера давит на ее поверхность и на все тела, находящиеся у поверхности Земли.
- Атмосферное давление на уровне моря равно примерно 100 кПа. Оно примерно равно давлению, создаваемому

столбом воды высотой 10 м или столбом ртути высотой 760 мм.

- В опыте Торричелли ртуть не выливается из трубки, потому что ее удерживает давление атмосферы на поверхность ртути в чаше.
- Атмосферное давление измеряют барометрами.
- Уменьшение атмосферного давления предсказывает ухудшение погоды, а повышение атмосферного давления — улучшение погоды.
- С увеличением высоты давление атмосферы уменьшается.
- На тело, полностью или частично погруженное в жидкость, действует направленная вверх выталкивающая сила (сила Архимеда). Эта сила — равнодействующая сил давления, действующая на все участки погруженной в жидкость поверхности тела.
- Закон Архимеда: на тело, полностью или частично погруженное в жидкость, действует выталкивающая сила, равная по модулю весу жидкости в объеме погруженной части тела.
- Условия плавания однородных тел: если плотность тела меньше плотности жидкости, то тело плавает, частично погруженное в жидкость; если плотность тела равна плотности жидкости, то тело плавает, полностью погруженное в жидкость; если плотность тела больше плотности жидкости, тело тонет.
- Закон Архимеда для газов: на тело, находящееся в газе, действует выталкивающая сила, равная весу газа в объеме тела. Благодаря действию силы Архимеда возможно воздухоплавание.
- Воздушные шары наполняют газом, плотность которого меньше плотности окружающего воздуха: теплым воздухом, водородом или гелием.

Учебно-методический комплект

ФИЗИКА 7-9

ОСОБЕННОСТИ ЗАДАЧНИКОВ

- СВОДКА ОСНОВНЫХ ФОРМУЛ В НАЧАЛЕ ПАРАГРАФА
- ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ
- УСТНАЯ РАЗМИНКА
- ТРИ УРОВНЯ СЛОЖНОСТИ
- «КРЕПКИЕ ОРЕШКИ»
- РЕШЕНИЯ КЛЮЧЕВЫХ ЗАДАЧ
- УКАЗАНИЯ

Учебно-методический комплект

ФИЗИКА 7-9

Страницы задачника

100 до 99 °С. За сколько времени показания термометра увеличатся от 60 до 59 °С? Считайте, что количество теплоты, передаваемое телом окружающей среде, прямо пропорционально разности температур между телом и окружающей средой. Температура в комнате 20 °С.

4.59. Нагреватель мощностью 50 кВт повышает температуру воды, протекающей со скоростью 1 м/с по трубе диаметром 2 см, с 15 до 35 °С. Какая часть количества теплоты, выделяемого нагревателем, уходит в окружающую среду?

4.60. Запасной электрический кипятильник мощностью 350 Вт не может нагреть воду массой 600 г до кипения. Убедившись в этом, его выключают. Однако, на сколько доводится температура воды через 15 с после выключения кипятильника?

4.61. В калориметр с водой перенесли из котла железный шарик, а в результате чего температура в калориметре поднялась с 20 до 40 °С. Какой станет температура в калориметре после переноса из котла второго такого же шарика? Третий? Сколько таких шариков надо перенести, чтобы температура в калориметре стала равной 80 °С?

4.62. В одном сосуде выливается 1 л холодного молока при температуре 20 °С, а во втором сосуде — такое же количество горячей воды при температуре 80 °С. Как, используя теплопередачу между молоком и водой, сделать так, чтобы молоко стало теплее воды? Разрешается применять дополнительные сосуды и приводить их в соответствие, но смешивать воду с молоком нельзя. Считайте плотность и удельную теплоемкость молока такими же, как у воды.

О чём-то дальнее, аномальное,
О чём-то близкое и редкое,
Страх, а значит свет.

А.Лиханович

5. ЭНЕРГИЯ ТОПЛИВА. УДЕЛЬНАЯ ТЕПЛОТА СГОРАНИЯ

$$Q = qm$$

Пример решения задачи

В медном сосуде массой 500 г нагревают воду массой 2 кг, нагретую при температуре 10 °С. До какой температуры можно нагреть воду, сжигая 50 г спирта? КПД горелки считайте равным 50 %.

Дано:

$$m_1 = 50 \text{ г} = 0,05 \text{ кг}$$

$$c = 26 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{С}}$$

$$m_2 = 500 \text{ г} = 0,5 \text{ кг}$$

$$c_2 = 380 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{С}}$$

$$t_1 = 10 \text{ } ^\circ\text{С}$$

$$m_3 = 2 \text{ кг}$$

$$c_3 = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{С}}$$

$$\eta = 0,5$$

$$t_2 = ?$$

Решение.

При сгорании спирта выделяется энергия $Q_1 = qm_1$. Вода и сосуд при нагревании получают количество теплоты

$$Q_{2+3} = c_2 m_2 (t_2 - t_1) + c_3 m_3 (t_2 - t_1)$$

Согласно определению КПД нагревателя

$$\eta = \frac{Q_{2+3}}{Q_1}$$

$$\text{Откуда } t_{2+3} = (c_2 m_2 + c_3 m_3) (t_2 - t_1)$$

$$\text{Следовательно, } t_2 = t_1 + \frac{\eta Q_1}{c_2 m_2 + c_3 m_3}$$

Подставляем числовые значения и проверяем единицы величин:

$$t_2 = 10 \text{ } ^\circ\text{С} + \frac{0,5 \cdot 26 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{С}} \cdot 0,05 \text{ кг}}{380 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{С}} \cdot 0,5 \text{ кг} + 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{С}} \cdot 2 \text{ кг}} = 86 \text{ } ^\circ\text{С}$$

Ответ. 86 °С.

УСТНАЯ РАЗМИНКА

5.1. Определите по таблице на форште, какое из перечисленных и ней водоросль имеет самую маленькую удельную теплоту сгорания, а какое — самую большую.

5.2. Что означает выражение: удельная теплота сгорания топлива равна 26 МДж/кг? Что это может быть за топливо?

5.3. Удельная теплота сгорания каменного угля примерно в 2 раза больше удельной теплоты сгорания торфа. Сравните количества теплоты, получаемые при сжигании каменного угля и торфа одинаковой массы.

5.4. В каком случае можно получить большее количество теплоты: при сжигании пороха массой 1 кг или бензина такой же массы?

5.5. Сколько энергии выделяется при полном сгорании керосина массой 1 кг?

5.6. Почему, сгораясь быстрее нагреть воду и чайники, увеличивают пламя, отсверкаивая края горелки?

100 до 90 °С. За сколько времени показания термометра увеличатся от 40 до 50 °С? Считайте, что количество теплоты,瞬息угодно передаваемое телом окружающей среде, прямо пропорционально разности температур между телом и окружающей средой. Температура в комнате 20 °С.

4.59. Нагреватель мощностью 50 кВт повышает температуру воды, протекающей со скоростью 1 м/с по трубе диаметром 2 см, с 15 до 35 °С. Какая часть количества теплоты, выделяемого нагревателем, передается окружающей среде?

4.60. Зонтирчатый калориметр мощностью 350 Вт не может нагреть воду массой 600 г до кипения. Убедившись в этом, его выключают. Однако, на сколько повышится температура воды через 15 с после выключения калориметра.

4.61. В калориметр с водой перенесли из калитки металлический шарик, в результате чего температура в калориметре поднялась с 20 до 40 °С. Какой станет температура в калориметре после переноса из калитки второго такого же шарика? Третьего? Сколько тонн шариков надо перенести, чтобы температура в калориметре стала равной 90 °С?

4.62. В одном сосуде находится 1 л холодного молока при температуре 20 °С, а во втором сосуде — такое же количество горячей воды при температуре 80 °С. Как, используя теплопередачу между молоком и водой, сделать так, чтобы молоко стало теплее воды? Разрешается применять дополнительные сосуды и приводить их в соприкосновение, но смешивать воду с молоком нельзя. Считайте плотность и удельную теплоемкость молока такими же, как у воды.

О чём-то дальняя, волнения,
О чём-то ближком и радном,
Страны, слезы, гонимы.

А.Тютчевский

5. ЭНЕРГИЯ ТОПЛИВА. УДЕЛЬНАЯ ТЕПЛОТА СГОРАНИЯ

$$Q = qm$$

Пример решения задачи

В медном сосуде массой 500 г нагревают воду массой 2 кг, которую при температуре 10 °С. До какой температуры можно нагреть воду, сжигая 50 г сарыи? КПД горелки считайте равным 50 %.

$$\begin{aligned} \text{Дано:} \\ m_1 = 50 \text{ г} = 0,05 \text{ кг} \\ q = 26 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \\ m_2 = 500 \text{ г} = 0,5 \text{ кг} \\ c_1 = 380 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{С}} \\ t_1 = 10 \text{ }^\circ\text{С} \\ m_3 = 2 \text{ кг} \\ c_2 = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{С}} \\ \eta = 0,5 \\ t_2 = ? \end{aligned}$$

Решение.

При сгорании сарыи выделяется энергия $Q_1 = qm_1$. Вода и сосуд при нагревании получают количество теплоты

$$Q_{\text{пол}} = c_2 m_2 (t_2 - t_1) + c_1 m_1 (t_2 - t_1).$$

Согласно определению КПД нагревателя

$$\eta = \frac{Q_{\text{пол}}}{Q_1}.$$

$$\text{Откуда } q m_1 = (c_2 m_2 + c_1 m_1) (t_2 - t_1).$$

$$\text{Следовательно, } t_2 - t_1 = \frac{q m_1}{c_2 m_2 + c_1 m_1}.$$

Подставляем численные значения и проверим единицы вычислений:

$$t_2 = 10 \text{ }^\circ\text{С} + \frac{0,5 \cdot 26 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot 0,05 \text{ кг}}{260 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{С}} \cdot 0,5 \text{ кг} + 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{С}} \cdot 2 \text{ кг}} = 86 \text{ }^\circ\text{С}.$$

Ответ: 86 °С.

УСТНАЯ РАЗМИНКА

5.1. Определите по таблице по формуле, или по перечисленным в ней веществам имеет самую маленькую удельную теплоту сгорания, а какое — самую большую.

5.2. Что означает выражение: удельная теплота сгорания топлива равна 26 МДж/кг? Что это может быть за топливо?

5.3. Удельная теплота сгорания каменного угля примерно в 2 раза больше удельной теплоты сгорания торфа. Сравните количество теплоты, получаемые при сжигании каменного угля и торфа одинаковой массы.

5.4. В каком случае можно получить большее количество теплоты при сжигании пороха массой 1 кг или бензина такой же массы?

5.5. Сколько энергии выделяется при полном сгорании порохом массой 1 кг?

5.6. Почему, сгораясь быстрее нагреть воду в чайнике, увеличивают пламя, сгораясь при горелке?

100 до 99 °С. За сколько времени показания термометра уменьшатся от 60 до 50 °С? Считайте, что количество теплоты, теплообмен передаваемое телом окружающей среде, прямо пропорционально разности температур между телом и окружающей средой. Температура в комнате 20 °С.

4.59. Нагреватель мощностью 50 кВт повышает температуру воды, протекающей со скоростью 1 м/с по трубе диаметром 2 см, с 15 до 35 °С. Какая часть количества теплоты, выделенного нагревателем, передается окружающей среде?

4.60. Электромагнитный калориметр мощностью 300 Вт не может нагреть воду массой 600 г до кипения. Убедившись в этом, его выключают. Однако, за сколько повысится температура воды через 15 с после выключения калориметра.

4.61. В калориметр с водой сорвали из кипятика металлический шарик, в результате чего температура в калориметре поднялась с 20 до 40 °С. Какой станет температура в калориметре после переноса на кипятик второго такого же шарика? третьего? Сколько таких шариков надо перенести, чтобы температура в калориметре стала равной 90 °С?

4.62. В одном сосуде находится 1 л холодного молока при температуре 20 °С, а во втором сосуде — такое же количество горячей воды при температуре 80 °С. Как, минимально теплопередачу между молоком и водой, сделать так, чтобы молоко стало теплее воды? Разрешается применять доходящие сосуды и прикладывать их в соотносительстве, но смешивать воду с молоком нельзя. Считайте плотность и удельную теплоемкость молока такими же, как у воды.

О чём-то дальше, оловом,
О чём-то ближе к родню,
Страна, плечу сеча.

А. Лобановский

5. ЭНЕРГИЯ ТОПЛИВА, УДЕЛЬНАЯ ТЕПЛОТА СГОРАНИЯ

$$Q = qm$$

Пример решения задачи

В медном сосуде массой 500 г нагревают воду массой 2 кг, которую при температуре 10 °С. До какой температуры можно нагреть воду, сжигая 50 г сарая? КПД горелки считайте равным 30 %.

$$\begin{aligned} \text{Дано:} \\ m_1 = 50 \text{ г} = 0,05 \text{ кг} \\ q = 26 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \\ m_2 = 500 \text{ г} = 0,5 \text{ кг} \\ c_1 = 380 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°C}} \\ t_1 = 10 \text{ °C} \\ m_3 = 2 \text{ кг} \\ c_2 = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°C}} \\ \eta = 0,3 \\ t_2 = ? \end{aligned}$$

Решение.

При сгорании сарая выделится энергия $Q_1 = qm_1$. Вода в сосуде при нагревании получает количество теплоты

$$Q_{2,в} = c_2 m_2 (t_2 - t_1) + c_1 m_1 (t_2 - t_1).$$

Согласно определению КПД нагревателя

$$\eta = \frac{Q_{2,в}}{Q_1}.$$

$$\text{Отсюда при } \eta = (c_2 m_2 + c_1 m_1)(t_2 - t_1).$$

$$\text{Сократив, } t_2 - t_1 = \frac{\eta m_1}{c_2 m_2 + c_1 m_1}.$$

Подставляем числовые значения и проверим единицы измерения:

$$t_2 = 10 \text{ °C} + \frac{0,3 \cdot 26 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot 0,05 \text{ кг}}{380 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°C}} \cdot 0,5 \text{ кг} + 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°C}} \cdot 2 \text{ кг}} = 66 \text{ °C}.$$

Ответ: 66 °С.

УСТНАЯ РАЗМИНКА

5.1. Определите по таблице на форзаце, какое из перечисленных в ней веществ имеет самую маленькую удельную теплоту сгорания, а какое — самую большую.

5.2. Что означает выражение: удельная теплота сгорания топлива равна 26 МДж/кг? Что это может быть за топливо?

5.3. Удельная теплота сгорания каменного угля примерно в 2 раза больше удельной теплоты сгорания торфа. Сравните количество теплоты, получаемые при сжигании каменного угля и торфа одинаковой массы.

5.4. В каком случае можно получить большее количество теплоты при сжигании пороха массой 1 кг или бензина такой же массы?

5.5. Сколько энергии выделится при полном сгорании пороха массой 1 кг?

5.6. Почему, сараями быстрее нагреть воду в чайнике, чем чайники глиня, открытыми края горелки?

100 до 90 °С. За сколько времени показания термометра увеличатся от 40 до 50 °С? Считайте, что количество теплоты,瞬息угодно передаваемое телом окружающей среде, прямо пропорционально разности температур между телом и окружающей средой. Температура в комнате 20 °С.

4.59. Нагреватель мощностью 50 кВт повышает температуру воды, протекающей со скоростью 1 м/с по трубе диаметром 2 см, с 15 до 35 °С. Какая часть количества теплоты, выделяемого нагревателем, передается окружающей среде?

4.60. Центрифужной электронагреватель мощностью 350 Вт не может нагреть воду массой 600 г до кипения. Убедившись в этом, его выключают. Однако, на сколько повышится температура воды через 15 с после выключения электронагревателя?

4.61. В калориметр с водой перенесли из кипятка металлический шарик, в результате чего температура в калориметре поднялась с 20 до 40 °С. Какой станет температура в калориметре после переноса из кипятка второго такого же шарика? третьего? Сколько тонн кипятка надо перенести, чтобы температура в калориметре стала равной 90 °С?

4.62. В одном сосуде находится 1 л холодного молока при температуре 20 °С, а во втором сосуде — такое же количество горячей воды при температуре 80 °С. Как, используя теплопередачу между молоком и водой, сделать так, чтобы молоко стало теплее воды? Разрешается применять дополнительные сосуды и приводить их в соприкосновение, но смешивать воду с молоком нельзя. Считайте плотность и удельную теплоемкость молока такими же, как у воды.

О чём-то дальняя, восточная,
О чём-то ближняя и родная,
Страны, страны, страны.

А.Тютчевский

5. ЭНЕРГИЯ ТОПЛИВА. УДЕЛЬНАЯ ТЕПЛОТА СГОРАНИЯ

$$Q = qm$$

Пример решения задачи

В медном сосуде массой 500 г нагревают воду массой 2 кг, которую при температуре 10 °С. До какой температуры можно нагреть воду, сжигая 50 г сарая? КПД горелки считайте равным 50 %.

$$\begin{aligned} \text{Дано:} \\ m_1 = 50 \text{ г} = 0,05 \text{ кг} \\ q = 26 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \\ m_2 = 500 \text{ г} = 0,5 \text{ кг} \\ c_1 = 380 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{С}} \\ t_1 = 10 \text{ }^\circ\text{С} \\ m_3 = 2 \text{ кг} \\ c_2 = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{С}} \\ \eta = 0,5 \\ t_2 = ? \end{aligned}$$

Решение.

При сгорании сарая выделяется энергия $Q_1 = qm_1$. Вода и сосуд при нагревании получают количество теплоты

$$Q_{\text{пол}} = c_2 m_2 (t_2 - t_1) + c_1 m_1 (t_2 - t_1).$$

Согласно определению КПД нагревателя

$$\eta = \frac{Q_{\text{пол}}}{Q_1}.$$

$$\text{Откуда } q m_1 = (c_2 m_2 + c_1 m_1) (t_2 - t_1).$$

$$\text{Следовательно, } t_2 - t_1 = \frac{q m_1}{c_2 m_2 + c_1 m_1}.$$

Подставляем численные значения и проверим единицы вычислений:

$$t_2 = 10 \text{ }^\circ\text{С} + \frac{0,5 \cdot 26 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot 0,05 \text{ кг}}{260 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{С}} \cdot 0,5 \text{ кг} + 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{С}} \cdot 2 \text{ кг}} = 86 \text{ }^\circ\text{С}.$$

Ответ: 86 °С.

УСТНАЯ РАЗМИНКА

5.1. Определите по таблице по форме, или по перечисленным в ней веществам имеет самую маленькую удельную теплоту сгорания, а какое — самую большую.

5.2. Что означает выражение: удельная теплота сгорания топлива равна 26 МДж/кг? Что это может быть за топливо?

5.3. Удельная теплота сгорания каменного угля примерно в 2 раза больше удельной теплоты сгорания торфа. Сравните количество теплоты, получаемое при сжигании каменного угля и торфа одинаковой массы.

5.4. В каком случае можно получить большее количество теплоты при сжигании пороха массой 1 кг или бензина такой же массы?

5.5. Сколько энергии выделяется при полном сгорании пороха массой 1 кг?

5.6. Почему, сараями быстрее нагреть воду в чайнике, чем чайником пламя, сараями при горении?

Первый уровень

- 5.7. Как вы думаете, почему березовый лесник предпочитает рубить березовые дрова, а не сосновые? Цена дров одинакова.
- 5.8. Сравните энергию, которая выделяется при сгорании порохом массой 1 кг и сахара такой же массы.
- 5.9. Какое количество теплоты выделится при полном сгорании сахара массой 200 г?
- 5.10. При сгорании природного газа выделялось количество теплоты 17,6 МДж. Сколько газа было сожжено?
- 5.11. При полном сгорании некоторого топлива массой 600 г выделяется количество теплоты 16,2 МДж. Какова удельная теплота сгорания топлива? Какое это может быть топливо?
- 5.12. Какое количество теплоты выделится при полном сгорании смеси 2,5 кг бензина и 0,5 кг сахара?
- 5.13. Сколько энергии выделится при полном сгорании 2,5 л керосина?
- 5.14. Сколько сухих дров нужно сжечь, чтобы получить такое же количество энергии, как при сгорании порохом заряда массой 600 г?
- 5.15. Какое количество теплоты выделится при полном сгорании каменного угля массой 1 т? Найдите массу дровяного топлива, которым можно заменить этот уголь.

Второй уровень

- 5.16. Почему дом удобнее отапливать, используя уголь, артезианский газ или жидкое топливо, чем дрова и солому?
- 5.17. Почему в качестве топлива выгоднее использовать бензин, а не керосин, но керосин нельзя заменить бензином в артиллерийских снарядах?
- 5.18. Почему удельная теплота сгорания сухих дров меньше, чем удельная теплота сгорания сухих дров той же породы?
- 5.19. Сосновые дрова имеют большую удельную теплоту сгорания, чем березовые. Как вы думаете, почему же 1 м³ березовых дров стоит дороже, чем 1 м³ сосновых?
- 5.20. Какова масса природного газа, который надо сжечь, чтобы нагреть воду объемом $V = 100$ л от температуры $t_1 = 20$ °C до $t_2 = 40$ °C?
- 5.21. Какой объем воды можно нагреть от 20 °C до температуры кипения за счет тепла, полученного при сжигании 0,5 л керосина? Считайте, что все количество теплоты, выделенное при сгорании керосина, идет на нагревание воды.

5.22. Для нагревания воды объемом $V = 10$ л сжиган керосин массой $m = 30$ г. На сколько изменилась температура воды, если она получила 50 % теплоты сгорания керосина?

5.23. Какова масса керосина, который надо сжечь, чтобы нагреть 2 л воды от температуры 20 °C до кипения? Вода получает 50 % теплоты сгорания керосина.

5.24. До какой температуры можно нагреть 20 л воды, температура которой 20 °C, сжигая бензин массой 20 г? Считайте, что все количество теплоты, выделенное при сгорании бензина, идет на нагревание воды.

5.25. Определите КПД стартера, если при нагревании на ней 150 г воды от 20 до 80 °C происходила сжигание массы 4 г.

5.26. Удельная теплота сгорания бензина в 1,8 раза превышает удельную теплоту сгорания сахара. Означает ли это, что при сгорании 1 л бензина выделяется в 1,8 раза большее количество теплоты, чем при сгорании 1 л сахара?

5.27. Какую массу воды можно нагреть от температуры 30 °C до кипения за счет тепла, полученного при сжигании каменного угля массой 5 кг?

5.28. Легковой автомобиль массой 1 т расходует 7 л бензина на 100 км пути. На какую высоту можно было бы поднять этот автомобиль, используя всю энергию, выделенную при сгорании этого бензина?

5.29. Какой груз можно поднять на высоту 15 м за счет энергии, выделенной при сгорании 100 л бензина?

5.30. На какую высоту можно поднять груз массой 3 т, используя энергию, полученную при сжигании 0,2 л керосина?

Третий уровень

5.31. Когда автомобиль расходует больше горючего: при движении без остановок или с остановками? Объясните.

5.32. Игрушки «курималка» устроены следующим образом: в некоем отверстии у рта сплюснутой фигурки выталкивает «сигарету», состоящую из пластмассового прутика, обернутого слоем бумаги. Если эту «сигарету» поджечь, то дым от нее идет порциями. Почему?

5.33. Медный сосуд массой 500 г содержит 2 л воды при температуре 10 °C. До какой температуры можно нагреть воду, сжигая сахар массой 50 г? КПД горелки равен 50 %.

5.34. При помощи нагревателя с КПД 60 % необходимо довести до температуры кипения 4 л воды в алюминиевой кастрюле

15.51. При перемещении заряда 60 Кл по спирали электроприбора была совершена работа 900 Дж. Какова сила тока в спирали, если ее сопротивление 30 Ом?

15.52. За 20 с через проводник прошел заряд 30 Кл. Каково напряжение на концах проводника, если его сопротивление 10 Ом?

15.53. Определите сопротивление участка цепи, если при напряжении 12 В через этот участок за 15 с прошел заряд 30 Кл.

Третий уровень

15.54. Объясните наличие электрического сопротивления у проводников с точки зрения молекулярной теории строения вещества.

15.55. Два алюминиевых провода имеют одинаковую массу. Диаметр первого провода в 2 раза больше, чем диаметр второго. Какой из проводов имеет большее сопротивление и во сколько раз?

15.56. Во сколько раз отличается значение сопротивления двух алюминиевых проводов, если один из них имеет в 4 раз меньшую длину и в 3 раза меньшую площадь поперечного сечения, чем другой?

15.57. Спираль изготовлена из никромовой проволоки с площадью поперечного сечения $S = 1 \text{ мм}^2$. Какова длина этой проволоки, если при силе тока $I = 0,6 \text{ А}$ напряжение на спирали $U = 15 \text{ В}$?

15.58. Какое напряжение нужно приложить к спирали проволоки длиной 2 м, чтобы сила тока в проводнике равнялась 2 А? Площадь поперечного сечения проволоки $0,3 \text{ мм}^2$.

15.59. Какова площадь поперечного сечения железной проволоки, сила тока в которой 0,65 А при напряжении 5 В? Длина проволоки 490 м.

Краткие ответы

15.60. Сопротивление железной проволоки $R = 1 \text{ Ом}$, ее масса $m = 1 \text{ кг}$. Найдите длину проволоки l и площадь ее поперечного сечения S . Плотность железа равна 8900 кг/м^3 .

15.61. Каково сопротивление железной трубы длиной $l = 3 \text{ м}$, если внутренний диаметр трубы $d = 2 \text{ см}$, а толщина ее стенки $a = 1 \text{ мм}$?

15.62. Нужно изготовить провод длиной 100 м и сопротивлением 1 Ом. В каком случае провод получится легче: если его сделать из алюминия или из меди? Во сколько раз?

15.63. Из металла массой 1 кг нужно изготовить провод длиной 1 км. В каком случае сопротивление провода будет меньше (и во сколько раз): если его сделать из меди или серебра?

Когда различный металл
Контакт обрывает сразу
На воде кислотных составов,
То ток не пропускает металл!

Э.Г. Цирюпа

16. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ И ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ ПРОВОДНИКОВ

$$R = R_1 + R_2, \quad \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

Пример решения задачи

Каково сопротивление R показанной на рис. 50 цепи? Сопротивления резисторов $R_1 = R_2 = 30 \text{ Ом}$, $R_3 = R_4 = 60 \text{ Ом}$.

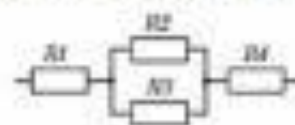


Рис. 50

Решение. Резисторы R_2 и R_3 соединены параллельно, поэтому сопротивление соответствующего участка цепи

$$R_{23} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = \frac{30 \text{ Ом} \cdot 60 \text{ Ом}}{30 \text{ Ом} + 60 \text{ Ом}} = 20 \text{ Ом}.$$

Резисторы R_1 и R_4 подключены к участку цепи $R_2 R_3$ последовательно, поэтому

$$R = R_1 + R_{23} + R_4 = 30 \text{ Ом} + 20 \text{ Ом} + 60 \text{ Ом} = 110 \text{ Ом}.$$

Ответ. $R = 110 \text{ Ом}$.


УСТНАЯ РАЗМИНКА


16.1. Резисторы сопротивлениями 2 и 3 Ом соединены последовательно. Чему равно их общее сопротивление?

15.58. Какое напряжение нужно приложить к свинцовой проволоке длиной 2 м, чтобы сила тока в проволоке равнялась 2 А? Площадь поперечного сечения проволоки $0,3 \text{ мм}^2$.

15.59. Какова площадь поперечного сечения медной проволоки, сила тока в которой 0,05 А при напряжении 5 В? Длина проволоки 400 м.

Крепкие орешки

 **15.60.** Сопротивление медной проволоки $R = 1 \text{ Ом}$, ее масса $m = 1 \text{ кг}$. Найдите длину проволоки l и площадь ее поперечного сечения S . Плотность меди равна 8900 кг/м^3 .

 **15.61.** Каково сопротивление железной трубки длиной $l = 3 \text{ м}$, если внутренний диаметр трубки $d = 3 \text{ см}$, а толщина ее стенок $a = 1 \text{ мм}$?

15.62. Нужно изготовить провод длиной 100 м и сопротивлением 1 Ом. В каком случае провод получится легче: если его сделать из алюминия или из меди? Во сколько раз?

Учебно-методический комплект



ФИЗИКА 10-11 (базовый уровень)

УЧЕБНИКИ

Л. Э. Генденштейн, Ю. И. Дик

ЗАДАЧНИКИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

САМОСТОЯТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ

ТЕМАТИЧЕСКИЕ КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ

ТЕТРАДИ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Л. А. Кирик, И. М. Гельфгат, И. Ю. Ненашев

ТЕСТЫ «ШАГ ЗА ШАГОМ»

Л. Э. Генденштейн, В. А. Орлов, Л. А. Кирик,

И. М. Гельфгат



Учебно-методический комплект

ФИЗИКА 10-11 базовый уровень

ОСОБЕННОСТИ УЧЕБНИКОВ

- **ДОСТУПНОСТЬ И УВЛЕКАТЕЛЬНОСТЬ**
- **ДИАЛОГОВАЯ ФОРМА ПОДАЧИ МАТЕРИАЛА**
- **ПРИМЕРЫ ПРОЯВЛЕНИЙ ФИЗИЧЕСКИХ ЗАКОНОВ В ОКРУЖАЮЩЕЙ ЖИЗНИ**
- **ДВА УРОВНЯ СЛОЖНОСТИ ЗАДАНИЙ**
- **ОБУЧЕНИЕ РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ**
- **ВОЗМОЖНОСТЬ ПОДГОТОВКИ К ЕГЭ**

Учебно-методический комплект

ФИЗИКА 10-11 (базовый уровень)

10 класс

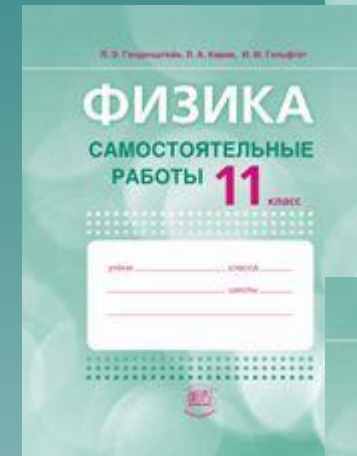


- МЕХАНИКА
- МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА
- ЭЛЕКТРОСТАТИКА
- РАССКАЗЫ ОБ УЧЕНЫХ

Учебно-методический комплект

ФИЗИКА 10-11 (базовый уровень)

11 класс



- ЭЛЕКТРОДИНАМИКА
- ОПТИКА
- КВАНТОВАЯ ФИЗИКА
- СТРОЕНИЕ И ЭВОЛЮЦИЯ ВСЕЛЕННОЙ

Учебно-методический комплект

ФИЗИКА 10-11 (базовый уровень)

Страницы учебника

МЕХАНИКА

Глава 1. КИНЕМАТИКА



Механика изучает механические движения, то есть изменение с течением времени положения тел друг относительно друга.

Основной задачей механики является определение положения тела в любой момент времени, если известны положение и скорость тела в начальный момент.

В настоящей главе вводятся основные понятия для описания движения тел. Раздел механики, в котором рассматривается описание движения тел, называется кинематикой.

§ 1. СИСТЕМА ОТСЧЕТА, ТРАЕКТОРИЯ, ПУТЬ И ПЕРЕМЕЩЕНИЕ

- Системы отсчета
- Материальная точка
- Траектория, путь и перемещение

✓
Чтобы описать движение какого-либо тела, необходимо выбрать **План урока** **ИТЭ** систему отсчета. Тело рассматривается его скоростью, положением, путем и перемещением.

СИСТЕМА ОТСЧЕТА

Движение любого тела можно описать только по отношению к какому-либо другому телу. Тело, по отношению к которому рассматривается движение всех тел в данной задаче, называется телом отсчета.

Положение тела в пространстве задается с помощью системы координат, связанной с телом отсчета. Для определения положения тела в любой момент времени нужны также часы.

✓
Тело отсчета и связанная с ним система координат и часы образуют систему отсчета (рис. 1.1).

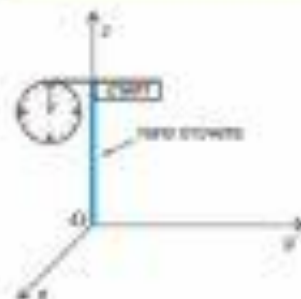


Рис. 1.1. Система отсчета состоит из тела отсчета и связанной с ним системы координат и часов.

МЕХАНИКА

Глава 1. КИНЕМАТИКА



Механика изучает механические движения, то есть изменения с течением времени положения тел друг относительно друга.

Основной задачей механики является определение положения тела в любой момент времени, если известны положение и скорость тела в начальный момент.

В настоящей главе вводятся основные понятия для описания движения тел. Раздел механики, в котором рассматриваются описание движения тел, называется кинематикой.

§ 1. СИСТЕМА ОТСЧЕТА, ТРАЕКТОРИЯ, ПУТЬ И ПЕРЕМЕЩЕНИЕ

- Система отсчета
- Материальная точка
- Траектория, путь и перемещение

Чтобы описать движение какого-либо тела, необходимо выбрать систему отсчета.

Движение тела характеризуется его скоростью, положением пункта и перемещением.

СИСТЕМА ОТСЧЕТА

Движение любого тела можно описать только по отношению к какому-либо другому телу. Тело, по отношению к которому рассматривается движение всех тел в данной задаче, называется телом отсчета.

Положение тела в пространстве задается с помощью системы координат, связанной с телом отсчета. Для определения положения тела в любой момент времени нужны также часы.

Тело отсчета и связанная с ним система координат и часы образуют систему отсчета (рис. 1.1).

Определения выделены

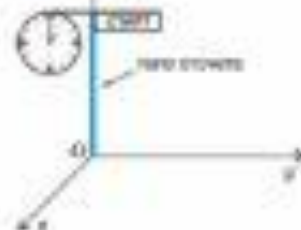


Рис. 1.1. Система отсчета состоит из тела отсчета и связанной с ним системы координат и часов.

МЕХАНИКА

Глава 1. КИНЕМАТИКА



Механика изучает механические движения, то есть изменения с течением времени (положения тела друг относительно друга).

Основная задача механики является определение положения тела в любой момент времени, если известны положение и скорость тела в начальный момент.

В настоящей главе вводятся основные понятия для описания движения тел. Раздел механики, в котором рассматриваются описание движения тел, называется кинематикой.

§ 1. СИСТЕМА ОТСЧЕТА, ТРАЕКТОРИЯ, ПУТЬ И ПЕРЕМЕЩЕНИЕ

- Системы отсчета
- Материальная точка
- Траектория, путь и перемещение

Чтобы описать движение какого-либо тела, необходимо выбрать систему отсчета.

Движение тела характеризуется его скоростью, пройденным путем и перемещением.

СИСТЕМА ОТСЧЕТА

Движение любого тела можно описать только по отношению к какому-либо другому телу. Тело, по отношению к которому рассматривается движение всех тел в данной задаче, называется телом отсчета.

Положение тела в пространстве задается с помощью системы координат, связанной с телом отсчета. Для определения положения тела в любой момент времени нужны также часы.

Тело отсчета и связанная с ним система координат и часы образуют систему отсчета (рис. 1.1).



Рис. 1.1. Система отсчета состоит из тела отсчета и связанной с ним системы координат и часов.

Когда ли укажутся тело отчета?

Тело отчета подрабатывается всегда, когда речь идет о движении — даже тогда, когда об этом теле не упоминают явно. Часто в качестве тела отчета подрабатывается Земля. Например, когда говорят: «Автомобиль едет слева», имеют в виду скорость автомобиля относительно земли, что пассажиры едут по вагону со скоростью 4 км/ч, а вот пассажира относительно вагона, то есть телом отчета. Иногда без явного указания тела отчета обойтись просто нельзя: например, фюзеляж самолета летит со скоростью 10 км/ч будет относительно, если не указать, относительно какого тела рассматриваются движение вагона — Земля, Солнце или другой вагон.

МАТЕРИАЛЬНАЯ ТОЧКА

Во многих случаях для описания движения тела достаточно указать движение только одной его точки. В таком случае тело мысленно заменяют одной точкой.

Тело, размерами которого в данной задаче можно пренебречь, называется материальной точкой.

Материальная точка является пренебрежимо малым телом, использованием которой мысленно упрощают описание его движения.

В дальнейшем мы будем рассматривать в основном такие задачи, в которых тело можно считать материальной точкой.

КОГДА ТЕЛО МОЖНО СЧИТАТЬ МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКОЙ?

Можно ли считать тело материальной точкой, зависит не от размера тела («большое» оно или «маленькое»), а от выполняемой задачи. Одно и то же тело (например, самолет или Земля) в одних задачах может рассматриваться как материальная точка, а в других — нет.

Тело можно считать материальной точкой, если выполняются лишь не одно из двух условий:

- размер тела мал по сравнению с расстоянием, пройденным телом. В этом случае различия в движении разных точек тела является пренебрежимо малым;
- все точки тела движутся одинаково, то есть любой отрезок, соединяющий две точки тела, при движении остается параллельным самому себе. Такое движение называется вращением. При поступательном движении для описания движения тела достаточно

«считать» только из одной его точки. При поступательном движении тело можно рассматривать как материальную точку, даже если длина пройденного телом пути сравнима с размерами тела.

ПРИМЕРЫ

Движение самолета

Если надо найти время перелета самолета между двумя городами, самолет можно считать материальной точкой, потому что размеры самолета намного меньше расстояния между городами (рис. 1.2).



Рис. 1.2. Для определения времени перелета между городами самолет можно считать материальной точкой.

Если нужно описать движение самолета при выполнении им фигуры высшего пилотажа, то следует учитывать, что при этом различные точки самолета движутся по-разному, самолет может поворачивать, крыльями, поднимать и опускать нос (рис. 1.3). Поэтому в таком случае самолет нельзя считать материальной точкой.



Рис. 1.3. Для описания движения самолета при выполнении им фигуры высшего пилотажа его нельзя считать материальной точкой. А, Б, С.

Движение Земли

При рассмотрении движения Земли вокруг Солнца Землю можно считать материальной точкой, потому что размеры Земли во много раз меньше расстояния от Земли до Солнца (рис. 1.4).

Когда же указывается тело отбрасывать?

Тело отбрасывается тогда, когда речь идет о движении — даже тогда, когда об этом теле не упоминают явно. Часто в кинематике тела отбрасываются. Например, когда говорят: «Автомобиль едет со скоростью 100 км/ч», имеют в виду скорость автомобиля относительно Земли. Но если сказать, что поезд едет по вагону со скоростью 4 км/ч, имеют в виду скорость пассажира относительно вагона, то если сказать, что человек идет по платформе, имеют в виду скорость человека относительно земли. Иногда без явного указания тела отбрасывать можно, просто мысленно напомнить, откуда «решка» летит со скоростью 10 км/ч: будет навесной, если не указать, относительно какого тела рассматриваются движение вагона — Земли, Солнца или другой звезды.

МАТЕРИАЛЬНАЯ ТОЧКА

Во многих случаях для описания движения тела достаточно указать движение только одной его точки. В таком случае тело мысленно заменяют одной точкой.

Тело, размеры которого в данной задаче можно пренебречь, называется материальной точкой.

Материальная точка является пренебрежимо малым телом, свойствами которой мысленно упускают из виду движение его движения.

В дальнейшем мы будем рассматривать в основном такие задачи, в которых тело можно считать материальной точкой.

КОГДА ТЕЛО МОЖНО СЧИТАТЬ МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКОЙ?

Диалоговый подход:
Многие заголовки сформулированы в виде вопросов.

... материальной точкой, зависит ли от размеров тела (материальной точки), а от материальной точки. Например, самолет над Землей в одном из моментов времени материальной точкой, а в другом — нет. ... материальной точкой, если выделенно линия ...

- размер тела мал по сравнению с расстоянием, пройденным телом. В этом случае различие в движении разных точек тела является пренебрежимо малым;
- все точки тела движутся одинаково, то есть любой отрезок, соединяющий две точки тела, при движении остается параллельным самому себе. Такое движение называется вращением. При поступательном движении для описания движения тела достаточно

«следить» только за одной его точкой. При поступательном движении тело можно рассматривать как материальную точку, даже если длина пройденного телом пути сравнима с размерами тела.

ПРИМЕРЫ

Движение самолета

Если надо найти время перелета самолета между двумя городами, самолет можно считать материальной точкой, потому что размеры самолета намного меньше расстояния между городами (рис. 1.2).



Рис. 1.2. Для определения времени перелета между городами самолет можно считать материальной точкой.

Если нужно описать движение самолета при выполнении им фигур высшего пилотажа, то следует учитывать, что при этом различные точки самолета движутся по-разному, самолет может показывать крыльями, поднимать и опускать нос (рис. 1.3). Поэтому в таком случае самолет нельзя считать материальной точкой.



Рис. 1.3. Для описания движения самолета при выполнении им фигур высшего пилотажа самолет нельзя считать материальной точкой. А, Б, С.

Движение Земли

При рассмотрении движения Земли вокруг Солнца Землю можно считать материальной точкой, потому что размеры Земли во много раз меньше расстояния от Земли до Солнца (рис. 1.4).

БОЛЬШОЕ ЧИСЛО
МАЛОСТРАДНЫХ
УВЕЛИЧИВАЕТ
НАГЛЯДНОСТЬ



Рис. 1.4. При рассмотрении движения Земли вокруг Солнца Землю можно считать материальной точкой.

определяет положение различных точек Земли в разные моменты времени. Землю нельзя рассматривать как материальную точку (рис. 1.5).



Рис. 1.5. При рассмотрении движения различных точек земной поверхности вращением суточного вращения Земли не можно считать материальной точкой.

Полет лыжника с трамплина

При прыжке с трамплина лыжник в полете движется практически поступательно. Для описания движения лыжника достаточно задать движение только одной его точки (рис. 1.6). Поэтому лыжника можно считать материальной точкой.



Рис. 1.6. Поступательное движение лыжника в полете.

ТРАЕКТОРИЯ, ПУТЬ И ПЕРЕМЕЩЕНИЕ

Дискретной движущей телу задают воображаемую линию в пространстве, по которой движется тело.

Например, когда вы идёте мимо дома, оставившийся им след показывает траекторию движения точки тела (в системе отсчёта, связанной с землёй). Другой интересный пример — след, оставляемый выходящим самолётом (рис. 1.7). Этот след показывает траекторию самолёта в системе отсчёта, связанной с Землёй.



Рис. 1.7. След самолёта показывает его траекторию в системе отсчёта, связанной с Землёй.

Если тело вернулось в начальную точку, траектория является замкнутой.

Например, если вы утром вышли из дома, а вечером вернулись домой, траектория вашего движения за день является замкнутой.

Длина траектории называется длиной, пройденным телом.

Путь является скалярной величиной и обозначается обычно буквой l .

Если некоторые участки траектории накладываются друг на друга (например, при движении по окружности), то путем следует считать сумму длин всех участков траектории. Например, если автомобиль совершил три полных круга по кольцевому шоссе, то пройденный им путь в три раза больше длины шоссе.

Прямая линия тела является направленной отрезком, продолжимый из начального положения тела в его положении в данный момент времени (рис. 1.8).

Перемещение является векторной величиной и обозначается обычно r ; модуль перемещения обозначается r .



Рис. 1.8. Траектория, путь и перемещение.

ЗАВИСИТ ЛИ ФОРМА ТРАЕКТОРИИ, ПУТЬ И ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ТЕЛА ОТ ВЫБОРА СИСТЕМЫ ОТСЧЕТА?

Форма траектории движения одного и того же тела, а также пройденный им путь и перемещение тела существенно зависят от выбора системы отсчета: например, в одной системе отсчета траектория движения тела может быть прямой, а в другой — кривой.

Поставим опыт

Закрепим темный картонный или фанерный диск на штативе так, чтобы он мог вращаться вокруг горизонтальной оси (рис. 1.9).

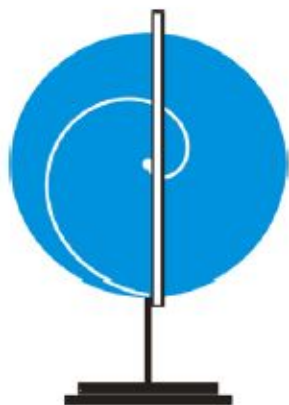


Рис. 1.9. Опыт, демонстрирующий зависимость траектории от выбора системы отсчета.

Приложим к диску вертикальную рейку и раскрутим диск. Проведем вдоль рейки куском мела — при таком движении в системе отсчета, связанной с Землей, траектория мела будет прямой. Однако на диске при этом вычерчивается спираль, которая показывает траекторию движения того же самого куска мела в системе отсчета, связанной с диском — и эта траектория является кривой.

Пример (из книги Галилея)

Предположим, с вершины мачты плывущего корабля на его палубу падает ядро. В системе отсчета, связанной с кораблем, ядро в начальный момент покоилось, поэтому оно падает без начальной скорости. Следовательно, траектория движения ядра — прямой отрезок (рис. 1.10а). С точки зрения наблюдателя, стоящего на берегу, ядро имело начальную горизонтальную скорость, равную скорости корабля. Поэтому траектория движения ядра кривая (рис. 1.10б).

Для наглядности на рисунке изображены два положения корабля и ядра: в начальный и конечный моменты падения ядра. Таким образом, на этом примере мы видим, что форма траектории, путь и перемещение тела в различных системах отсчета *различны*.

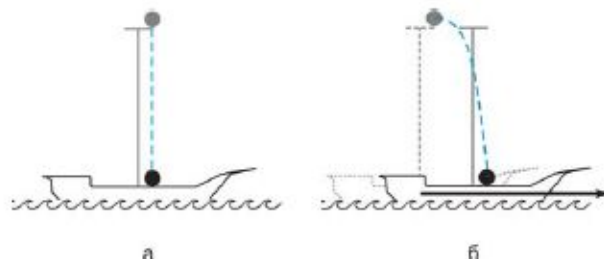


Рис. 1.10. Траектория падающего ядра в системе отсчета «корабль» (а) и в системе отсчета «берег» (б)

Главное в этом параграфе

- Для определения положения тела в любой момент времени необходимо выбрать *систему отсчета*, которая состоит из тела отсчета, системы координат, связанной с телом отсчета, и часов.
- Описание движения тела во многих задачах можно значительно упростить, пренебрегая размерами тела. В таком случае тело называют *материальной точкой*.
- *Траекторией* движения тела называется воображаемая линия в пространстве, по которой движется тело. *Длина траектории* называется *путием*. *Перемещением* тела называется направленный отрезок, проведенный из начального положения тела в его положение в данный момент времени.



Рис. 1.8. Траектория, путь и перемещение.

ЗАВИСИТ ЛИ ФОРМА ТРАЕКТОРИИ, ПУТЬ И ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ТЕЛА ОТ ВЫБОРА СИСТЕМЫ ОТСЧЕТА?

Форма траектории движения одного и того же тела, а также пройденный им путь и перемещение тела существенно зависят от выбора системы отсчета: например, в одной системе отсчета траектория движения тела может быть прямой, а в другой — кривой.

Поставим опыт

Закрепим темный картонный или фанерный диск на штативе так, чтобы он мог вращаться вокруг горизонтальной оси (рис. 1.9).



Рис. 1.9. Опыт, демонстрирующий зависимость траектории от выбора системы отсчета.

Приложим к диску вертикальную рейку и раскрутим диск. Проведем вдоль рейки куском мела — при таком движении в системе отсчета, связанной с Землей, траектория куска мела прямая. Однако на диске при этом вычерчивается спираль, которая показывает траекторию движения того же самого куска мела в системе отсчета, связанной с диском — и эта траектория является кривой.

Пример (из книги Галилея)



Предположим, с вершины мачты плывущего корабля на его палубу падает ядро. В системе отсчета, связанной с кораблем, ядро в начальный момент покоилось, поэтому оно падает без начальной скорости. Следовательно, траектория движения ядра — прямой отрезок (рис. 1.10а). С точки зрения наблюдателя, стоящего на берегу, ядро имело начальную горизонтальную скорость, равную скорости корабля. Поэтому траектория движения ядра кривая (рис. 1.11б).

Для наглядности на рисунке изображены два положения корабля и ядра: в начальный и конечный моменты падения ядра. Таким образом, на этом примере мы видим, что форма траектории, путь и перемещение тела в различных системах отсчета *различны*.

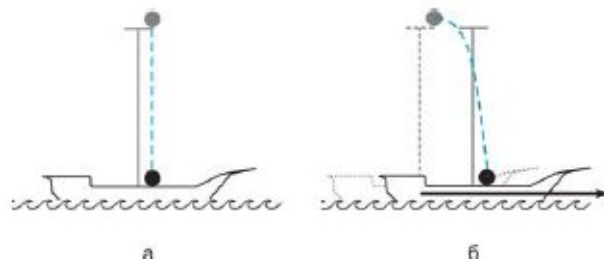


Рис. 1.10. Траектория падающего ядра в системе отсчета «корабль» (а) и в системе отсчета «берег» (б)

Главное в этом параграфе



- Для определения положения тела в любой момент времени необходимо выбрать *систему отсчета*, которая состоит из тела отсчета, системы координат, связанной с телом отсчета, и часов.
- Описание движения тела во многих задачах можно значительно упростить, пренебрегая размерами тела. В таком случае тело называют *материальной точкой*.
- *Траекторией* движения тела называется воображаемая линия в пространстве, по которой движется тело. Длина траектории называется *путием*. *Перемещением* тела называется направленный отрезок, проведенный из начального положения тела в его положение в данный момент времени.



Рис. 1.8. Траектория, путь и перемещение.

ЗАВИСИТ ЛИ ФОРМА ТРАЕКТОРИИ, ПУТЬ И ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ТЕЛА ОТ ВЫБОРА СИСТЕМЫ ОТСЧЕТА?

Форма траектории движения одного и того же тела, а также пройденный им путь и перемещение тела существенно зависят от выбора системы отсчета: например, в одной системе отсчета траектория движения тела может быть прямой, а в другой — кривой.

Поставим опыт

Закрепим темный картонный или фанерный диск на штативе так, чтобы он мог вращаться вокруг горизонтальной оси (рис. 1.9).

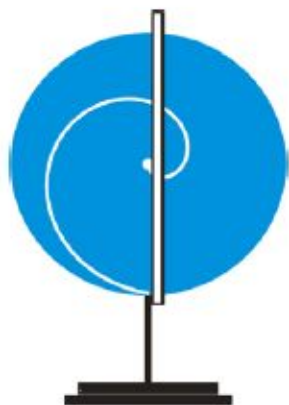


Рис. 1.9. Опыт, демонстрирующий зависимость траектории от выбора системы отсчета.

Приложим к диску вертикальную рейку и раскрутим диск. Проведем вдоль рейки куском мела — при таком движении в системе отсчета, связанной с Землей, траектория мела — прямая. Однако на диске при этом вычерчивается спираль, которая показывает траекторию движения того же самого куска мела в системе отсчета, связанной с диском — и эта траектория является кривой.

Пример (из книги Галилея)

Предположим, с вершины мачты плывущего корабля на его палубу падает ядро. В системе отсчета, связанной с кораблем, ядро в начальный момент покоилось, поэтому оно падает без начальной скорости. Следовательно, траектория движения ядра — прямой отрезок (рис. 1.10а). С точки зрения наблюдателя, стоящего на берегу, ядро имело начальную горизонтальную скорость, равную скорости корабля. Поэтому траектория ядра кривая (рис. 1.10б).

Приведены цитаты из книг великих ученых

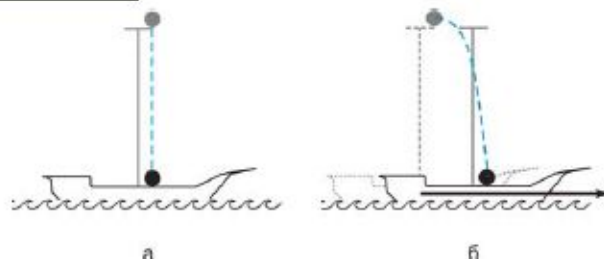


Рис. 1.10. Траектория падающего ядра в системе отсчета «корабль» (а) и в системе отсчета «берег» (б)

Главное в этом параграфе

- Для определения положения тела в любой момент времени необходимо выбрать систему отсчета, которая состоит из тела отсчета, системы координат, связанной с телом отсчета, и часов.
- Описание движения тела во многих задачах можно значительно упростить, пренебрегая размерами тела. В таком случае тело называют материальной точкой.
- Траекторией движения тела называется воображаемая линия в пространстве, по которой движется тело. Длина траектории называется путем. Перемещением тела называется направленный отрезок, проведенный из начального положения тела в его положение в данный момент времени.



Рис. 1.8. Траектория, путь и перемещение.

ЗАВИСИТ ЛИ ФОРМА ТРАЕКТОРИИ, ПУТЬ И ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ТЕЛА ОТ ВЫБОРА СИСТЕМЫ ОТСЧЕТА?

Форма траектории движения одного и того же тела, а также пройденный им путь и перемещение тела существенно зависят от выбора системы отсчета: например, в одной системе отсчета траектория движения тела может быть прямой, а в другой — кривой.

Поставим опыт

Закрепим темный картонный или фанерный диск на штативе так, чтобы он мог вращаться вокруг горизонтальной оси (рис. 1.9).

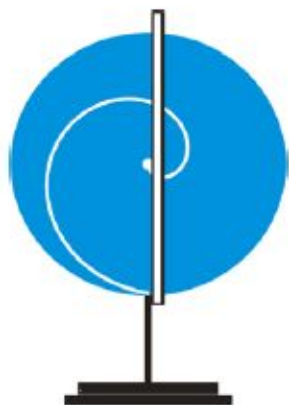


Рис. 1.9. Опыт, демонстрирующий зависимость траектории от выбора системы отсчета.

Приложим к диску вертикальную рейку и раскрутим диск. Проведем вдоль рейки куском мела — при таком движении в системе отсчета, связанной с Землей, траектория мела — прямая. Однако на диске при этом вычерчивается спираль, которая показывает траекторию движения того же самого куска мела в системе отсчета, связанной с диском — и эта траектория является кривой.

Пример (из книги Галилея)



Предположим, с вершины мачты плывущего корабля на его палубу падает ядро. В системе отсчета, связанной с кораблем, ядро в начальный момент покоилось, поэтому оно падает без начальной скорости. Следовательно, траектория движения ядра — прямой отрезок (рис. 1.10а). С точки зрения наблюдателя, стоящего на берегу, ядро имело начальную горизонтальную скорость, равную скорости корабля. Поэтому траектория движения ядра кривая (рис. 1.11б).

Для наглядности на рисунке изображены два положения корабля и ядра: в начальный и конечный моменты падения ядра. Таким образом, на этом примере мы видим, что форма траектории, путь и перемещение тела в различных системах отсчета *различны*.

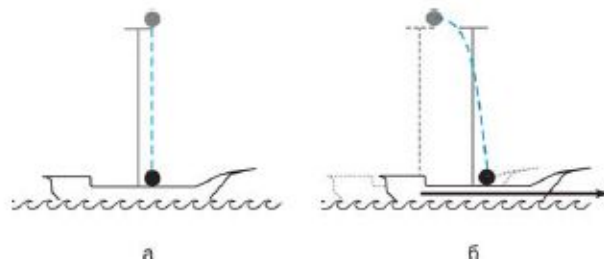


Рис. 1.10. Траектория падающего ядра в системе отсчета «корабль» (а) и в системе отсчета «берег» (б)

Главное в этом параграфе



- Для определения положения тела в любой момент времени необходимо выбрать *систему отсчета*, которая состоит из тела отсчета, системы координат, связанной с телом отсчета, и часов.

- Описание движения тела во многих задачах можно значительно упростить, если выбрать систему отсчета, связанную с телом. В таком случае тело можно считать *материальной точкой*.

В конце каждого параграфа выделено главное в этом параграфе

Длина траектории называется *путем*, пройденным телом. Перемещение тела называется *вектором перемещения*, направленный из начального положения тела в его положение в данный момент времени.



ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

- Зачем нужна система отсчета? Из чего она состоит?
- Что принимают за тело отсчета, когда говорят: а) автомобиль едет по своей орбите со скоростью v , б) самолет летит по прямой с ускорением a , в) человек бежит по кругу с угловой скоростью ω , г) человек бежит по кругу с угловой скоростью ω и радиусом r , д) человек бежит по кругу с угловой скоростью ω и радиусом r и скоростью v ?
- Приведите примеры задач, в которых спортсмена можно рассматривать как материальную точку, и в которых нельзя.
- Может ли траектория движения пересекать себя? Приведите примеры, подтверждающие ваш ответ.
- Чем отличается путь от перемещения? Может ли путь при движении тела уменьшаться?

После каждого параграфа даны вопросы для самопроверки



ГЛАВНОЕ В ЭТОЙ ГЛАВЕ

- Для определения положения тела в любой момент времени необходимо выбрать *систему отсчета*, которая состоит из *тела отсчета*, *системы координат*, *связанной с телом отсчета*, и *часов*.
- *Траекторией* движения тела называется воображаемая линия в пространстве, по которой движется тело. Длина траектории называется *путем*. *Перемещением* тела называется направленный отрезок, проведенный из начального положения тела в его положение в данный момент времени.
- При *криволинейном движении* мгновенная скорость тела в каждой точке траектории направлена по касательной к траектории в этой точке; при *движении по окружности* мгновенная скорость тела в любой точке траектории направлена перпендикулярно радиусу окружности, проведенному в эту точку.
- *Ускорением* \vec{a} называется отношение изменения скорости тела к промежутку времени, за который это изменение произошло: $\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$.
- При *прямолинейном равноускоренном движении* $v_x = v_{0x} + a_x t$,
 $s_x = v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}$.
- Если можно пренебречь сопротивлением воздуха, все тела падают с постоянным ускорением \vec{g} , направленным вниз и называемым *ускорением свободного падения*. Измерения показывают, что $g = 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$.
- При *равномерном движении по окружности* ускорение тела направлено к центру окружности. Это ускорение называется *центростремительным ускорением*. Модуль центростремительного ускорения $a_c = \frac{v^2}{r}$.



ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

- Зачем нужна система отсчета? Из чего она состоит?
- Что принимают за тело отсчета, когда говорят: а) автомобиль едет со скоростью 100 км/ч; б) Земля движется по своей орбите со скоростью 30 км/с?
- Когда тело можно считать материальной точкой, а когда — нельзя?
- Приведите примеры задач, в которых спортсмена можно рассматривать как материальную точку, и в которых нельзя.
- Может ли траектория движения пересекать себя? Приведите примеры, подтверждающие ваш ответ.
- Чем отличается путь от перемещения? Может ли путь при движении тела уменьшаться?

ГЛАВНОЕ В ЭТОЙ ГЛАВЕ

В конце каждой главы выделено главное в этой главе

положения тела в любой момент времени *необходиму отсчета*, которая состоит из *тела отсчета*, *связанной с телом отсчета*, и *часов*.

траектория тела называется *воображаемая линия* в которой движется тело. Длина траектории называется *путем*. *Перемещением* тела называется направленный отрезок, проведенный из начального положения тела в его положение в данный момент времени.

- При *криволинейном движении* мгновенная скорость тела в каждой точке траектории направлена по касательной к траектории в этой точке; при *движении по окружности* мгновенная скорость тела в любой точке траектории направлена перпендикулярно радиусу окружности, проведенному в эту точку.

- *Ускорением* \vec{a} называется отношение изменения скорости тела к промежутку времени, за который это изменение произошло: $\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$.

- При *прямолинейном равноускоренном движении* $v_x = v_{0x} + a_x t$,

$$s_x = v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}.$$

- Если можно пренебречь сопротивлением воздуха, все тела падают с постоянным ускорением \vec{g} , направленным вниз и называемым *ускорением свободного падения*. Измерения показывают, что $g = 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$.

- При *равномерном движении по окружности* ускорение тела направлено к центру окружности. Это ускорение называется *центростремительным ускорением*. Модуль центростремительного ускорения $a_c = \frac{v^2}{r}$.



ВОПРОСЫ И ЗАДАЧИ К ГЛАВЕ «ДИНАМИКА»

После каждой главы приведены вопросы и задачи по всему материалу главы

так обосновывал неподвижность Земли: без воздуха, птицы не могли бы взлетать, как бы вы возразили этому ученому?

они отмечали, что при полете на воздушном шаре безветрие, даже если шар несло сильнейший ветер?

- 3. Чему равна (в ньютонах) сила тяжести, действующая на человека массой 60 кг?
- 4. Оцените, с какой силой притягиваются два человека массой 60 кг каждый, находясь на расстоянии 1 м друг от друга.
- 5. С какой силой притягивается к Земле тело массой 1 кг?
- 6. Может ли человек массой 70 кг притягивать какое-либо тело с силой, примерно равной 700 Н?
- 7. Может ли мяч во время полета изменить направление движения на противоположное, ни с чем не столкнувшись?
- 8. Человек утверждает, что его вес — 60 килограммов. Каков его вес на самом деле?
- 9. Лифт движется вверх. В какие моменты вес пассажира больше силы тяжести: когда лифт разгоняется или когда он тормозит? Изменятся ли ответы, если лифт движется вниз?
- 10. Сколько будет весить человек массой 60 кг, оказавшись на поверхности Луны? Ускорение свободного падения на Луне в 6 раз меньше, чем на Земле.
- 11. Камень брошен вертикально вверх. В какие моменты полета он находится в состоянии невесомости? Изменится ли ответ, если камень брошен под углом к горизонту? Считайте, что сопротивлением воздуха можно пренебречь.

§ 15. ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО ДИНАМИКЕ

1. Движение под действием сил тяготения
2. Движение под действием нескольких сил

1. ДВИЖЕНИЕ ПОД ДЕЙСТВИЕМ СИЛ ТЯГОТЕНИЯ

ЗАДАЧА 1. СПУТНИК СВЯЗИ

Искусственные спутники Земли, предназначенные для систем связи и ретрансляции телевизионных программ, запускают часто на такую орбиту, двигаясь по которой спутник как бы «зависает» над одной и той же точкой поверхности Земли. Чему равен радиус орбиты такого спутника? Радиус Земли примите равным 6400 км.

Решение

Чтобы спутник находился все время над одной и той же точкой поверхности Земли, он должен совершать один оборот вокруг Земли ровно за одни сутки. Таким образом, период обращения спутника $T = 24 \text{ ч} \approx 8,64 \cdot 10^4 \text{ с}$. Обозначим скорость спутника v , а радиус его орбиты R .

При движении вокруг Земли спутник движется с центростремительным ускорением $a = v^2/R$. Это ускорение сообщает

спутнику сила притяжения к Земле $F = G \frac{mM_{\text{зем}}}{R^2}$, где m — масса спутника. Используя второй закон Ньютона, получаем

$\frac{mv^2}{R} = G \frac{mM_{\text{зем}}}{R^2}$, откуда $\frac{v^2}{R} = G \frac{M_{\text{зем}}}{R^2}$. Из этой формулы, пользу-

ясь тем, что $v = \frac{2\pi R}{T}$, получаем $R^3 = \frac{GM_{\text{зем}}T^2}{4\pi^2}$. Массу Земли

можно выразить через ускорение свободного падения, используя формулу $g = G \frac{M_{\text{зем}}}{R_{\text{зем}}^2}$ (см. § 11. *Всемирное тяготение*).

В результате получаем $R = R_{\text{зем}} \sqrt[3]{\frac{gT^2}{4\pi^2 R_{\text{зем}}}} \approx 6,6 R_{\text{зем}} \approx 42 \text{ 000 км}$.

ВОПРОСЫ И ЗАДАЧИ К ГЛАВЕ «ДИНАМИКА»

- 1. Один из ученых 15-го века так обосновывал неподвижность Земли: «Если бы Земля летела через воздух, птицы не могли бы возвращаться к своим гнездам». Как бы вы возразили этому ученому?
- 2. Многие воздухоплаватели отмечали, что при полете на воздушном шаре они ощущали полное безветрие, даже если шар несло сильным ветром. Как это объяснить?
- 3. Чему равна (в ньютонах) сила тяжести, действующая на человека массой 60 кг?
- 4. Оцените, с какой силой притягиваются два человека массой 60 кг каждый, находясь на расстоянии 1 м друг от друга.
- 5. С какой силой притягивается к Земле тело массой 1 кг?
- 6. Может ли человек массой 70 кг притягивать какое-либо тело с силой, примерно равной 700 Н?
- 7. Может ли мяч во время полета изменить направление движения на противоположное, ни с чем не столкнувшись?
- 8. Человек утверждает, что его вес — 60 килограммов. Каков его вес на самом деле?
- 9. Лифт движется вверх. В какие моменты вес пассажира больше силы тяжести: когда лифт разгоняется или когда он тормозит? Изменятся ли ответы, если лифт движется вниз?
- 10. Сколько будет весить человек массой 60 кг, оказавшись на поверхности Луны? Ускорение свободного падения на Луне в 6 раз меньше, чем на Земле.
- 11. Камень брошен вертикально вверх. В какие моменты полета он находится в состоянии невесомости? Изменится ли ответ, если камень брошен под углом к горизонту? Считайте, что сопротивлением воздуха можно пренебречь.

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

1. Измерение ускорения свободного падения.
2. Исследование движения тела под действием постоянной силы.
3. Изучение движения тел по окружности под действием сил тяжести и упругости.
4. Исследование упругого и неупругого столкновения тел.
5. Сохранение механической энергии при движении тела под действием сил тяжести и упругости.
6. Сравнение работы сил с изменением кинетической энергии тела.
7. Измерение влажности воздуха.
8. Измерение удельной теплоты плавления льда.
9. Измерение поверхностного натяжения жидкости.



* § 7. МЕСТО ЧЕЛОВЕКА ВО ВСЕЛЕННОЙ

- Система отсчета, связанная с Землей
- Геоцентрическая и гелиоцентрическая системы мира
- Земля как центр познания Вселенной

В этом параграфе мы рассмотрим, в каких случаях систему отсчета, связанную с Землей, можно считать инерциальной системой отсчета.

Расскажем также о борьбе за гелиоцентрическую систему мира и о том, как эта система мира изменила представление о месте человека во Вселенной.

Мы увидим, что уникальность разумной жизни на нашей планете по-новому ставит вопрос о месте Человека во Вселенной.

СИСТЕМА ОТСЧЕТА, СВЯЗАННАЯ С ЗЕМЛЕЙ

НА ЧЕМ ДЕРЖИТСЯ ЗЕМЛЯ?

С давних времен «неподвижность» земной тверди была столь очевидна, что обсуждался только вопрос «на чем держится Земля?». Этот вопрос разные народы решали по-разному. Где-то считалось, что Земля покоится на трех китах, а в Древней Индии, например, были уверены, что Землю поддерживают четыре слона, которые сами стоят на гигантской черепахе (рис. 7.1).



Рис. 7.1. Представление о Земле в Древней Индии.

ПОЧЕМУ МЫ НЕ ОЩУЩАЕМ ДВИЖЕНИЯ ЗЕМЛИ?

«Очевидные» доводы в пользу «неподвижности» Земли настолько сильны, что мы и сегодня говорим: «солнце восходит и заходит», хотя видимое движение солнца по небу — это результат суточного вращения Земли вокруг своей оси. И действительно, лежа на траве

и глядя в небо, трудно представить себе, что в это время вы, двигаясь вместе с Землей, пролетаете каждую секунду 30 километров относительно Солнца (рис. 7.2). А ведь, кроме того, вы еще «участвуете» и в суточном вращении Земли! Почему же мы, действительно, не ощущаем своего движения вместе с Землей?

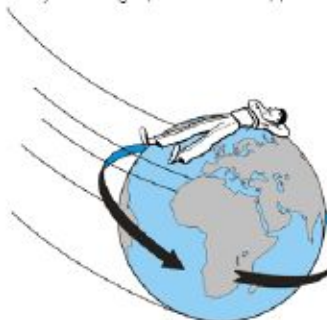


Рис. 7.2. Почему мы не ощущаем движения Земли?

МОЖНО ЛИ СИСТЕМУ ОТСЧЕТА, СВЯЗАННУЮ С ЗЕМЛЕЙ, СЧИТАТЬ ИНЕРЦИАЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ ОТСЧЕТА?

Зная об инерциальных системах отсчета и принципе относительности Галилея (см. § 6. Первый закон Ньютона), этот вопрос можно сформулировать более точно: почему систему отсчета, связанную с Землей, можно с достаточно высокой точностью считать инерциальной системой отсчета?

Дело в том, что отличие какой-либо системы отсчета от инерциальной определяется не скоростью этой системы относительно какой-либо инерциальной системы отсчета, а ее ускорением. Ускорение же любого тела во всех инерциальных системах одинаково, потому что все они движутся друг относительно друга с постоянными скоростями.

Центростремительное ускорение Земли при ее движении по орбите вокруг Солнца довольно мало: оно равно всего $0,006 \text{ м/с}^2$. Ускорение точек земной поверхности, обусловленное суточным вращением Земли, в несколько раз больше (наибольшее оно на экваторе, где составляет $0,034 \text{ м/с}^2$), но даже это ускорение можно обнаружить только специальными приборами. Вот почему для расчета движений тел вблизи земной поверхности (автомобилей, самолетов, деталей машин и т. п.) в качестве инерциальной системы отсчета выбирают систему отсчета, связанную с Землей.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ¹

1. ИЗМЕРЕНИЕ УСКОРЕНИЯ ТЕЛА ПРИ РАВНОУСКОРЕННОМ ДВИЖЕНИИ

В учебнике приведены
подробные описания
всех лабораторных работ

шарика, скатывающегося по
штативу с муфтой и лап-
шариком, измерительная лент-
ка.

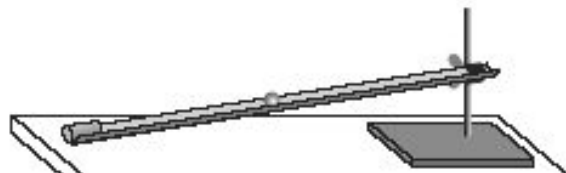
Описание работы

Движение шарика, скатывающегося по желобу, приближенно можно считать равноускоренным. При равноускоренном движении без начальной скорости модуль перемещения s , модуль ускорения a и время движения t связаны соотношением $s = \frac{at^2}{2}$.

Поэтому, зная s и t , мы можем найти ускорение a по формуле $a = \frac{2s}{t^2}$. Чтобы повысить точность измерения, ставим опыт несколько раз, а затем вычисляем средние значения измеренных величин.

Ход работы

1. Соберите установку, изображенную на рисунке (верхний конец желоба должен быть на несколько сантиметров выше нижнего). Положите в желоб у его нижнего конца металлический шарик. Когда шарик, скатываясь, ударится о шарик, звук удара поможет точнее определить время движения шарика.



¹ В состав комплекта «Физика-10» входят тетради для лабораторных работ, пользование которой вам будет удобнее выполнять эти работы. В этой тетради приведены также методы расчета погрешностей. «Лабораторные работы» составлены совместно с Л.А.Куршином и И.М.Гельфгатом.

2. Отметьте на желобе начальное положение шарика, а также его конечное положение — верхний торец металлического шарика.

3. Измерьте расстояние между верхней и нижней отметками на желобе (модуль s перемещения шарика) и результат измерения запишите в таблицу, помещенную в тетради для лабораторных работ. Ниже приведем заголовок этой таблицы.

№ опыта	$s, \text{ м}$	$t, \text{ с}$	$t_{\text{ср}}, \text{ с}$	$a, \text{ м/с}^2$
---------	----------------	----------------	----------------------------	--------------------

4. Выбрав момент, когда секундная стрелка находится на делении, кратном десяти, отпустите шарик без толчка у верхней отметки и измерьте время t до удара шарика о шарик.

Повторите опыт 5 раз, записывая в таблицу результаты измерений. При проведении каждого опыта пускайте шарик из одного и того же начального положения, а также следите за тем, чтобы верхний торец шарика находился у соответствующей отметки.

5. Вычислите $t_{\text{ср}} = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5}{5}$ и результат запишите в таблицу.

6. Вычислите ускорение, с которым скатывался шарик: $a \approx \frac{2s}{t_{\text{ср}}^2}$.

Результат вычисления запишите в таблицу.

7. Запишите в тетради для лабораторных работ вывод: что вы измерили и какой получили результат.

2. ИЗУЧЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ ТЕЛА, БРОШЕННОГО ГОРИЗОНТАЛЬНО

Цель работы: измерить начальную скорость тела, брошенного горизонтально.

Оборудование: штатив с муфтой и лапшариком, изогнутый желоб, металлический шарик, лист бумаги, лист копировальной бумаги, отвес, измерительная лента.

Описание работы

Шарик скатывается по изогнутому желобу, нижняя часть которого горизонтальна. После отрыва от желоба шарик движется по параболе, вершина которой находится в точке отрыва шарика от желоба. Выберем систему координат, как показано на рисунке. Начальная высота шарика h и дальность полета l связаны соотношением $h = \frac{gt^2}{2v_0^2}$.

Согласно этой формуле при уменьшении начальной высоты в 4 раза дальность полета уменьшается в 2 раза.

Самостоятельная работа № 13.	
Изопроцессы в газах	138
Самостоятельная работа № 14.	
Графики изопроцессов	141
Самостоятельная работа № 15.	
Уравнение состояния газа	147
Самостоятельная работа № 16.	
Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа	150
Самостоятельная работа № 17.	
Законы термодинамики. Тепловые двигатели	153
Контрольная работа № 2.	
Молекулярная физика и термодинамика	156
ОТВЕТЫ	166

*Науки юношей питают,
Отраду старым подают,
В счастливой жизни украшают,
В несчастный случай берегут;
В домашних трудностях утеха
И в дальних странствах не помеха.
Науки пользуют везде:
Среди народов и в пустыне,
В градском шуму и наедине,
В покое сладки и в труде.*

М. В. Ломоносов



МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА

*Откуда тут влага? Спустился ли гелий?
Дождями ли выпал азот?
Как выросли корни таинственных елей
В снегах ледниковых высот?*

Николай Морозов

12. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ МОЛЕКУЛЯРНО-КИНЕТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ

$$v = \frac{N}{N_A}, \quad m_0 = \frac{M}{N_A}, \quad N = \frac{m}{M} N_A$$

В начале каждого раздела
дается сводка основных формул

я задачи

даная значение плотности алмаза, которая равна 3515 кг/м^3 .

Дано:
 $\rho = 3515 \text{ кг/м}^3$
 $M = 12 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
 $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$

$d = ?$

Решение.

Примем за диаметр атома среднее расстояние d между центрами атомов в твердом состоянии. Куб этого расстояния будет равен объему V_0 куба, в котором находится один атом:

$$V_0 = d^3, \quad d = \sqrt[3]{V_0}.$$

Объем одного атома можно найти, разделив объем V вещества

на число атомов N в этом количестве вещества: $V_0 = \frac{V}{N} = \frac{V}{\frac{m}{M} N_A}$.

Объем вещества можно выразить через его массу и плотность (m/ρ), а массу, следовательно, — через количество вещества и

молярную массу: $V_0 = \frac{m}{\rho v N_A} = \frac{v M}{\rho v N_A} = \frac{M}{\rho N_A}$. Тогда диаметр

атома углерода равен: $d = \sqrt[3]{\frac{M}{\rho N_A}}$.

Проверяем единицы измерения: $[d] = \sqrt[3]{\frac{\frac{\text{кг}}{\text{моль}}}{\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \text{моль}^{-1}}} = \sqrt[3]{\text{м}^3} = \text{м}$.

Вычисляем диаметр атома: $d \approx 1,78 \cdot 10^{-10} \text{ м}$.

Ответ. $1,78 \cdot 10^{-10} \text{ м}$.

Решите устно

- 12.1. ? Что является наиболее наглядным опытным подтверждением существования молекул?
- 12.2. ? О веществе известно, что оно не сохраняет свой объем. В каком состоянии оно находится?
- 12.3. ? Тело хорошо сохраняет свою форму. В каком состоянии оно находится?
- 12.4. ? В чем сходство и в чем различие между броуновским движением и диффузией?
- 12.5. ? Почему запах только что пролитых духов обнаруживается в другом конце комнаты только через несколько минут, хотя скорость движения молекул при комнатной температуре составляет несколько сотен метров в секунду?
- 12.6. ? На чем основан процесс растворения сахара в воде?
- 12.7. ? Что можно сказать о размерах, составе и силах взаимодействия молекул одного и того же вещества в разных состояниях? Ответ пояснить.
- 12.8. ? При ремонте дороги запах разогретого асфальта чувствуется издалека, а запах остывшего асфальта почти не ощущается. Почему?

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА

*Откуда тут влага? Спустился ли гелий?
Дождями ли выпал азот?
Как выросли корни таинственных елей
В снегах ледниковых высот?*

Николай Морозов

12. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ МОЛЕКУЛЯРНО-КИНЕТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ

$$v = \frac{N}{N_A}, \quad m_0 = \frac{M}{N_A}, \quad N = \frac{m}{M} N_A$$

Пример решения задачи

Оцените диаметр атома углерода, зная значение плотности алмаза, которая равна 3515 кг/м^3 .

Дано:
 $\rho = 3515 \text{ кг/м}^3$
 $M = 12 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
 $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$

Решение.
 Примем за диаметр атома среднее расстояние d между центрами атомов в твердом состоянии. Куб этого расстояния будет равен объему V_0 куба, в котором находится один атом:

$$V_0 = d^3$$

Объем одного атома можно найти, разделив объем V вещества на число атомов N в этом количестве вещества: $V_0 = \frac{V}{N} = \frac{V}{\frac{m}{M} N_A}$.

Даны примеры оформления решения задач

Объем вещества можно выразить через его массу и плотность (m/ρ), а массу, следовательно, — через количество вещества и молярную массу: $V_0 = \frac{m}{\rho v N_A} = \frac{v M}{\rho v N_A} = \frac{M}{\rho N_A}$. Тогда диаметр

атома углерода равен: $d = \sqrt[3]{\frac{M}{\rho N_A}}$.

Проверяем единицы измерения: $[d] = \sqrt[3]{\frac{\frac{\text{кг}}{\text{моль}}}{\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \text{моль}^{-1}}} = \sqrt[3]{\text{м}^3} = \text{м}$.

Вычисляем диаметр атома: $d \approx 1,78 \cdot 10^{-10} \text{ м}$.

Ответ. $1,78 \cdot 10^{-10} \text{ м}$.

Решите устно

- 12.1. ? Что является наиболее наглядным опытным подтверждением существования молекул?
- 12.2. ? О веществе известно, что оно не сохраняет свой объем. В каком состоянии оно находится?
- 12.3. ? Тело хорошо сохраняет свою форму. В каком состоянии оно находится?
- 12.4. ? В чем сходство и в чем различие между броуновским движением и диффузией?
- 12.5. ? Почему запах только что пролитых духов обнаруживается в другом конце комнаты только через несколько минут, хотя скорость движения молекул при комнатной температуре составляет несколько сотен метров в секунду?
- 12.6. ? На чем основан процесс растворения сахара в воде?
- 12.7. ? Что можно сказать о размерах, составе и силах взаимодействия молекул одного и того же вещества в разных состояниях? Ответ пояснить.
- 12.8. ? При ремонте дороги запах разогретого асфальта чувствуется издалека, а запах остывшего асфальта почти не ощущается. Почему?

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА

*Откуда тут влага? Спустился ли гелий?
Дождями ли выпал азот?
Как выросли корни таинственных елей
В снегах ледниковых высот?*

Николай Морозов

12. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ МОЛЕКУЛЯРНО-КИНЕТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ

$$v = \frac{N}{N_A}, \quad m_0 = \frac{M}{N_A}, \quad N = \frac{m}{M} N_A$$

Пример решения задачи

Оцените диаметр атома углерода, зная значение плотности алмаза, которая равна 3515 кг/м^3 .

Дано:
 $\rho = 3515 \text{ кг/м}^3$
 $M = 12 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
 $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$

$d = ?$

Решение.

Примем за диаметр атома среднее расстояние d между центрами атомов в твердом состоянии. Куб этого расстояния будет равен объему V_0 куба, в котором находится один атом:

$$V_0 = d^3, \quad d = \sqrt[3]{V_0}.$$

Объем одного атома можно найти, разделив объем V вещества на число атомов N в этом количестве вещества: $V_0 = \frac{V}{N} = \frac{V}{\frac{m}{M} N_A}$.

Объем вещества можно выразить через его массу и плотность (m/ρ), а массу, следовательно, — через количество вещества и молярную массу: $V_0 = \frac{m}{\rho v N_A} = \frac{v M}{\rho v N_A} = \frac{M}{\rho N_A}$. Тогда диаметр

атома углерода равен: $d = \sqrt[3]{\frac{M}{\rho N_A}}$.

Проверяем единицы измерения: $[d] = \sqrt[3]{\frac{\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \frac{\text{моль}}{\text{кг}}}{\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \text{моль}^{-1}}} = \sqrt[3]{\text{м}^3} = \text{м}$.

Вычисляем диаметр атома: $d \approx 1,78 \cdot 10^{-10} \text{ м}$.

Ответ. $1,78 \cdot 10^{-10} \text{ м}$.

Решите устно

12.1. ? Что является наиболее наглядным опытным подтвержде-

н? **Задачи дифференцированы по сложности на три уровня** — оно не сохраняет свой объем. дится?

12.3. ? Тело хорошо сохраняет свою форму. В каком состоянии оно находится?

12.4. ? В чем сходство и в чем различие между броуновским движением и диффузией?

12.5. ? Почему запах только что пролитых духов обнаруживается в другом конце комнаты только через несколько минут, хотя скорость движения молекул при комнатной температуре составляет несколько сотен метров в секунду?

12.6. ? На чем основан процесс растворения сахара в воде?

12.7. ? Что можно сказать о размерах, составе и силах взаимодействия молекул одного и того же вещества в разных состояниях? Ответ пояснить.

12.8. ? При ремонте дороги запах разогретого асфальта чувствуется издалека, а запах остывшего асфальта почти не ощущается. Почему?

- 12.9. ? Является ли беспорядочное движение пылинок в воздухе броуновским движением?
- 12.10. ? За счет какого физического явления происходит процесс окрашивания жидкости красителем?
- 12.11. ? Опишите особенности движения, расположения и взаимодействия частиц в различных агрегатных состояниях вещества.
- 12.12. ? Что такое молярная масса и как ее можно найти с помощью таблицы Менделеева?
- 12.13. ? Чему равна молярная масса воды, кислорода, углекислого газа и железа?
- ✓ 12.14. ? * Как, зная постоянную Авогадро, найти массы молекулы и атома водорода?

Достаточный уровень

- 12.15. ? Можно ли сказать, наблюдая под микроскопом броуновское движение, что мы наблюдаем непосредственно движение молекул?
- 12.16. ? Вода легко удаляется с чистой поверхности стекла. Удалить с той же поверхности жир практически невозможно. Как это объяснить с молекулярной точки зрения?
- 12.17. * Сколько молекул содержится в 210 г азота (N_2)?
- 12.18. * Определите молярную массу и массу одной молекулы медного купороса ($CuSO_4$).
- 12.19. * Какова масса 50 молей углекислого газа (CO_2)?
- 12.20. * Какую массу имеют $3 \cdot 10^{23}$ атомов ртути (Hg)?
- 12.21. * Какое количество вещества (в молях) содержится в 200 г воды?
- 12.22. * Какой объем занимают 12 моль алюминия?
- 12.23. * Известно, что $1,5 \cdot 10^{23}$ молекул газа имеют массу 11 кг. Какой это газ?
- 12.24. * Оцените число Авогадро, если известно, что масса молекулы воды равна $3 \cdot 10^{-26}$ кг.

Высокий уровень

- 12.25. * Определите плотность кислорода, если известно, что в объеме 2 л содержится $6 \cdot 10^{22}$ его молекул.
- ✓ 12.26. ? При изготовлении астрономического зеркала на поверхность площадью $S = 1 \text{ м}^2$ напылили $m = 0,1$ г серебра. Оцените размер d атомов серебра, если в зеркальном покрытии $N = 100$ атомных слоев.
- 12.27. * Сколько молекул азота находится в сосуде объемом 7 л, заполненном азотом, плотность которого 2 кг/м^3 ?
- 12.28. ? * Из открытого стакана за время $t = 20$ сут испарилась вода массой $m = 200$ г. Сколько молекул испарилось за $\tau = 1$ с?
- 12.29. * Находившаяся в блюде вода массой 50 г полностью испарилась за 6 суток. Сколько молекул воды в среднем испарялось с ее поверхности за 1 с?
- 12.30. * При соединении 20 моль углерода C_2 и 50 моль водорода H_2 образуется 10 моль горючего газа. Напишите химическую формулу этого газа и определите его молярную массу.
- 12.31. * В научно-фантастических произведениях встречается упоминание о сверхпрочной и сверхтонкой нити толщиной в один атом. Какой была бы длина такой нити массой 20 г, изготовленной из углерода? Сравните эту длину с расстоянием от Земли до Солнца. Считайте атом углерода шариком радиусом $7,7 \cdot 10^{-10}$ м.
- 12.32. * Зная число Авогадро, определите объем и диаметр атома золота.

- 12.9. ? Является ли беспорядочное движение пылинок в воздухе броуновским движением?
- 12.10. ? За счет какого физического явления происходит процесс окрашивания жидкости красителем?
- 12.11. ? Опишите особенности движения, расположения и взаимодействия частиц в различных агрегатных состояниях вещества.
- 12.12. ? Что такое молярная масса и как ее можно найти с помощью таблицы Менделеева?
- 12.13. ? Чему равна молярная масса воды, кислорода, углекислого газа и железа?
- ✓ 12.14. ? * Как, зная постоянную Авогадро, найти массы молекулы и атома водорода?

Достаточный уровень

- 12.15. ? Можно ли сказать, наблюдая под микроскопом броуновское движение, что мы наблюдаем непосредственно движение молекул?
- 12.16. ? Вода легко удаляется с чистой поверхности стекла. Удалить с той же поверхности жир практически невозможно. Как это объяснить с молекулярной точки зрения?
- 12.17. * Сколько молекул содержится в 210 г азота (N_2)?
- 12.18. * Определите молярную массу и массу одной молекулы медного купороса ($CuSO_4$).
- 12.19. * Какова масса 50 молей углекислого газа (CO_2)?
- 12.20. * Какую массу имеют $3 \cdot 10^{23}$ атомов ртути (Hg)?
- 12.21. * Какое количество вещества (в молях) содержится в 200 г воды?
- 12.22. * Какой объем занимают 12 моль алюминия?
- 12.23. * Известно, что $1,5 \cdot 10^{23}$ молекул газа имеют массу 11 кг. Какой это газ?
- 12.24. * Оцените число Авогадро, если известно, что масса молекулы воды равна $3 \cdot 10^{-26}$ кг.

Высокий уровень

12.25. * Определите плотность кислорода, если известно, что в объеме 2 л содержится $6 \cdot 10^{22}$ его молекул.

12.26. ? При изготовлении астрономического зеркала на поверхность площадью $S = 1 \text{ м}^2$ напылили $m = 0,1 \text{ г}$ серебра. Оцените размер d атомов серебра, если в зеркальном покрытии n слоев.

Ключиками отмечены задачи, к которым даны решения

л азота находится в сосуде объемом 7 л, плотность которого 2 кг/м^3 ?

того стакана за время $t = 20$ сут испарилась вода массой $m = 200 \text{ г}$. Сколько молекул испарилось за $\tau = 1 \text{ с}$?

12.29. * Находившаяся в блюде вода массой 50 г полностью испарилась за 6 суток. Сколько молекул воды в среднем испарялось с ее поверхности за 1 с?

12.30. * При соединении 20 моль углерода C_2 и 50 моль водорода H_2 образуется 10 моль горючего газа. Напишите химическую формулу этого газа и определите его молярную массу.

12.31. * В научно-фантастических произведениях встречается упоминание о сверхпрочной и сверхтонкой нити толщиной в один атом. Какой была бы длина такой нити массой 20 г, изготовленной из углерода? Сравните эту длину с расстоянием от Земли до Солнца. Считайте атом углерода шариком радиусом $7,7 \cdot 10^{-10} \text{ м}$.

12.32. * Зная число Авогадро, определите объем и диаметр атома золота.

ПРИГЛАШАЕМ К СОТРУДНИЧЕСТВУ

Издательство «МНЕМОЗИНА»

105 043, Москва,

ул. 6-ая Парковая, 29 б,

Тел.: (499) 367–67–81, 367-54-18,

факс: (499) 165-92-18

E-mail: ioc@mnemozina.ru

Наш сайт: WWW.MNEMOZINA.RU

ПРИГЛАШАЕМ К СОТРУДНИЧЕСТВУ

Торговый дом «Мнемозина»

Телефон/факс

(495) 665-6031, 657 98 98

E-mail: td@mnezozina.ru

Магазин «Мнемозина»

Москва, ул. 6-ая Парковая, 29 б

Тел.: (495) 783 82 84/ 5/ 6

E-mail: magazin@mnezozina.ru