

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

ФИЗИКА

10 **задачник**
класс



ФИЗИЧЕСКИЕ ПОСТОЯННЫЕ

Гравитационная постоянная $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}$

Постоянная Авогадро $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$

Постоянная Больцмана $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$

Универсальная газовая постоянная $R = kN_A = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$

Элементарный электрический заряд $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$

НЕКОТОРЫЕ СВЕДЕНИЯ О ЗЕМЛЕ

Средний радиус Земли	6 370 км
Длина экватора	40 тысяч км
Площадь поверхности Земли	510 млн км ²
Масса Земли	$6 \cdot 10^{24}$ кг
Средняя плотность Земли	5 500 кг/м ³
Нормальное атмосферное давление	101 кПа (760 мм рт. ст.)
Площадь поверхности суши	149 млн км ²
Площадь Мирового океана	361 млн км ²
Средняя глубина Мирового океана	3 800 м
Средняя скорость движения Земли вокруг Солнца	30 км/с
Возраст Земли	примерно 4,5 млрд лет

НЕКОТОРЫЕ СВЕДЕНИЯ О СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ

Радиус Солнца	700 000 км
Масса Солнца	$2 \cdot 10^{30}$ кг
Среднее расстояние от Земли до Солнца	150 млн км
Радиус Луны	1 740 км
Масса Луны	$7,35 \cdot 10^{22}$ кг
Среднее расстояние от Земли до Луны	384 000 км
Период ¹ обращения Луны вокруг Земли	27,3 сут

¹ Сидерический период — время полного оборота относительно звезд.

СПРАВОЧНЫЕ ТАБЛИЦЫ

Плотность веществ

Твердые тела		Жидкости		Газы (при нормальных условиях)	
Вещество	ρ , кг/м ³	Вещество	ρ , кг/м ³	Вещество	ρ , кг/м ³
Алюминий	2 700	Бензин	700	Водород	0,09
Железо	7 800	Вода	1 000	Воздух	1,29
Золото	19 300	Вода морская	1 030	Гелий	0,18
Лед	900	Керосин	800	Кислород	1,43
Медь	8 900	Масло машинное	900		
Мрамор	2 700	Ртуть	13 600		
Никель	8 900	Спирт	800		
Свинец	11 300				
Серебро	10 500				
Сталь	7 800				

Скорость звука при 20 °С, м/с

Вода	1 500
Воздух	340
Железо	5 850
Сталь	5 500

Тепловые свойства веществ

Твердые тела

Вещество	Удельная теплоемкость, кДж/(кг · К)	Температура плавления, °С	Удельная теплота плавления, кДж/кг
Алюминий	0,88	660	380
Вольфрам	0,13	3 387	185
Лед	2,10	0	330
Медь	0,38	1 083	205
Олово	0,23	232	58
Свинец	0,13	327	23
Сталь	0,46	1 400	82

Курчатов

Т.И.

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

ФИЗИКА

10 класс

В двух частях

Часть 2

ЗАДАЧНИК

для общеобразовательных учреждений
(базовый уровень)

Под редакцией Л. Э. ГЕНДЕНШТЕЙНА



Москва 2009

УДК 373.167.1:53

ББК 22.3я72

Г34

АКНЕФ

Генденштейн Л. Э.

Г34 Физика. 10 класс. В 2 ч. Ч. 2. Задачник для общеобразовательных учреждений (базовый уровень) / Л. Э. Генденштейн, Л. А. Кирик, И. М. Гельфгат, И. Ю. Ненашев ; под ред. Л. Э. Генденштейна. — М. : Мнемозина, 2009. — 127 с. : ил.

ISBN 978-5-346-01257-3

Задачник содержит качественные, расчетные и экспериментальные задания, сгруппированные по темам, изучаемым в 10-м классе в соответствии с действующей программой по физике. В каждый раздел включено достаточное количество задач трех уровней сложности. К расчетным задачам в конце книги приведены ответы, к некоторым даны указания или решения.

УДК 373.167.1:53

ББК 22.3я72

ISBN 978-5-346-01255-9 (общ.)

ISBN 978-5-346-01257-3 (ч. 2)

© «Мнемозина», 2009

© Оформление. «Мнемозина», 2009

Все права защищены



ПРЕДИСЛОВИЕ

Данный задачник является вторым основным компонентом учебно-методического комплекта по физике для 10-го класса (авторы учебника Л. Э. Генденштейн, Ю. И. Дик). В книге содержатся качественные, расчетные и экспериментальные задания, сгруппированные по тематическим разделам, в каждом из которых выделено три уровня сложности.

Разделы, как правило, начинаются с «Устной разминки», после которой следуют задания в порядке возрастания уровня сложности.

Не все задания в сборнике являются обязательными для каждого учащегося. Учитель имеет возможность подобрать задачи с учетом особенностей каждого класса.

Для удобства в книге использованы специальные обозначения:

-  для задач, к которым даны указания;
-  для задач, к которым даны полные решения.

Все необходимые для решения задач справочные данные приведены на форзацах.

МЕХАНИКА

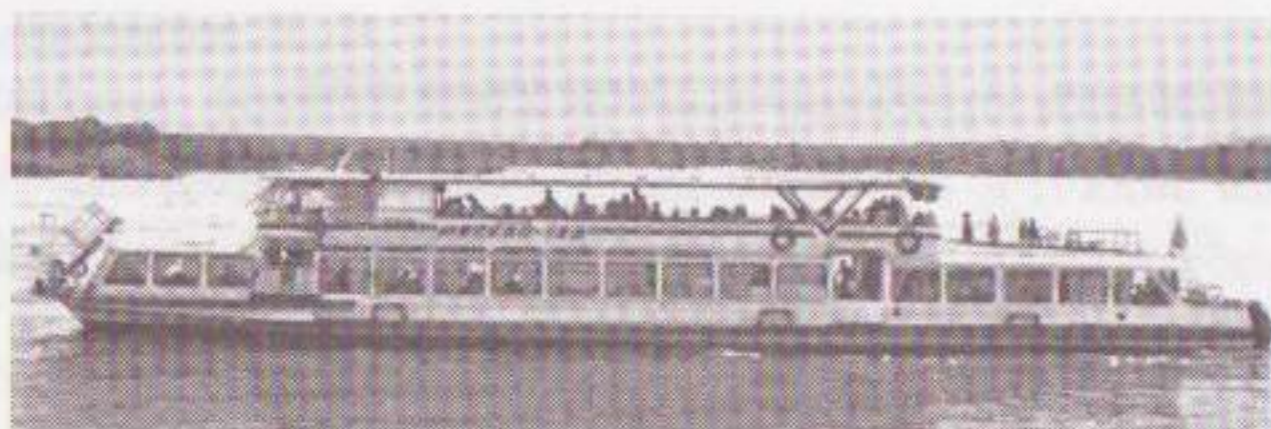
Случились вместе два астронома в пиру
И спорили весьма между собой в жару.
Один твердил: Земля, вертясь, круг Солнца ходит;
Другой — что Солнце все с собой планеты водит;
Один Коперник был, другой слыл Птолемей.
Тут повар спор решил усмешкою своей.
Хозяин спрашивал: — Ты звезд течение знаешь?
Скажи: как ты о сем сомненьи рассуждаешь?
Он дал такой ответ: — Что в том Коперник прав,
Я правду докажу, на Солнце не бывав.
Кто видел простака из поваров такого,
Который бы вертел очаг кругом жаркого?

М. В. Ломоносов

1. СИСТЕМА ОТСЧЕТА. ТРАЕКТОРИЯ, ПУТЬ, ПЕРЕМЕЩЕНИЕ

УСТНАЯ РАЗМИНКА

1.1. Пассажир теплохода, выйдя из каюты, прогулялся по верхней палубе и вернулся в каюту. В какой системе отсчета его перемещение равно нулю? отлично от нуля?



1.2. Каков модуль перемещения Земли за год в системе отсчета, связанной с Солнцем?

1.3. Маленькому ребенку кажется, что секундная стрелка часов движется, а минутная и часовая стрелки неподвижны. Как доказать ребенку, что он заблуждается?

1.4. Приведите примеры задач, в которых автомобиль:
а) можно считать материальной точкой;
б) нельзя считать материальной точкой.

1.5. Приведите примеры задач, в которых Луну:
а) можно считать материальной точкой;
б) нельзя считать материальной точкой.

1.6. Точным ли является выражение: «Солнце восходит и заходит»? Что следует добавить к этому выражению с точки зрения физики?

1.7. Опишите, какие движения окружающих тел вы наблюдаете, сидя на карусели. Что здесь общего с астрономическими наблюдениями, производимыми с поверхности Земли?



1.8. В каких случаях движущееся тело оставляет видимый след, т. е. «рисует» траекторию своего движения?

1.9. Что мы оплачиваем по счетчику в такси: путь или перемещение?

1.10. При каком условии путь равен модулю перемещения? Может ли модуль перемещения быть больше пройденного пути?

1.11. Велосипедист едет по прямой дороге. Какие детали велосипеда движутся относительно земли по прямолинейным траекториям, а какие — по криволинейным?

1.12. Бильярдный шар медленно катится по столу. Какие точки шара движутся при этом прямолинейно?

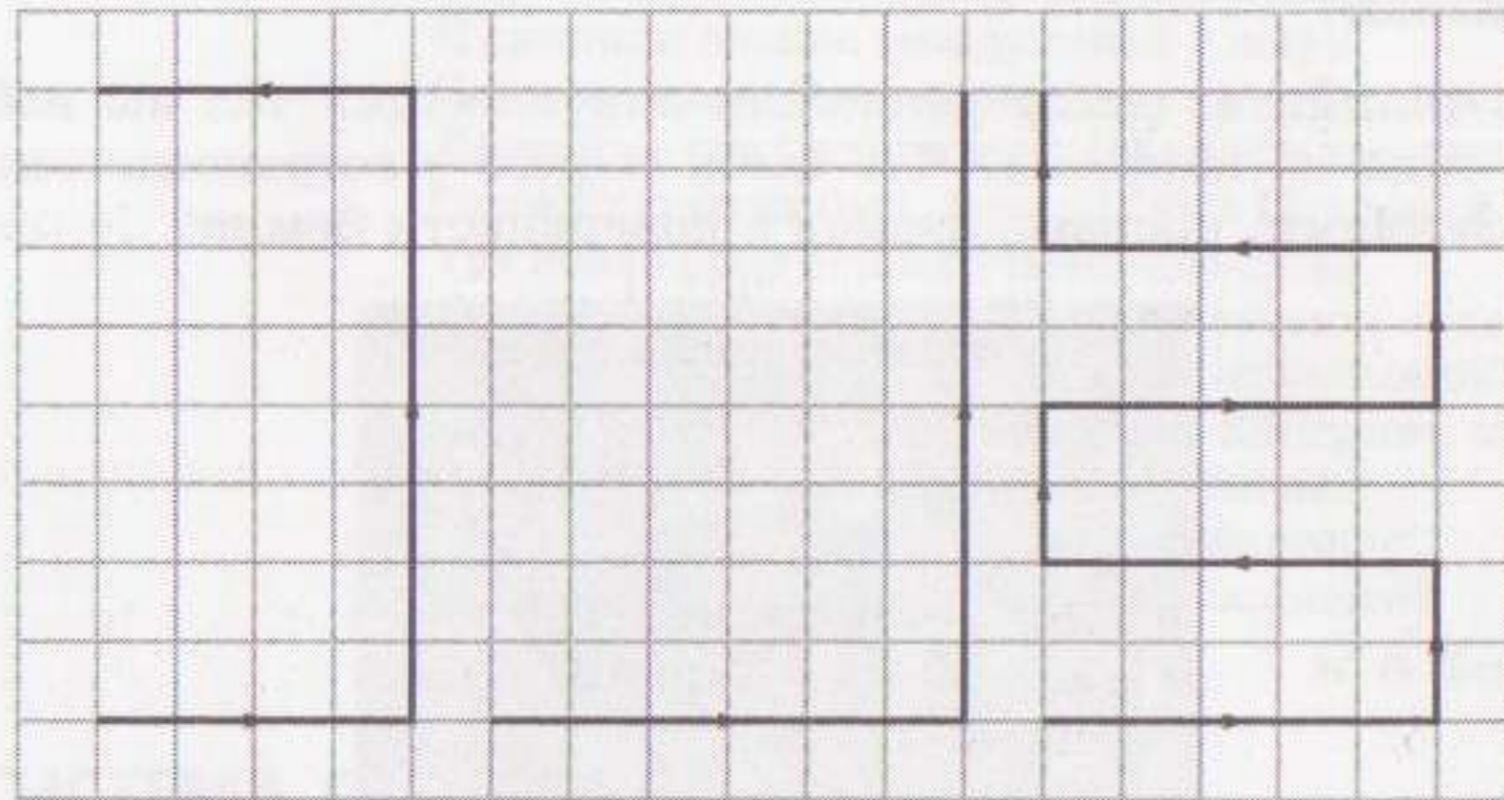
Первый уровень

1.13. Пловец переплыл плавательный бассейн длиной 50 м два раза — туда и обратно. Найдите путь и модуль перемещения пловца.

1.14. Автобус совершает рейсы по прямой автотрассе между двумя населенными пунктами А и Б, находящимися на расстоянии 30 км друг от друга. Он выехал из пункта А, доехал до пункта Б и проехал половину обратного пути. Определите путь и модуль перемещения автобуса.

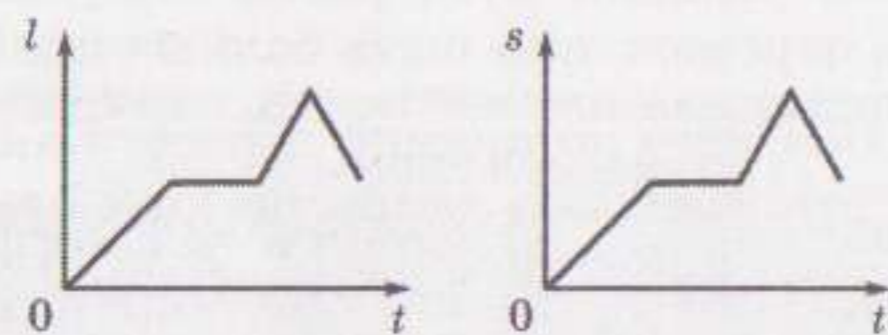
1.15. На рисунке показаны траектории a — b движения трех тел. Начертите эти траектории в тетради и покажите вектор

перемещения для каждого из тел. Во сколько раз путь больше модуля перемещения для каждого из тел?



Второй уровень

1.16. На рисунках приведены графики зависимости от времени t пути l и модуля перемещения тела s для двух различных движений. В каком из графиков допущена ошибка? Обоснуйте свой ответ.



1.17. Во время прямолинейного равномерного движения поезда с верхней полки вагона падает мячик. Будет ли он падать вертикально? Одинаково ли ответят на этот вопрос наблюдатели, находящиеся в вагоне и на земле?

1.18. Каков максимальный модуль перемещения при движении тела по окружности радиусом 1 м?

1.19. Изобразите траекторию движения тела, при котором модуль перемещения равен 10 см, а путь — 30 см. Можете ли вы предложить несколько различных решений этой задачи?

1.20. Изобразите траекторию движения тела, при котором модуль перемещения равен 10 см, а путь — 15,7 см.

1.21. Мяч, брошенный с земли вертикально вверх, достиг высоты 10 м и затем был пойман на балконе на высоте 6 м от земли. Найдите путь и модуль перемещения мяча.

1.22. Мяч упал с высоты 2 м, отскочил на 1 м вверх, снова упал и после отскока был пойман на высоте 0,5 м. Найдите путь и модуль перемещения мяча.

Третий уровень

1.23. Межпланетная станция совершает перелет Земля — Марс. Можно ли считать ее материальной точкой:

- при оценке риска столкновения с метеоритом;
- при вычислении времени перелета;
- при изучении разогрева станции во время движения в атмосфере Марса?

1.24. Самолет пролетел по прямой 150 км, а потом повернул на 90° и пролетел еще 200 км. Найдите пройденный самолетом путь и модуль перемещения.

1.25. Патрульный автомобиль движется вокруг квартала, имеющего форму квадрата со стороной 500 м. Каковы путь и модуль перемещения автомобиля, когда он проехал две стороны квадрата? четыре стороны? два раза объехал вокруг квартала?

1.26. Автомобиль проехал по прямой автотрассе 60 км.

- Какие точки колеса совершили минимальное перемещение? максимальное?
- Какие точки колеса прошли минимальный путь? максимальный?

1.27. Два тела, двигаясь вдоль одной прямой, совершили одинаковые перемещения. Обязательно ли одинаковы пройденные ими пути? Ответ поясните примером.

1.28. Приведите пример движения, траектория которого в одной системе отсчета представляет собой прямую, а в другой — окружность.

1.29. Яхта проплыла 10 км, двигаясь на запад вдоль экватора. Можно ли считать, что траектория движения яхты была прямолинейной? Как изменился бы ответ, если бы яхта проплыла 10 000 км? Нарисуйте примерную траекторию движения яхты в первом и втором случаях.



Чем скорее проедешь, тем скорее приедешь.

Козьма Прутков

2. СКОРОСТЬ. СЛОЖЕНИЕ СКОРОСТЕЙ

$$\bar{v} = \frac{\bar{s}}{t}, \quad \bar{v} = \bar{v}_1 + \bar{v}_2$$

УСТНАЯ РАЗМИНКА

2.1. Поезд движется со скоростью 50 км/ч, а пассажир идет по вагону со скоростью 4 км/ч. Какова скорость движения этого пассажира относительно земли, если он идет в сторону головного вагона?

2.2. Поезд движется со скоростью 54 км/ч, а проводник идет по вагону со скоростью 3 км/ч. Какова скорость движения проводника относительно земли, если он идет в сторону последнего вагона?

2.3. Может ли человек, находящийся в вагоне движущегося поезда, быть неподвижным относительно земли?

2.4. Существуют воспоминания о том, как во время Первой мировой войны пилот однажды поймал рукой выпущенную с земли пулю. При этом он не пострадал (лишь слегка ожегся). Могло ли такое произойти? Обоснуйте свой ответ.

2.5. За первую секунду тело переместилось вниз на 1 см, за вторую — тоже, за третью — тоже и т. д. Обязательно ли такое движение тела является равномерным?

2.6. Камень подбросили вертикально вверх. Как изменяются модуль и направление его мгновенной скорости?

Первый уровень

2.7. Выразите в километрах в час скорости: 2 м/с, 5 м/с, 20 м/с, 100 м/с.

2.8. Выразите в метрах в секунду скорости: 7,2 км/ч, 18 км/ч, 36 км/ч, 54 км/ч.

2.9. Автомобиль едет со скоростью 90 км/ч. Какой путь он проходит за полчаса? за 15 мин? за 1 мин?

2.10. Пуля летит со скоростью 500 м/с. За какое время она пролетит 100 м? 1 км? 2 км?

2.11. Самолет летит со скоростью 200 м/с. За какое время он пролетит 1 км?

2.12. Вдоль трех вагонов стоящего на станции товарного поезда велосипедист едет 10 с. Сколько времени он будет ехать вдоль состава из 60 вагонов?

2.13. Мальчик, поднимающийся в лифте, следит за показаниями электронного табло. Он замечает, что за 12 с лифт поднялся от 2-го до 12-го этажа. Сколько времени займет подъем от 12-го до 27-го этажа? Лифт движется равномерно.

2.14. Велосипедист движется со скоростью 25 км/ч, а автомобиль — со скоростью 55 км/ч. С какой скоростью движется автомобиль относительно велосипедиста, если:

- автомобиль движется навстречу велосипедисту;
- автомобиль догоняет велосипедиста;
- автомобиль удаляется от велосипедиста после обгона?

2.15. Автомобиль проехал 60 км за 1 ч, а затем еще 240 км в том же направлении за 3 ч. Какова средняя скорость движения автомобиля на всем пути?

2.16. Турист за 25 мин прошел по прямой дороге 1,2 км, полчаса отдыхал, а затем пробежал еще 800 м за 5 мин. Какова его средняя скорость на всем пути?

Второй уровень

2.17. Расстояние между пунктами А и В по прямой линии 5 км. Человек проходит это расстояние туда и обратно за 2 ч, двигаясь с постоянной по модулю скоростью. Чему равны путь и модуль перемещения человека за 1 ч движения? за 2 ч?

2.18. Катер движется по реке против течения со скоростью 12 км/ч относительно берега, а по течению — со скоростью 16 км/ч. Какова скорость течения?

2.19. Моторная лодка движется по течению реки со скоростью 9 км/ч, а плот — со скоростью 1 км/ч. Какова скорость движения моторной лодки против течения? Все скорости заданы относительно земли.

2.20. За 4 ч моторная лодка проходит против течения расстояние 48 км. За какое время она пройдет обратный путь, если скорость течения 3 км/ч?

2.21. Мотоциклист проехал 90 км со скоростью 30 км/ч, а затем еще 40 км в том же направлении со скоростью 20 км/ч. Какова средняя скорость на всем пути?

2.22. Самолет пролетел 360 км со скоростью 960 км/ч, а затем еще 240 км в том же направлении со скоростью 640 км/ч. Какова средняя скорость всего полета?

Третий уровень

2.23. Катер обогнал плывущую по течению реки лодку, а затем развернулся и двинулся навстречу ей. Во сколько раз изменилась скорость катера относительно лодки? Скорость катера относительно воды вдвое больше, чем скорость лодки.

2.24. Моторная лодка проходит расстояние между пунктами А и Б по течению реки за 3 ч, а плот то же расстояние проходит за 12 ч. Сколько времени затратит моторная лодка на обратный путь?

2.25. От пристани А одновременно отчалили плот и лодка. За то время, пока плот доплыл до пристани Б, лодка успела доплыть до пристани Б и вернуться в А. Во сколько раз ее скорость относительно воды больше скорости течения?

2.26. Против течения моторная лодка плывет медленнее, чем в стоячей воде, зато по течению — быстрее. Где удастся скорее проплыть одно и то же расстояние туда и обратно — в реке или в озере?

2.27. Вдоль тропинки ползет цепочка муравьев со скоростью 2 см/с. Вожак во главе цепочки посылает «адъютанта» с поручением к замыкающему. Какова длина цепочки, если «адъютант», бегающий со скоростью 3 см/с, вернулся к вожаку через 1 мин?

2.28. Автомобиль проехал 60 км на юг за 1 ч, а затем — 80 км на восток за 1,5 ч. Начертите в тетради траекторию движения автомобиля в удобном масштабе. Найдите модуль и направление средней скорости движения автомобиля за 2,5 ч.

Теперь же перейдем к движению ускоренному.

Г. Галилей

3. УСКОРЕНИЕ. ПРЯМОЛИНЕЙНОЕ РАВНОУСКОРЕННОЕ ДВИЖЕНИЕ¹

$$v_x = v_{0x} + a_x t, s_x = v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2} = \frac{v_{0x} + v_x}{2} t = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2a_x}$$

УСТНАЯ РАЗМИНКА

3.1. Модуль вектора ускорения равен 2 м/с². Что это означает?

3.2. При каком условии модуль вектора скорости движущегося тела увеличивается? уменьшается?

¹ При решении задач этого раздела не учитывайте сопротивление воздуха. Здесь и далее считайте $g = 10 \text{ м/с}^2$. Движение транспорта при разгоне и торможении считайте равноускоренным.

3.3. Поезд отходит от станции. Как направлено его ускорение?

3.4. Поезд начинает тормозить. Как направлены его ускорение и скорость?

3.5. Какие опыты доказывают, что все тела у поверхности Земли падают с одинаковым и постоянным ускорением?

3.6. Изменится ли ускорение свободно падающего тела, если ему сообщить начальную скорость?

Первый уровень

3.7. Поезд, отходя от станции, набирает скорость 15 м/с за 150 с. Каково его ускорение?

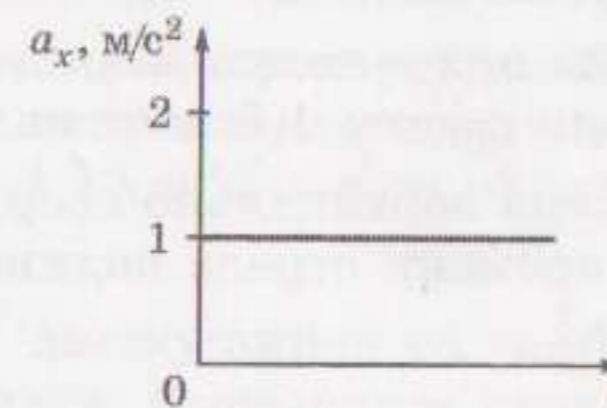
3.8. С каким ускорением движется трогаящийся с места автомобиль, если он набирает скорость 54 км/ч за 30 с?

3.9. С каким ускорением движется трогаящийся с места автомобиль, если он набирает скорость 36 км/ч за 20 с?

3.10. За 1-ю секунду равноускоренного движения скорость тела увеличилась с 3 до 5 м/с. Каково ускорение тела? Какой станет скорость к концу 3-й секунды?

3.11. Тело движется с ускорением 1,5 м/с². Начальная скорость равна нулю. Какова скорость тела через 2 с после начала движения? через 4 с? через 20 с?

3.12. Охарактеризуйте движение тела, график проекции ускорения которого изображен на рисунке.



3.13. Тело падает без начальной скорости. Какова его скорость после 2 с падения? после 3 с?

3.14. Какие формулы описывают прямолинейное равноускоренное движение:

а) $v_x = 3 + 2t^2$;

в) $v_x = 5t$;

б) $v_x = 3 - 2t$;

г) $v_x = \frac{3}{2+t}$?

3.15. Ученик привел примеры формул, описывающих прямолинейное равноускоренное движение:

- а) $v_x = 5t$; в) $v_x = \frac{5}{t}$;
 б) $v_x = 4 - 0,5t$; г) $v_x = 3 - t^2$.

В каких случаях он ошибся?

3.16. При прямолинейном равноускоренном движении за 5 с скорость тела увеличилась с 5 до 15 м/с. Каково перемещение тела за это время?

3.17. Камень падает без начальной скорости. Определите глубину ущелья, если камень достиг его дна за 4 с.

3.18. Оторвавшаяся от края крыши сосулька падала на землю 2 с. Какова высота здания?



3.19. За какое время автомобиль, двигаясь из состояния покоя с ускорением $0,5 \text{ м/с}^2$, пройдет путь 100 м?

3.20. Определите время падения тела с высоты 45 м.

3.21. Книга падает на пол с полки. Как долго длится падение, если полка находится на высоте 1,8 м от пола?

3.22. Стрела выпущена вертикально вверх с начальной скоростью 50 м/с. Сколько времени стрела поднималась? Какова продолжительность полета?

Второй уровень

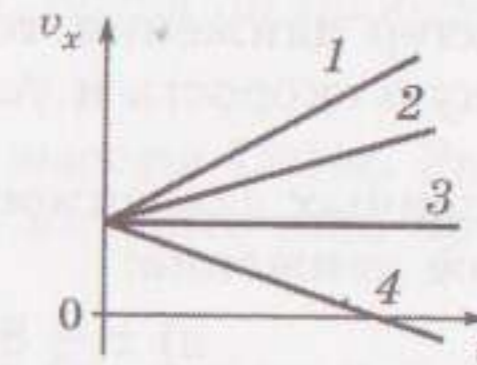
3.23. Ось Ox направлена вдоль траектории прямолинейного движения тела. Что вы можете сказать о движении, при котором:

- а) $v_x > 0, a_x > 0$; г) $v_x < 0, a_x < 0$;
 б) $v_x > 0, a_x < 0$; д) $v_x < 0, a_x = 0$;
 в) $v_x < 0, a_x > 0$;

3.24. Поезд, идущий на север, трогается с места. У соседней платформы в это время тормозит поезд, идущий на юг. Как направлены ускорения каждого из поездов?

3.25. Куда направлено ускорение лифта перед остановкой на верхнем этаже?

3.26. На рисунке схематически показаны графики $v_x(t)$ движения тел вдоль оси Ox . Что общего у всех этих движений? Чем они различаются?



3.27. На взлетной полосе длиной 900 м самолет приобретает скорость 40 м/с. С какой скоростью самолет проходит точку, находящуюся на расстоянии 225 м от начала полосы?



3.28. Тележка скатывается с наклонной плоскости равноускоренно. Пройдя расстояние 1,5 м, она приобрела скорость 0,5 м/с. Какое расстояние должна пройти тележка, чтобы приобрести скорость 1 м/с?

3.29. Тело движется равноускоренно. Через какое время после начала движения направление скорости изменится на противоположное, если $v_{0x} = 15 \text{ м/с}$, а $a_x = -3 \text{ м/с}^2$? Начертите график $v_x(t)$.

3.30. Автомобиль, движущийся со скоростью 80 км/ч, после торможения остановился. Определите среднюю скорость автомобиля за все время торможения.

3.31. Автомобиль трогается с места с ускорением 2 м/с^2 . Какой путь он пройдет за 3-ю и за 4-ю секунды движения?

3.32. Зависимость $v_x(t)$ для различных тел, движущихся вдоль оси Ox , имеет вид:

- а) $v_x = 3 - 4t$; в) $v_x = 2 + 0,5t^2$;
 б) $v_x = -4 + 2t$; г) $v_x = -8,5 - 2t$.

В каких случаях движение является равноускоренным? тело движется в положительном направлении оси Ox ? скорость тела в начале движения увеличивается по модулю?

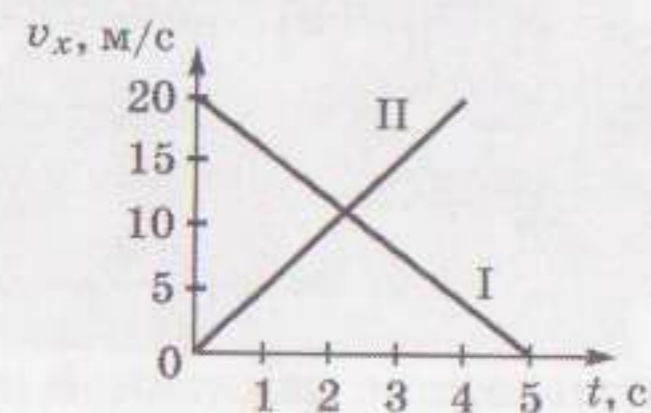
3.33. Уравнение координаты материальной точки, движущейся вдоль оси Ox , имеет вид $x = 10 + 4t + 2t^2$ (величины выражены в СИ). Определите характер движения точки. Найдите начальную координату, начальную скорость и ускорение точки.

3.34. Какие из приведенных зависимостей описывают прямолинейное равноускоренное движение:

- а) $x = 3 + 2t$; в) $x = 8 - 2t - 4t^2$;
 б) $v_x = 5t^2$; г) $x = 10 + 5t^2$?

3.35. Прямолинейные движения двух тел описываются формулами $x_1 = 16 - 18t + 3t^2$ и $x_2 = 20 + 15t - 2,5t^2$. Опишите эти движения. Постройте для каждого из них графики $v_x(t)$, $s_x(t)$.

3.36. По графикам, изображенным на рисунке, запишите уравнения зависимости проекции скорости $v_x(t)$ и координаты $x(t)$ от времени. Считайте, что для обоих тел $x_0 = 0$.



3.37. Камень свободно падает с высоты 80 м. Какова скорость камня в момент падения на землю? Сколько времени продолжалось свободное падение?

3.38. Камень бросили вертикально вниз с начальной скоростью 5 м/с. С какой высоты бросили камень, если он падал 2 с?

3.39. Пуля, летевшая со скоростью 400 м/с, пробила стену толщиной 20 см, в результате чего скорость пули уменьшилась до 100 м/с. Сколько времени пуля двигалась в стене?

3.40. Модуль перемещения тела за 4 с равен 80 см, причем скорость движения тела увеличилась в 3 раза. Считая движение прямолинейным равноускоренным, определите ускорение тела.

3.41. Автомобиль, двигаясь с постоянным ускорением, прошел за 30 с расстояние 450 м и приобрел скорость 18 м/с. Какова была его начальная скорость?

3.42. Самолет отрывается от земли при скорости 216 км/ч. С каким ускорением он должен двигаться по взлетной полосе, длина которой 1,2 км?

3.43. Самолет касается посадочной полосы при скорости $v_0 = 60$ м/с и останавливается, пробежав путь $L = 1800$ м. Какова скорость v самолета, когда он пробежал по полосе расстояние $s = 450$ м?

3.44. Тело падает с высоты 180 м. Разделите траекторию движения на три участка, которые тело проходит за равные промежутки времени.

3.45. Камень падает без начальной скорости с высоты 80 м. Какой путь проходит камень за первую секунду движения? за последнюю?

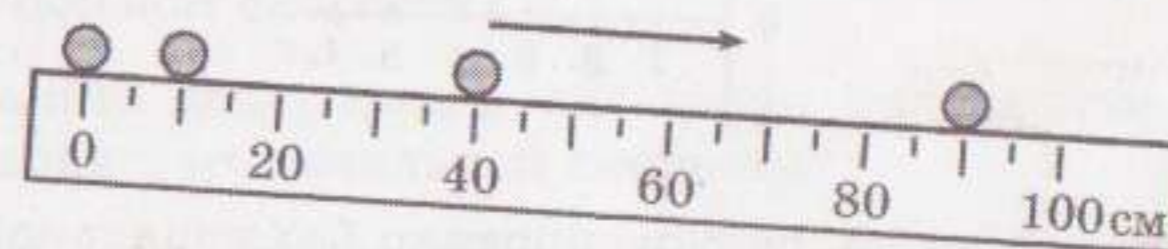
3.46. Во сколько раз увеличатся время полета подброшенного вверх мяча и максимальная высота его подъема, если увеличить начальную скорость мяча в 3 раза?

3.47. Подброшенный вверх камень упал на землю через 4 с. Какова была его начальная скорость? Какой высоты он достиг? С какой скоростью упал на землю?

3.48. Мяч, подброшенный вертикально вверх, пролетает мимо окна на высоте 6 м дважды с интервалом 2 с. Какой наибольшей высоты достиг мяч?

Третий уровень

3.49. Шарик скатывается по наклонной линейке. На рисунке показаны его положения через равные промежутки времени (1 с). Какова была начальная скорость шарика?



3.50. Поезд начинает движение из состояния покоя и движется равноускоренно. На первом километре пути его скорость возросла до 10 м/с. На сколько она возрастет на втором километре?

3.51. Соревнуясь в беге на 100 м, бегун разогнался равноускоренно в течение 3,5 с на дистанции 20 м. Какой он показал результат на всей дистанции, если после окончания разгона движение было равномерным?

3.52. Видеозапись «прокручивают» в обратную сторону. Как при этом изменяется направление скорости автомобиля на экране? направление ускорения?

3.53. Движение пули в канале ствола при выстреле можно считать равноускоренным. На каком из этапов движения изменение скорости пули больше: при прохождении первой половины ствола или второй половины? Поясните свой ответ.

3.54. За 10 с скорость тела на пути 300 м увеличилась в 2 раза. Считая его движение равноускоренным, определите ускорение тела.

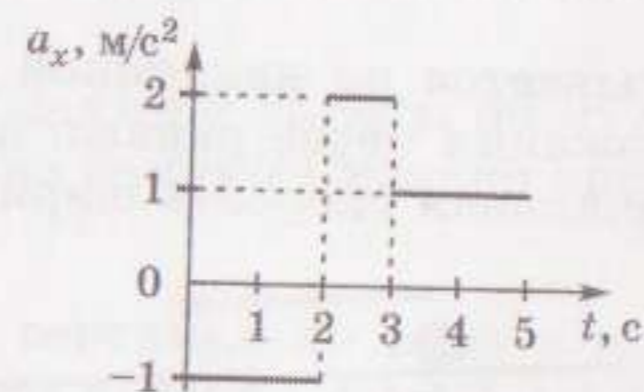
3.55. От движущегося поезда отцепляют последний вагон. Поезд продолжает двигаться с той же скоростью. Сравните пути, пройденные поездом и вагоном к моменту остановки вагона. Ускорение вагона считайте постоянным.

3.56. Прямолинейное движение описывается формулой $x = -4 + 2t - t^2$ (все величины выражены в СИ). Опишите это движение. Постройте для него графики $v_x(t)$, $s_x(t)$, $l(t)$.

3.57. Начальная координата тела, движущегося вдоль оси Ox , равна -5 м. Опишите движение и построьте графики $x(t)$, $s_x(t)$, $l(t)$, если:

а) $v_x = 2t$; б) $v_x = 6 - 2t$.

3.58. По данному графику проекции ускорения построите графики для координаты $x(t)$ и проекции скорости $v_x(t)$.



3.59. Тело, двигаясь равноускоренно без начальной скорости, за третью секунду проходит расстояние 2,5 м. Определите перемещение тела за пятую секунду.

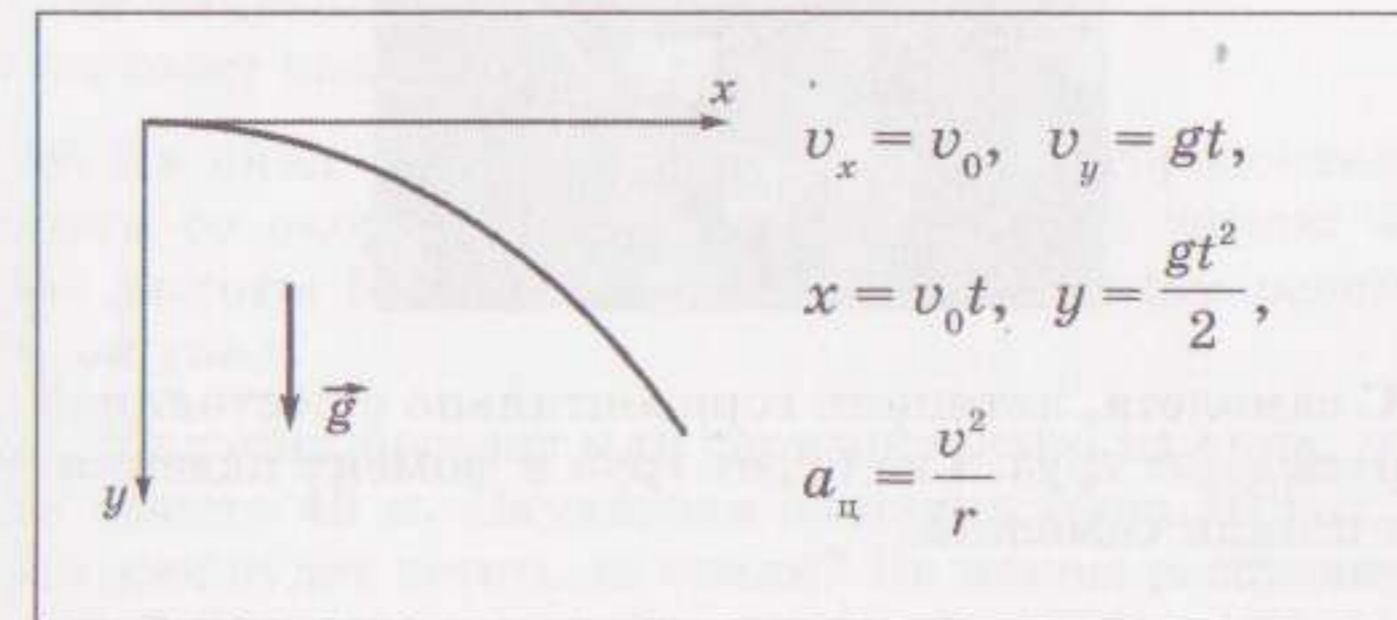
3.60. В последнюю секунду свободного падения тело прошло 30 м. Сколько времени длилось падение?

3.61. Падающее тело прошло последние 20 м за время 0,8 с. С какой высоты и сколько времени падало тело?

И мы с пути кривого
Обратно не свернем,
А надо будет — снова
Пойдем кривым путем.

В. Коростылев

4. КРИВОЛИНЕЙНОЕ ДВИЖЕНИЕ¹



УСТНАЯ РАЗМИНКА

4.1. По какой траектории движется тело, брошенное горизонтально?

4.2. С каким ускорением движется тело, брошенное горизонтально?

4.3. Что общего в движении тел, брошенных вертикально вниз и горизонтально?

4.4. Зависит ли время полета тела, брошенного горизонтально, от начальной скорости?

4.5. Какова зависимость дальности полета тела, брошенного горизонтально, от начальной скорости?

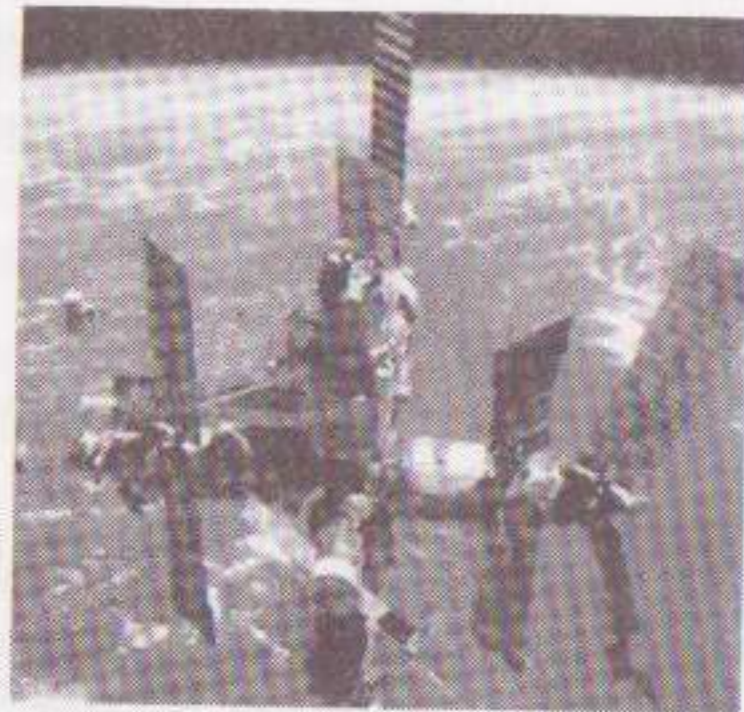
4.6. Как направлена мгновенная скорость тела, брошенного горизонтально?

4.7. Автомобиль движется по криволинейной траектории с постоянной по модулю скоростью. Можно ли утверждать, что его ускорение в этом случае равно нулю?

4.8. Как направлены мгновенная скорость и центростремительное ускорение при движении тела по окружности?

¹ При решении задач этого раздела не учитывайте сопротивление воздуха.

4.9. Как направлены скорость и ускорение спутника, движущегося по круговой орбите?



4.10. С самолета, летящего горизонтально с постоянной скоростью, сбрасывают груз. Где будет груз в момент падения — впереди или позади самолета?

Первый уровень

4.11. Как изменится время полета тела, брошенного горизонтально с некоторой высоты, если скорость бросания увеличить вдвое?

4.12. Как изменится дальность полета тела, брошенного горизонтально с некоторой высоты, если скорость бросания увеличить вдвое?

4.13. Как изменится центростремительное ускорение тела, движущегося по окружности, если модуль скорости движения тела уменьшить в 2 раза?

4.14. Тело, равномерно двигавшееся по дуге окружности, перешло на дугу окружности, радиус которой в 2 раза больше. Как изменилось центростремительное ускорение тела, если модуль скорости не изменился?

4.15. Центростремительное ускорение автомобиля при движении на повороте равно $0,6 \text{ м/с}^2$. Каково центростремительное ускорение автомобиля, проходящего с той же скоростью другой поворот, радиус которого в 3 раза больше?

4.16. Автомобиль движется со скоростью 72 км/ч по закруглению дороги радиусом 500 м . Определите центростремительное ускорение.

4.17. Шарик, подвешенный на нити длиной 2 м , раскачивается. В момент прохождения положения равновесия скорость шарика 3 м/с . Каково центростремительное ускорение шарика в этот момент?

Второй уровень

4.18. Можно ли считать движение спутника по круговой орбите равноускоренным? Обоснуйте свой ответ.

4.19. Из люка вертолета выпадает шарик. Будет ли одинаковым время падения для следующих случаев:

- вертолет неподвижно висит на некоторой высоте;
- вертолет движется с постоянной скоростью в горизонтальном направлении;
- вертолет поднимается?

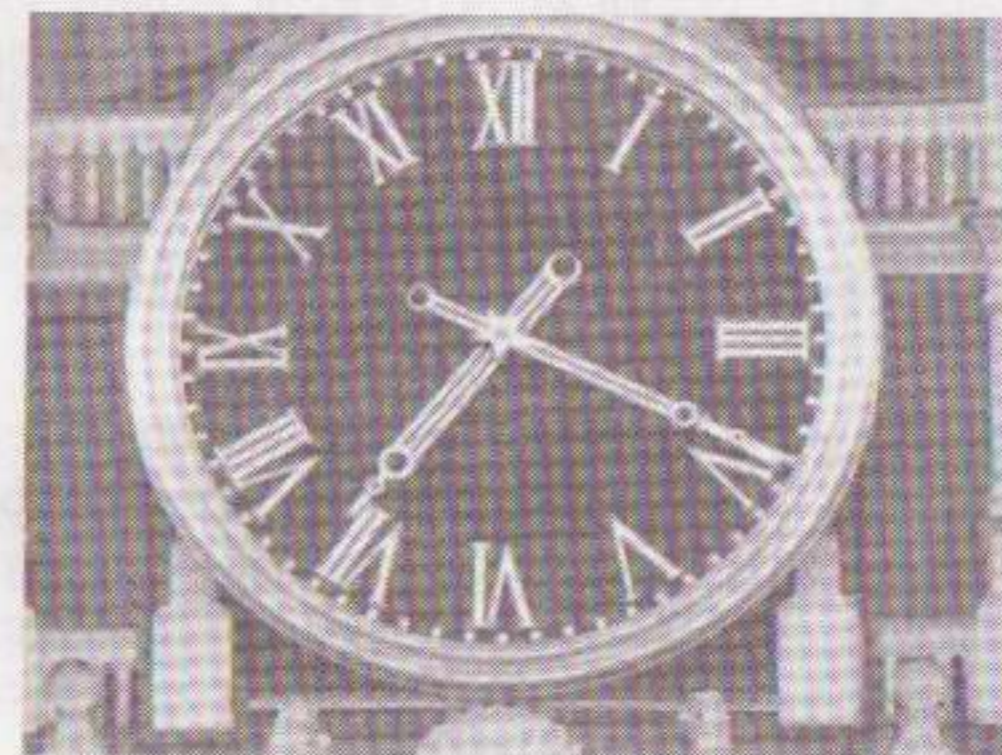
4.20. Из окна здания бросили мячик в горизонтальном направлении со скоростью 12 м/с . Он упал на землю через 2 с . С какой высоты был брошен мячик и на каком расстоянии от здания он упал?

4.21. Мальчик бросает мяч горизонтально из окна, находящегося на высоте 45 м . Начальная скорость мяча 10 м/с . Сколько времени мяч будет лететь до земли? На каком расстоянии от стены упадет? Каков модуль перемещения мяча?

4.22. Тело брошено горизонтально со скоростью 10 м/с . Дальность полета по горизонтали оказалась равной высоте бросания. С какой высоты было брошено тело?

4.23. Какую минимальную скорость должен развить на своем автомобиле каскадер, чтобы выполнить рискованный трюк — перепрыгнуть с крыши одного небоскреба на другой? Высота небоскребов 120 и 100 м , расстояние между ними 40 м .

4.24. Во сколько раз скорость конца минутной стрелки башенных часов больше скорости конца минутной стрелки наручных часов, если длина стрелки башенных часов $1,5 \text{ м}$, а длина стрелки наручных часов $1,5 \text{ см}$?



4.25. Секундная стрелка часов в 1,2 раза длиннее минутной. Во сколько раз скорость движения конца секундной стрелки больше скорости движения конца минутной стрелки?

4.26. Шарик равномерно движется по окружности радиусом 3 м, совершая полный оборот за 10 с. Определите его скорость и ускорение.

4.27. Оцените ускорение Земли при ее движении вокруг Солнца.

4.28. Спутник движется по круговой орбите на высоте 400 км вокруг планеты радиусом 5000 км. Каковы скорость и ускорение спутника, если период его обращения 81 мин?

4.29. Найдите частоту вращения барабана лебедки диаметром 16 см при подъеме груза со скоростью 0,4 м/с.

Третий уровень

4.30. Два тела бросили одновременно с вершины башни горизонтально в противоположных направлениях: одно со скоростью 20 м/с, другое со скоростью 15 м/с. Каким будет расстояние между телами через 1 с?

4.31. С вертолета, летящего на высоте 125 м со скоростью 90 км/ч, сбросили груз. На какой высоте его скорость будет направлена под углом 45° к горизонту?

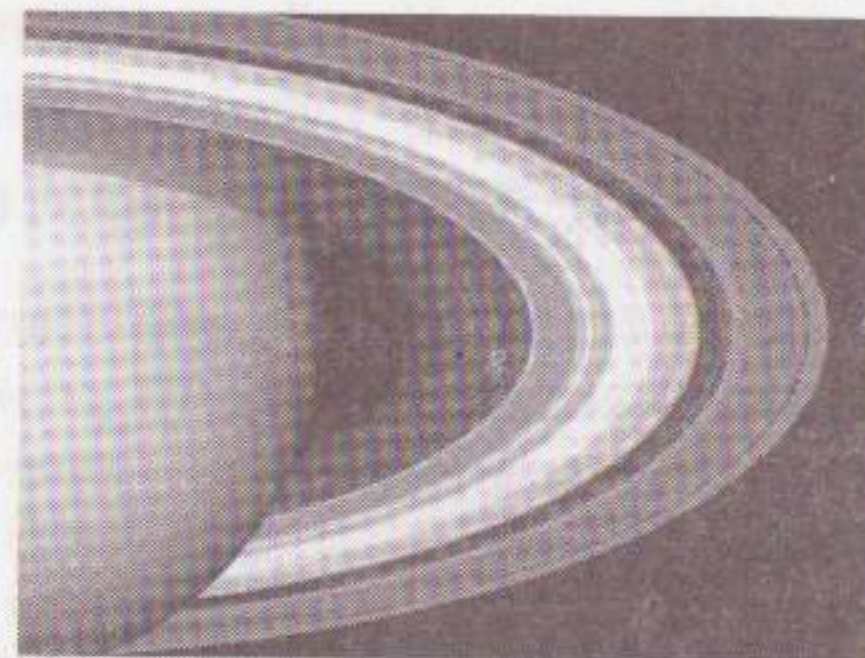
4.32. Футбольный мяч пролетел после удара расстояние $L = 60$ м. Какую начальную скорость сообщили мячу, если высота верхней точки его траектории $H = 20$ м?

4.33. Брошенный мальчиком камень влетел горизонтально в дупло дерева на высоте 7,2 м. На каком расстоянии от дерева находился мальчик, если скорость броска 20 м/с? Под каким углом к горизонту был брошен камень? Каково перемещение камня?

4.34. Мяч бросают горизонтально с высоты 15 м. При какой начальной скорости дальность полета мяча в 3 раза больше начальной высоты? Под каким углом к горизонту движется мяч перед ударом о землю?

4.35. Биатлонист ведет огонь по вертикальной мишени с расстояния 200 м. Ствол его винтовки направлен горизонтально, начальная скорость пули 800 м/с. Пули попадают точно в центр мишени. На какое расстояние от центра мишени отклонится пуля, начальная скорость которой из-за отсыревшего пороха в патроне равна 700 м/с?

4.36. Наблюдения за кольцами Сатурна показали, что чем дальше от планеты находится участок колец, тем меньше скорость его обращения. Исходя из этого, сделайте вывод о строении колец.

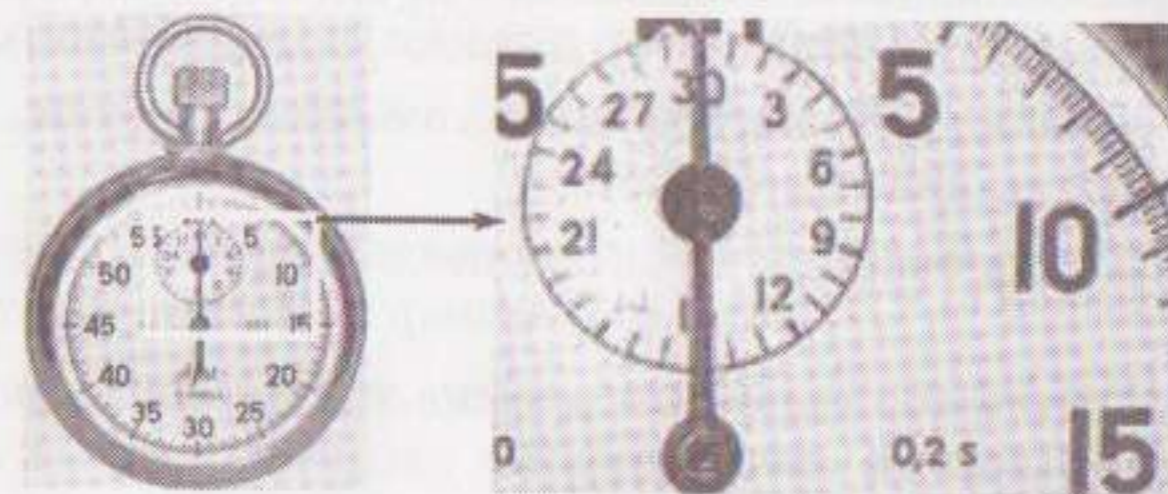


4.37. Во время полярного лета полярник решил совершить обход полюса пешком, идя «вслед за солнцем». По окружности какого радиуса должен идти полярник, если он идет со скоростью 4 км/ч?

4.38. Колесо диаметром 50 см, двигаясь равномерно, проходит расстояние 2 м за 4 с. Какова частота вращения колеса?

4.39. Определите скорость и ускорение точек земной поверхности в Санкт-Петербурге, обусловленные суточным вращением Земли. Географическая координата города — 60° северной широты. Считайте радиус Земли равным 6400 км.

4.40. Найдите частоту вращения минутной стрелки секундомера (см. рисунок).



4.41. Тела 1 и 2 движутся по окружностям радиусами r_1 и r_2 , причем $r_1 > r_2$. Ускорение какого тела больше, если:

- скорости тел одинаковы;
- периоды обращения одинаковы?

Ведь Ньютона открытие разбило
 Неведенья мучительное зло.
 Дорогу к новым звездам положило
 И новый выход страждущим дало.
 Уж скоро мы, природы властелины,
 И на Луну пошлем свои машины!

Дж. Г. Байрон

5. СИЛЫ В МЕХАНИКЕ. ЗАКОНЫ НЬЮТОНА

$$\vec{F} = 0 \Rightarrow \vec{v} = \text{const}, \vec{F} = m\vec{a}; \vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$

УСТНАЯ РАЗМИНКА

5.1. Связанную с Землей систему отсчета можно приближенно считать инерциальной. При каком движении самолета относительно Земли связанная с ним система отсчета также является инерциальной?

5.2. Теплоход при столкновении с лодкой может потопить ее без всяких для себя повреждений. Как это согласуется с равенством сил действия и противодействия?

5.3. Что было бы с телами, если бы вдруг все взаимодействия между ними исчезли:

- а) по Аристотелю;
- б) по Галилею?

5.4. Вы на абсолютно гладком катке. Перебираете ногами и — ни с места! Как вам сдвинуться с места?

5.5. Деревянной планке, лежащей на гладкой поверхности ледяной площадки, придали вращательное движение. Куда будет двигаться щепка, отлетевшая от планки при движении?

5.6. Действия каких тел на мяч компенсируются, когда мяч лежит на полу? плавает в озере?

5.7. Какая сила сообщает ускорение искусственному спутнику Земли?

5.8. Какая сила сообщает ускорение трогаящемуся с места на горизонтальной дороге автомобилю?

5.9. Правильно ли утверждение: ускорение автомобилю сообщает сила, действующая на автомобиль со стороны двигателя?

5.10. Какая сила сообщает ускорение последнему вагону отходящего от станции пассажирского поезда?

5.11. При прополке посевов вручную сорняки не следует выдергивать из земли слишком быстро. Почему?

Первый уровень

5.12. Какое ускорение сообщает сила 10 Н телу массой 4 кг?

5.13. Какое ускорение сообщает сила 1 Н телу массой 2 г?

5.14. Какая сила сообщает телу массой 500 г ускорение 2 м/с²?

5.15. Какая сила сообщает телу массой 4 т ускорение 0,2 м/с²?

5.16. Какова масса тела, которому сила 4 Н сообщает ускорение 5 м/с²?

5.17. Определите массу футбольного мяча, если его ускорение при ударе 500 м/с², когда сила удара равна 420 Н.

5.18. Какова масса теплохода, которому сила 300 кН сообщает ускорение 0,25 м/с²?

5.19. Каким может быть модуль равнодействующей сил 20 и 30 Н?

5.20. Равнодействующая двух сил равна 30 Н. Какой может быть вторая сила, если первая равна 20 Н?

5.21. Может ли модуль равнодействующей сил 8 и 5 Н равняться 2 Н? 5 Н? 11 Н? 14 Н?

Второй уровень

5.22. Люди и животные, двигаясь, отталкиваются от Земли и изменяют скорость. Изменяется ли при этом скорость земного шара?

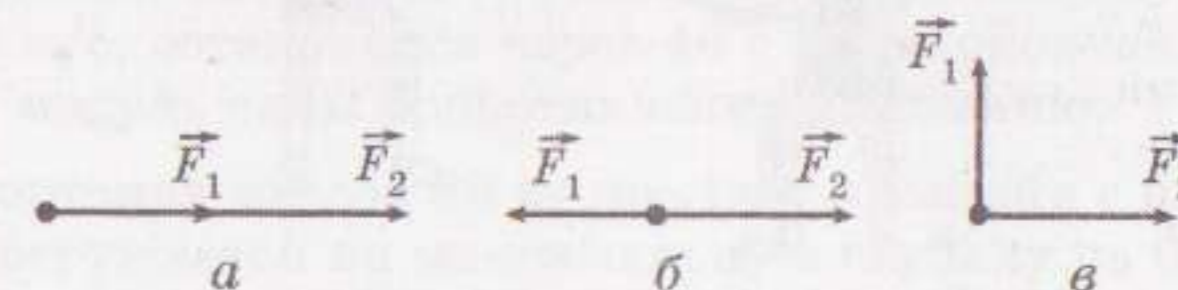
5.23. От чего отталкиваться космонавту в космосе, чтобы изменить скорость, маневрировать?

5.24. Почему боксеров делят по весовым категориям?

5.25. Каждый из двух одинаковых автомобилей увеличил свою скорость на 5 м/с, но один — за 20 с, а другой — за 40 с. На какой из автомобилей действовала большая сила во время разгона?

5.26. Сила 60 Н сообщает телу ускорение 0,8 м/с². Какая сила сообщит этому телу ускорение 2 м/с²?

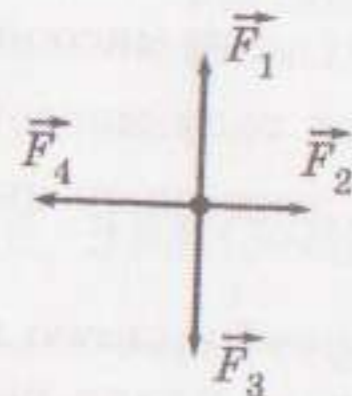
5.27. Найдите модуль ускорения тела массой 2 кг под действием двух приложенных сил (см. рис. а, б, в), если $F_1 = 3$ Н, $F_2 = 4$ Н.



5.28. Найдите модуль ускорения тела массой 5 кг под действием четырех приложенных к нему сил (см. рисунок), если:

а) $F_1 = F_3 = F_4 = 20 \text{ Н}$, $F_2 = 16 \text{ Н}$;

б) $F_1 = F_4 = 20 \text{ Н}$, $F_2 = 16 \text{ Н}$, $F_3 = 17 \text{ Н}$.



5.29. Одинаково ли сжимаются буферы двух сталкивающихся при сцепке одинаковых вагонов? Рассмотрите два случая:

а) оба вагона порожние;

б) один вагон порожний, а другой — грузеный.

5.30. Мяч ударяет в штангу ворот. На какое из тел (мяч или штангу) действует при ударе большая сила?

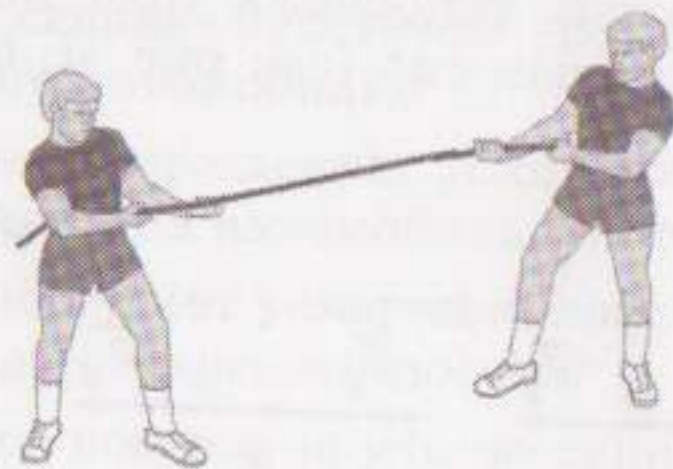


5.31. Почему трудно вбить гвоздь в шаткий забор?

5.32. Двое соперников, перетягивающих канат, прикладывают к нему равные по модулю силы.

а) Какова равнодействующая этих сил?

б) Канат порвался, когда оба соперника тянули его с силами по 400 Н. Может ли разорвать канат один человек, прикладывающий силу 400 Н?



Третий уровень

5.33. Каскадер, выпрыгнув на ходу из поезда при скорости 20 м/с, не сможет догнать поезд. Не рискует ли отстать от космической станции космонавт, вышедший в открытый космос при скорости около 8 км/с? Поясните свой ответ.

5.34. Обязательно ли движение тела направлено в сторону действующей на него силы? Обоснуйте свой ответ.

5.35. Лебедь, рак и щука в известной басне Крылова тянут воз с одинаковыми по модулю силами. Результат известен. Как были направлены эти силы?



5.36. Популярный когда-то цирковой номер состоял в том, что на грудь лежащего на арене атлета клали тяжелую наковальню и били по ней тяжелым молотом. После номера атлет вставал с арены как ни в чем не бывало. В чем секрет номера?

5.37. На шайбу во время игры постоянно действует то лед, то клюшка, то перчатка вратаря, то борт, то сетка ворот... В какие моменты действует наибольшая сила, в какие — наименьшая? Почему вы так решили?

5.38. Покоящаяся хоккейная шайба массой 250 г после удара клюшкой, длящегося 0,02 с, скользит по льду со скоростью 30 м/с. Определите среднюю силу удара.

5.39. Лыжник массой 60 кг, имеющий в конце спуска с горы скорость 10 м/с, остановился через 40 с после окончания спуска. Определите модуль силы сопротивления движению.

5.40. Спортсмен массой 80 кг прыгает в бассейн с высоты 5 м. В воде он погружается на максимальную глубину за 0,4 с. С какой средней силой действует вода на спортсмена?

5.41. Весы, на которых стоит стакан с водой, уравновешены. Нарушится ли равновесие, если опустить в воду палец, не касаясь дна?

Не изменится этот порядок вещей,
И настигнет меня, и припомнится мне
Притяженье Земли, притяженье друзей,
Притяженье любимой в далеком окне.

Р. Рождественский

6. ВСЕМИРНОЕ ТЯГОТЕНИЕ¹

$$F = G \frac{m_1 m_2}{R^2}, g = G \frac{M_{\text{Зем}}}{R_{\text{Зем}}^2}, G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}$$

УСТНАЯ РАЗМИНКА

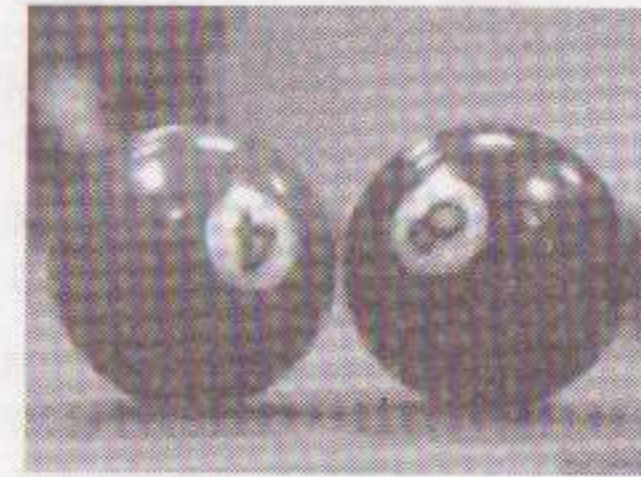
- 6.1. Действует ли на вас сила притяжения к Солнцу?
- 6.2. Притягивает ли Землю стоящий на ее поверхности человек? летящий самолет? космонавт, находящийся на орбитальной станции?
- 6.3. Почему незаметно притяжение между различными предметами, находящимися в комнате? между находящимися рядом людьми?
- 6.4. Каков физический смысл гравитационной постоянной?
- 6.5. Зависит ли скорость движения спутника связи от его массы?
- 6.6. Как зависит скорость движения спутника по круговой орбите от высоты этой орбиты?
- 6.7. Почему искусственные спутники Земли запускают в направлении на восток?

Первый уровень

- 6.8. Земля и Луна притягивают друг друга. Сравните силы, действующие при этом на Землю и на Луну.
- 6.9. Как надо изменить расстояние между материальными точками, чтобы сила тяготения уменьшилась в 2 раза? увеличилась в 4 раза?

¹ При решении задач этого раздела могут быть полезными сведения, приведенные на форзаце.

6.10. Чему равна сила гравитационного притяжения между двумя одинаковыми бильярдными шарами в момент столкновения? Масса каждого шара 200 г, диаметр 4 см.



- 6.11. Какова сила гравитационного взаимодействия между двумя тяжелыми транспортными самолетами массой по 200 т, пролетающими на расстоянии 1 км друг от друга?
- 6.12. С какой силой притягиваются два вагона массой по 80 т каждый, если расстояние между ними 1 км?
- 6.13. При выходе из порта супертанкер массой 200 000 т прошел вблизи авианосца массой 100 000 т на расстоянии 300 м. Оцените наибольшую силу гравитационного взаимодействия между судами.

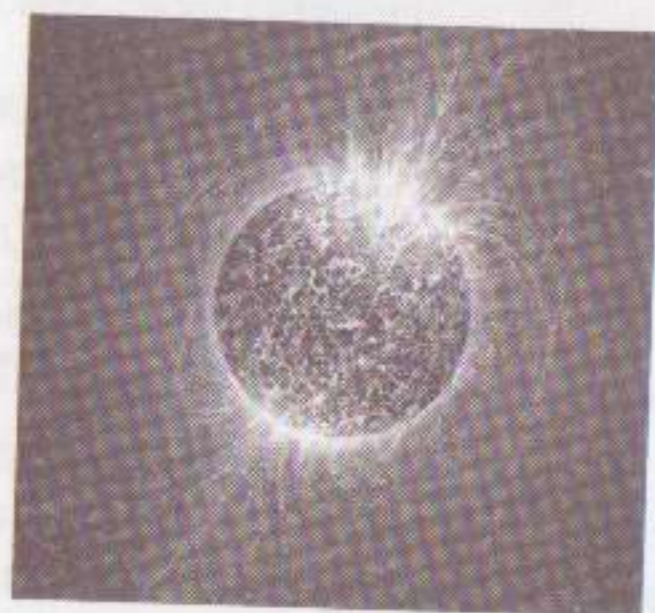
Второй уровень

- 6.14. Некоторые тела (воздушные шары, дым, самолеты, птицы) поднимаются вверх, несмотря на тяготение. Как вы думаете, почему? Нет ли здесь нарушения закона всемирного тяготения?
- 6.15. На каком расстоянии от поверхности Земли сила притяжения космического корабля к Земле в 20 раз меньше, чем на ее поверхности?
- 6.16. Во сколько раз уменьшилась сила притяжения космонавта к Земле, когда стартовавший с Земли космический корабль поднялся на высоту, равную двум радиусам Земли?
- 6.17. Расстояние между центрами Земли и Луны в 60 раз больше радиуса Земли. Какое ускорение сообщает Луне тяготение Земли, если вблизи поверхности Земли ускорение свободного падения равно $9,8 \text{ м/с}^2$?
- 6.18. Во сколько раз сила тяготения между Землей и Солнцем больше, чем сила тяготения между Землей и Луной?
- 6.19. К какому небесному телу — Земле или Солнцу — Луна притягивается сильнее? Во сколько раз?
- 6.20. Оцените, во сколько раз различаются силы притяжения вашего тела к Земле и Солнцу.

6.21. Масса некоторой планеты в 3 раза меньше массы Земли. Каков радиус этой планеты, если ускорение свободного падения на ее поверхности такое же, как на Земле?

6.22. Каково ускорение свободного падения на планете, радиус которой в 4 раза больше радиуса Земли, а масса — в 50 раз больше массы Земли?

6.23. Радиус нейтронной звезды, масса которой равна массе Солнца, составляет несколько десятков километров. Каково ускорение свободного падения на расстоянии 10 000 км от центра такой звезды?



6.24. Найдите ускорение свободного падения на Луне.

6.25. Какой должна быть масса каждого из двух одинаковых кораблей, чтобы на расстоянии 1 км в море они притягивались с силой 1 Н?

6.26. Можно ли создать искусственный спутник Земли, который будет находиться на своей орбите тысячи лет?

6.27. С каким примерно ускорением движутся искусственные спутники Земли по *низким* околоземным орбитам?

6.28. Спутник движется по круговой орбите на высоте $h = 2000$ км от поверхности Земли. Определите его скорость и период обращения.

6.29. Какую скорость должен иметь искусственный спутник, чтобы обращаться по круговой орбите на высоте 500 км над поверхностью Земли?

6.30. Вычислите скорость движения спутника по круговой орбите, высота которой над поверхностью Земли равна трем радиусам Земли.

6.31. Во сколько раз различаются скорости искусственных спутников Земли, движущихся по круговым орбитам на высоте 600 и 21 600 км? Считайте, что радиус Земли 6400 км.

6.32. Найдите первую космическую скорость для Луны.

Третий уровень

6.33. Когда на нас действует бóльшая сила притяжения к Солнцу — днем или ночью? Орбиту Земли считайте круговой.

6.34. Может ли космический корабль лететь в космическом пространстве прямолинейно?

6.35. Что общего между движением искусственных спутников Земли и свободным падением тел в трубке, из которой откачан воздух?

6.36. Правильно ли утверждение: искусственные спутники не падают на Землю?

6.37. Радиус круговой орбиты, по которой движется Фобос (спутник планеты Марс), равен 9400 км, а период его обращения 7 ч 40 мин. Найдите по этим данным массу Марса.

6.38. Можно ли запустить искусственный спутник Земли по такой орбите, чтобы он все время находился над вашим населенным пунктом? над каким-либо другим населенным пунктом?

6.39. Антенну спутникового телевидения установили на стене здания. Как вы думаете, на южной или северной? Обоснуйте свой ответ.

Человек раздвоен снизу, а не сверху, — для того, что две опоры надежнее одной.

Козьма Прутков

7. СИЛА УПРУГОСТИ. ВЕС

$$F_x = -kx, \vec{P} = m(\vec{g} - \vec{a})$$

УСТНАЯ РАЗМИНКА

7.1. Какова масса груза, висящего на пружине жесткостью 100 Н/м, если удлинение пружины 1 см?

7.2. Космонавт «плавает» в невесомости по орбитальной станции. Будет ли ему больно, если он зазеваается и ударится о стенку?

7.3. Приходилось ли вам испытывать состояние невесомости? Если приходилось, то в каких ситуациях?

7.4. Гирия висит на нити. На какое тело действует ее вес? Какова природа этой силы?

7.5. Всегда ли вес тела равен силе тяжести, действующей на это тело?

7.6. Приведите примеры движений, при которых вес тела равен действующей на это тело силе тяжести.

7.7. Приведите примеры движений, при которых вес тела меньше действующей на него силы тяжести.

7.8. Приведите примеры движений, при которых вес тела больше действующей на него силы тяжести.

7.9. К какому телу приложен вес мухи, ползущей по потолку?

7.10. К какому телу приложен вес пчелы, перелетающей с одного цветка на другой?

7.11. Самолет летит с постоянной скоростью на одной и той же высоте. Изменяется ли вес самолета во время его полета?

Первый уровень

7.12. Неподвижное тело находится вблизи поверхности Земли. Каков его вес, если масса тела 200 г? 3 кг? 1 т?

7.13. Неподвижное тело находится вблизи поверхности Земли. Какова масса тела, если его вес 2 Н? 50 Н? 20 кН?

7.14. Каков вес сидящего за столом мальчика массой 40 кг?

7.15. Вес каменной глыбы, лежащей на склоне горы, равен 15 кН. Какова масса глыбы?

7.16. Какова жесткость пружины, при растяжении которой на 5 см возникает сила упругости 3 Н?

7.17. Под действием груза весом 20 Н вертикальная пружина сжалась на 4 см. Какова ее жесткость?

7.18. Какую силу упругости создает пружина жесткостью 150 Н/м при растяжении на 6 см?

7.19. К пружине жесткостью 80 Н/м подвесили груз весом 12 Н. Определите удлинение пружины.

7.20. На сколько уменьшается длина пружины жесткостью 60 Н/м под действием силы 18 Н?

7.21. Чтобы растянуть пружину на 2 см, надо приложить силу 10 Н. Какую силу надо приложить, чтобы растянуть пружину на 6 см? на 10 см?

Второй уровень

7.22. Цена деления динамометра 0,1 Н. Каково расстояние между ближайшими делениями шкалы, если жесткость пружины динамометра 40 Н/м?

7.23. При сжатии буферной пружины на 3 см возникает сила упругости 6 кН. На сколько возрастет эта сила, если сжать пружину еще на 2 см?

7.24. Каково удлинение горизонтальной пружины жесткостью 60 Н/м, если пружина сообщает тележке массой 600 г ускорение $1,5 \text{ м/с}^2$? Трение не учитывайте.

7.25. Стальной шар перенесли с поверхности стола в стакан с водой. Изменился ли вес шара?

7.26. Пробковый шар поместили поочередно в стаканы с водой и керосином. Изменялся ли вес шара?

7.27. Действует ли архимедова сила в условиях невесомости?

7.28. Приходилось ли вам испытывать перегрузки? Если приходилось, то в каких ситуациях?

7.29. Бак объемом 10 л наполнили жидкостью. Какая это может быть жидкость, если ее вес 70 Н?

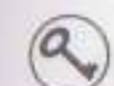
7.30. Вес покоящейся свинцовой детали 28 Н. Каков объем этой детали?

7.31. Космический корабль стартует с Земли вертикально вверх с ускорением 20 м/с^2 . Каков вес космонавта во время старта, если его масса 90 кг?

7.32. Ученик утверждает, что вес находящегося в лифте человека обязательно увеличивается, когда лифт движется вверх, и уменьшается, когда лифт движется вниз. Согласны ли вы с этим утверждением?

7.33. Определите, в каких случаях вес пассажира лифта больше силы тяжести, а в каких — меньше:

- а) лифт разгоняется, двигаясь вверх;
- б) лифт тормозит, двигаясь вверх;
- в) лифт разгоняется, двигаясь вниз;
- г) лифт тормозит, двигаясь вниз.

 7.34. Человек массой 80 кг находится в лифте, скорость которого направлена вверх и равна 1 м/с. Ускорение лифта направлено вниз и равно 2 м/с^2 . Определите вес человека.

7.35. Лифт движется вверх с ускорением 2 м/с^2 . Каков вес пассажира массой 60 кг? Рассмотрите два случая:

- а) скорость лифта увеличивается;
- б) скорость лифта уменьшается.

7.36. Лифт движется вниз с ускорением $1,5 \text{ м/с}^2$. Каков вес пассажира массой 50 кг? Рассмотрите два случая:

- а) скорость лифта увеличивается;
- б) скорость лифта уменьшается.

7.37. Шахтная клеть в покое весит 2,5 кН. С каким ускорением опускается клеть, если ее вес уменьшился до 2 кН?

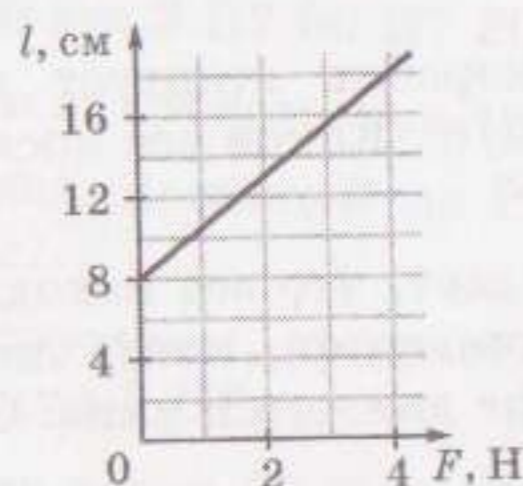
7.38. При равномерном поднимании на проволоке груза массой 15 кг проволока удлинилась на 3 мм. Какова жесткость этой проволоки? Каким будет удлинение проволоки, если груз поднимать с ускорением 5 м/с²? опускать с ускорением 5 м/с²?

7.39. Почему прыгать с крыши сарая на твердую площадку опасно, а в стог сена — нет?

7.40. Среди любителей опасных развлечений популярны прыжки с мостов, при которых человеку не дает удариться о воду длинный эластичный жгут. Почему нельзя заменить этот жгут прочным, но жестким тросом?

Третий уровень

7.41. На рисунке приведен график зависимости длины пружины от значения растягивающей пружину силы. Какова жесткость пружины?



7.42. Два мальчика тянут концы пружины жесткостью 100 Н/м в противоположные стороны. Какую силу должен приложить каждый из мальчиков, чтобы пружина растянулась на 20 см?

7.43. Найдите удлинение троса, на котором медленно поднимают со дна водоема затонувшую статую объемом 2 м³ и массой 7 т. Жесткость троса 2,5 МН/м.

7.44. Обладает ли весом тело, плавающее на поверхности воды?

7.45. Находится ли в состоянии невесомости рыба в воде?

7.46. Как изменяется вес космонавта при вертикальном взлете? при вертикальной мягкой посадке?

7.47. Как изменились сила тяжести, действующая на космонавта, и его вес, когда он прилетел с Земли на орбитальную станцию?

7.48. Могут ли космонавты на Луне пользоваться рычажными весами? пружинными весами? Если могут, то к показаниям каких весов им потребуется вносить поправки? Какие именно поправки?

7.49. В какие моменты в космическом корабле, находящемся в межпланетном пространстве, исчезает невесомость?

7.50. В какие моменты находится в состоянии невесомости мяч, если его подбрасывают:

- а) на Луне; б) на Земле?

7.51. Может ли мальчик массой 40 кг давить на пол с силой 600 Н? Приведите примеры, подтверждающие ваш ответ.

7.52. Груз, подвешенный на нити длиной 1 м, раскачивается. Каков вес груза в нижней точке его траектории? Масса груза 1 кг, его скорость в нижней точке 2 м/с.

7.53. В стиральных машинах для отжима белья используют специальные центрифуги. Какую наибольшую перегрузку может испытывать при отжиме белье, если центрифуга делает 10 оборотов в секунду, а ее радиус 25 см?

7.54. Самолет выходит из пикирования, двигаясь в вертикальной плоскости по дуге окружности радиусом 1 км. Какова скорость самолета в нижней точке траектории, если вес летчика в этой точке в 5 раз превышает действующую на летчика силу тяжести?

7.55. Выпуклый мост имеет форму дуги окружности радиусом 100 м. Автомобиль массой 1 т движется по мосту со скоростью 54 км/ч.

а) Каков вес автомобиля в момент прохождения середины моста?

б) С какой скоростью должен двигаться автомобиль, чтобы в середине моста водитель находился в состоянии невесомости?

7.56. На экваторе некоторой планеты тело весит вдвое меньше, чем на полюсе. Плотность вещества этой планеты 5 г/см³. Определите период обращения планеты вокруг своей оси.

Когда кончился бензин, автомобиль вынужден был остановиться. Это я тоже сам вчера видел!

Я. Гашик

8. СИЛЫ ТРЕНИЯ

$$F_{\text{тр ск}} = \mu N, \quad F_{\text{тр пок}} \leq \mu N$$

УСТНАЯ РАЗМИНКА

8.1. Какие разновидности силы трения действуют на мальчика, идущего по тротуару?

8.2. Какие разновидности силы трения действуют на санки, которые «с ветерком» съезжают с горы?

8.3. Всегда ли сила трения направлена противоположно скорости тела?

8.4. Действует ли сила трения на *неподвижный* автомобиль?

8.5. Вытащенную на берег лодку трудно сдвинуть с места, но если эта же лодка плавает на поверхности воды, ее может сдвинуть с места даже ребенок. Какое свойство «жидкого» трения проявляется в этом случае?


8.6. Почему суда на воздушной подушке или на подводных крыльях развивают гораздо большую скорость, чем суда, глубоко сидящие в воде?

8.7. Какие способы уменьшения силы трения вам известны? Приведите примеры их применения.

8.8. Какие способы увеличения силы трения вам известны? Приведите примеры их применения.

8.9. Какая сила «скрепляет» нити в ткани? Волокна шерсти в войлоке?

Первый уровень

 8.10. В ходе лабораторной работы ученик равномерно тянет по столу брусок с грузами общей массой $m = 300$ г, прикладывая с помощью динамометра горизонтальную силу. Найдите коэффициент трения между бруском и столом, если динамометр показывает силу $F = 0,9$ Н.

8.11. Брусок массой 2 кг лежит на столе. Коэффициент трения между бруском и поверхностью стола равен 0,25. Какую горизонтальную силу надо приложить к бруску, чтобы сдвинуть его с места?

8.12. Чтобы сдвинуть с места лежащий на столе том энциклопедии массой 5 кг, к нему надо приложить горизонтальную силу 15 Н. Каков коэффициент трения между этим томом и столом?

8.13. На санки массой 8 кг, скользящие по горизонтальной дороге, действует сила трения 8 Н. Определите коэффициент трения между полозьями и дорогой.

8.14. Коэффициент трения между полозьями саней и дорогой равен 0,15. Сани соединены горизонтальным тросом с автомобилем, который тащит их по дороге с постоянной скоростью. На сколько потребуется увеличить силу тяги, если на сани поместить груз массой 200 кг?

8.15. Парашютист массой 70 кг опускается с постоянной скоростью. Чему равна действующая на парашют сила сопротивления воздуха?

Второй уровень

8.16. Парусник при попутном ветре движется с постоянной скоростью. Куда направлены действующие на него силы сопротивления воды и воздуха? Сравните модули этих сил.

8.17. Может ли сила трения разгонять тело?

8.18. Какая разновидность силы трения сообщает автомобилю ускорение при разгоне? при торможении?

8.19. Какая разновидность силы трения сообщает автомобилю центростремительное ускорение при повороте?

8.20. Как направлены силы трения, действующие со стороны дороги на ведущие колеса автомобиля:

- а) при разгоне;
- б) при торможении?

8.21. Как направлены силы трения покоя, действующие на передние колеса автомобиля при повороте?

8.22. Автомобиль движется по горизонтальной дороге. Как направлена сила трения, действующая на ящик в кузове:

- а) при разгоне;
- б) при торможении;
- в) при равномерном движении по прямому участку дороги;
- г) при повороте направо?


Во всех случаях ящик не скользит по кузову и не касается его бортов.

8.23. Возвращаясь домой из школы в жаркий день, Сергей увидел лоток с мороженым. Обойдя вокруг этого лотка несколько раз, он грустно пошел дальше. Под действием какой силы Сергей совершал обороты вокруг лотка?

8.24. Почему масло легче резать туго натянутой ниткой, а не ножом?

8.25. Отпустите одновременно с одной высоты тяжелую книгу и лист бумаги. Почему книга падает быстрее? Что упадет быстрее, если в начале падения лист бумаги находился под книгой? на книге? Проверьте свои ответы на опыте. При решении этой задачи следует учитывать силу сопротивления воздуха.

8.26. Какую форму следует придать телу, чтобы сила сопротивления при движении в воздухе была как можно больше? Для чего используют тела такой формы?

 8.27. Брусок массой $m = 2$ кг лежит на столе, при этом коэффициент трения $\mu = 0,3$. Какая сила трения действует на брусок, если его тянут в горизонтальном направлении с силой:

- а) 4 Н;
- б) 8 Н;
- в) 12 Н?

8.28. Пытаясь подвинуть лежащий на столе справочник массой 4 кг, ученик прикладывает к нему горизонтальную силу \vec{F} , постепенно увеличивая ее. Как зависит сила трения, действующая на справочник со стороны стола, от модуля силы F ? Начертите график этой зависимости, если коэффициент трения между справочником и столом равен 0,4.

8.29. Какую массу должен иметь тепловоз, чтобы обеспечить равномерное движение по горизонтальному пути состава массой 3000 т? Коэффициент трения колес о рельсы равен 0,2, а сила сопротивления движению составляет 0,008 силы нормальной реакции со стороны рельсов.

8.30. Брусок массой 1,6 кг равномерно тянут по столу с помощью пружины жесткостью 40 Н/м. Каково удлинение пружины, если коэффициент трения между бруском и столом равен 0,3?

8.31. Шайба, пущенная по ледовой площадке со скоростью 36 км/ч, проходит до остановки 40 м. Каков коэффициент трения между шайбой и льдом?

8.32. При аварийном торможении водитель так резко нажал на тормоз, что вращение колес прекратилось. Скорость автомобиля 72 км/ч, коэффициент трения скольжения 0,4. Сколько времени будет длиться торможение? Каким будет тормозной путь?

8.33. С какой скоростью вы посоветовали бы водителю ехать во время тумана, если видимость 15 м, а коэффициент трения при торможении равен 0,3?

8.34. Автомобиль массой 4 т трогается с места с ускорением 1 м/с^2 . Какова сила тяги, если сила сопротивления движению составляет 0,05 силы нормальной реакции со стороны дороги?

8.35. Автобус массой 10 т, трогаясь с места, развивает силу тяги 9 кН. Через какое время он разгонится до скорости 50 км/ч, если сила сопротивления движению составляет 0,06 силы нормальной реакции со стороны дороги?

8.36. С какой наибольшей скоростью автомобиль может проходить по горизонтальной дороге поворот радиусом 25 м, если коэффициент трения шин о дорогу равен 0,4?

8.37. На шоссе разрешено движение со скоростью, не превышающей 90 км/ч. Какой радиус могут иметь повороты? Считайте, что коэффициент трения шин о дорогу 0,4, а полотно шоссе на повороте горизонтально.

Третий уровень

8.38. Поезд движется по прямому участку пути с постоянной скоростью. Какая разновидность силы трения действует со стороны рельсов на колеса тепловоза? на колеса вагонов?

8.39. Поезд движется по прямому участку пути с постоянной скоростью. Куда направлены силы трения, действующие со стороны рельсов на колеса тепловоза? на колеса вагонов?

8.40. Имеет ли смысл изготавливать из очень легких сплавов пассажирские и грузовые вагоны? тепловозы?

8.41. У грузового автомобиля ведущими являются задние колеса. В каком месте кузова следует разместить тяжелый груз, чтобы автомобиль развивал наибольшую силу тяги?

8.42. Мотогонщик иногда поднимает свой мотоцикл «на дыбы». Зачем?



8.43. Правильно ли утверждение: при перетягивании каната побеждает тот, кто прикладывает к канату большую силу?



8.44. Автомобиль массой 2 т развивает силу тяги 3,5 кН. Каков коэффициент трения ведущих колес о дорогу, если на них приходится половина веса автомобиля?

8.45. Почему при торможении автомобиль не «слушается» руля, если колеса прекратили вращаться (такое прекращение вращения называют блокированием)?

8.46. Камень подброшен вертикально вверх. В какой момент его ускорение максимально по модулю? минимально? В какой момент оно равно ускорению свободного падения? При решении этой задачи следует учитывать силу сопротивления воздуха.

Понять — значит привыкнуть и научиться использовать.

Р. Фейнман

9. ПРИМЕНЕНИЕ ЗАКОНОВ ДИНАМИКИ

АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

1. Записать условия задачи, выразить числовые значения в СИ.
2. Сделать схематический рисунок, показав на нем все действующие на тело силы и направление ускорения.
3. Записать второй закон Ньютона в векторном виде.
4. Выбрать удобные оси координат и записать второй закон Ньютона в проекциях на эти оси.
5. Записать дополнительные уравнения (например, формулы для сил или уравнения кинематики).
6. Решить полученную систему уравнений в общем виде.
7. Проанализировать полученный результат (проверить единицы величин, рассмотреть частные или предельные случаи).
8. Провести числовые расчеты, оценить правдоподобность результатов.
9. Записать ответ.

Если рассматривается движение системы тел, пункты 3 и 4 необходимо выполнять для каждого из тел, а в пункте 5 следует учесть кинематические связи.

УСТНАЯ РАЗМИНКА

9.1. Какие силы действуют на тело, соскальзывающее по гладкой наклонной плоскости? Как направлены эти силы?

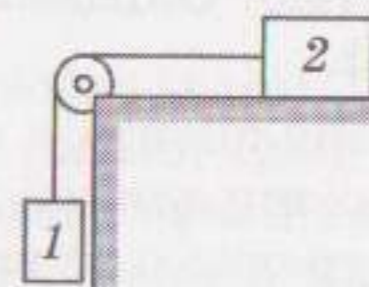
9.2. Тело соскальзывает по гладкой наклонной плоскости. Куда направлена равнодействующая всех сил, действующих на это тело?

9.3. Какие силы действуют на ящик, лежащий на наклонной плоскости? Как направлены эти силы?

9.4. Какие силы действуют на ящик, соскальзывающий по наклонной плоскости? Как направлены эти силы?

9.5. Тело покоится на наклонной плоскости. Угол наклона несколько уменьшили, а тело толкнули вниз по наклонной плоскости. Куда направлена равнодействующая всех сил, действующих на это тело?

9.6. Тело 1 (см. рисунок) опускается вниз с ускорением. Куда направлена равнодействующая всех сил, действующих на тело 2?



9.7. Автомобиль поворачивает на горизонтальной дороге. Какие силы действуют на него? Как направлены эти силы?

9.8. Шарик на нити равномерно движется по окружности в горизонтальной плоскости. Куда направлена равнодействующая всех сил, действующих на этот шарик?

Первый уровень

9.9. Тележку с покупками сдвигают с места, прикладывая к ней силу 14 Н под углом 45° к горизонту. С каким ускорением движется тележка по горизонтальному полу, если ее масса 10 кг, а трением можно пренебречь?

9.10. Мальчик тянет по горизонтальной дороге санки, прикладывая к ним силу 50 Н под углом 30° к горизонту. Какова сила трения между санками и дорогой, если санки движутся равномерно?

9.11. С каким ускорением съезжает мальчик по скользкому обледеневшему склону, если длина склона 13 м, а его высота 5 м?

9.12. Тележка съезжает с наклонной плоскости длиной 4 м с ускорением 2 м/с^2 . Какова высота наклонной плоскости? Трение не учитывайте.

Второй уровень

9.13. С каким ускорением съезжают санки со снежного склона, образующего угол 30° с горизонтом, если коэффициент трения $\mu = 0,2$?

9.14. Мальчик (см. задачу 9.11) попадает на участок склона, посыпанный песком. Каково ускорение мальчика на этом участке, если коэффициент трения равен 0,3?

9.15. Для спуска в подвал мешков используют наклонные сходы, обитые сталью. Коэффициент трения между стальным листом и мешковиной равен 0,25. Под каким углом к горизонту нужно расположить сходы, чтобы мешки двигались по ним равномерно?

9.16. Если один край лежащей на столе метровой линейки приподнять на 40 см, деревянный брусок соскальзывает по линейке с постоянной скоростью. Определите коэффициент трения между бруском и линейкой.

9.17. Какую силу надо приложить к ящику массой 50 кг, чтобы втащить его вверх по склону длиной 20 м и высотой 6 м? Сила направлена вдоль склона, трение отсутствует.

Третий уровень


9.18. Шар массой 500 г вращают в вертикальной плоскости на шнуре длиной 1,5 м. Нижнюю точку траектории шар проходит со скоростью 12 м/с, а верхнюю — со скоростью 6 м/с. Найдите силу натяжения шнура, когда шар находится в этих точках.


9.19. Груз массой 30 кг находится на наклонной плоскости с углом наклона 20° . Какую силу надо приложить к грузу вдоль склона, чтобы:

- втащить груз вверх;
- стащить груз вниз?

Коэффициент трения груза о плоскость равен 0,4.

9.20. Брусок толкнули вверх по наклонной плоскости, составляющей угол $\alpha = 30^\circ$ с горизонтом. Через 2 с брусок остановился, а еще через 4 с — вернулся в исходную точку. Чему равен коэффициент трения?

 9.21. К нити, перекинутой через неподвижный блок, подвешены грузы разной массы. Сравните вес грузов. Нить считайте нерастяжимой; трение отсутствует; массами нити и блока можно пренебречь.

 9.22. К нити, перекинутой через неподвижный блок, подвешены грузы массами $m_1 = 300$ г и $m_2 = 600$ г. С какими ускорениями движутся грузы? Какова сила натяжения нити? Нить считайте нерастяжимой; трение отсутствует; массами нити и блока можно пренебречь.

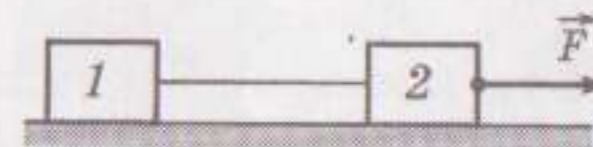
9.23. На нити, перекинутой через блок, подвешены два груза массами по 500 г. Какой дополнительный груз надо положить на один из них, чтобы система начала двигаться с ускорением 50 см/с^2 ?

9.24. На нити, перекинутой через небольшой блок, висят неподвижно два одинаковых груза. На нижний груз положили перегрузок массой 50 г. Какова масса каждого из грузов, если за 3 с расстояние между ними увеличилось на 1,5 м?

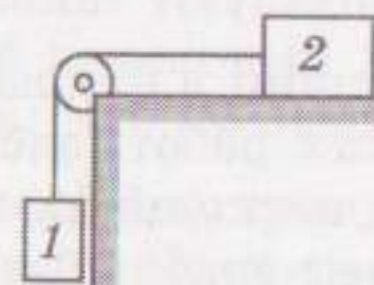
9.25. На гладком горизонтальном столе находятся два бруска, связанные прочной легкой нитью. Масса первого бруска 0,5 кг,

а второго — 0,1 кг. К одному из брусков приложена горизонтальная сила, равная 3 Н. Определите силу натяжения нити и ускорение брусков.

9.26. На гладком горизонтальном столе находятся два бруска, связанные невесомой нитью. Если правый брусок тянуть в горизонтальном направлении с силой 24 Н (см. рисунок), то сила натяжения нити равна 6 Н. Какова масса бруска 2, если масса бруска 1 равна 500 г?



9.27. Какова масса лежащего на столе бруска (см. рисунок), если висящий груз массой 100 г опускается с ускорением $0,3 \text{ м/с}^2$? Коэффициент трения между бруском и столом равен 0,3.



...И врезал поросенку такого пинка, что он вылетел с другого конца аллеи на тридцать футов впереди собственного визга.

О. Генри

10. ИМПУЛЬС. РЕАКТИВНОЕ ДВИЖЕНИЕ

$$\vec{p} = m\vec{v}, \Delta\vec{p} = \vec{F} \cdot \Delta t, \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots = \text{const}$$

УСТНАЯ РАЗМИНКА

- При каком условии импульс тела не изменяется?
- Что можно сказать о направлениях векторов импульса и скорости движущегося тела?
- Почему при ударах могут возникать большие силы?
- Параютист равномерно опускается на парашюте. Изменяется ли при этом импульс парашютиста?
- Приведите примеры реактивного движения в природе и технике.

10.6. Каков принцип движения медузы?



10.7. осьминоги, кальмары, каракатицы перемещаются, выбрасывая с силой воду, которую они набирают через отверстие в мантии. Где в технике используют такой же принцип движения?

10.8. Космонавт, вышедший в открытый космос с инструментами для профилактических работ, забыл пристегнуть соединительный трос и оказался в нескольких метрах от своего корабля. Как он может вернуться на корабль без посторонней помощи?

10.9. Почему при выстреле ружье надо плотно прижимать к плечу?

Первый уровень

10.10. Чему равен импульс автомобиля массой 800 кг, движущегося со скоростью 20 м/с?

10.11. Чему равен импульс автомобиля массой 1,5 т, движущегося со скоростью 54 км/ч?

10.12. Какое из тел имеет больший импульс: автомобиль массой 1 т, движущийся со скоростью 10 м/с, или снаряд массой 2 кг, летящий со скоростью 500 м/с?

10.13. Какое из тел имеет больший импульс: автобус массой 8 т, подъезжающий к остановке со скоростью 1,8 км/ч, или снаряд массой 6 кг, летящий со скоростью 700 м/с?

10.14. Какова масса тела, если его импульс $600 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$ при скорости 15 м/с?

10.15. Автобус массой 8 т трогается с места и набирает скорость 72 км/ч. Определите изменение импульса автобуса при разгоне.

10.16. При торможении импульс поезда уменьшился от $1,8 \cdot 10^7$ до $1,2 \cdot 10^7 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$. Каков импульс силы трения, действовавшей на поезд при торможении?

10.17. В результате включения двигателя скорость космического корабля увеличилась от 7800 до 7840 м/с. Определите импульс силы тяги двигателя, если масса корабля 25 т.

10.18. Грузный вагон массой 80 т, двигавшийся со скоростью 0,4 м/с, столкнулся с порожней платформой массой 40 т. С какой скоростью и куда двигалась платформа перед столкновением, если после него вагон и платформа остановились?

Второй уровень

10.19. Тележка массой 100 кг катится со скоростью 5 м/с. Мальчик, бегущий навстречу тележке со скоростью 7,2 км/ч, прыгает в тележку. С какой скоростью движется после этого тележка, если масса мальчика 40 кг?

10.20. Можно ли утверждать, что импульс тела зависит от выбора системы отсчета? Обоснуйте свой ответ.

10.21. Надуйте детский резиновый шарик и, не завязывая отверстие, выпустите из рук. Что произойдет после этого? Почему?

10.22. Автомобиль массой 1 т, тронувшись с места, за 10 с разогнался до скорости 20 м/с. Чему равен модуль силы, которая разгоняла автомобиль?

10.23. Стальной шар движется со скоростью 1 м/с, а алюминиевый шар того же радиуса — со скоростью 4 м/с. Какой из шаров имеет больший импульс? Во сколько раз?

10.24. Какую скорость приобретет ящик с песком, если в нем застрянет горизонтально летящая пуля? Масса пули 10 г, скорость 500 м/с, масса ящика 25 кг. Трение ящика о пол не учитывайте.

10.25. Начинаящий ковбой, накинув лассо на бегущего быка, от рывка полетел вперед со скоростью 5 м/с, а скорость быка уменьшилась с 9 до 8 м/с. Какова масса быка, если масса ковбоя 70 кг?

10.26. Какую скорость приобретет лежащее на льду чугунное ядро, если пуля, летящая горизонтально со скоростью 500 м/с, отскочит от него и будет двигаться в противоположном направлении со скоростью 400 м/с? Масса пули 10 г, масса ядра 25 кг.

10.27. Движение тела описывается уравнением $x = 10 - 4t + 5t^2$ (величины выражены в СИ). Масса тела равна 500 г. Найдите импульс тела через 4 с после начала движения.

10.28. Пуля массой 9 г движется со скоростью 800 м/с. Через 2 с скорость ее уменьшилась до 700 м/с. Определите среднее значение силы сопротивления воздуха и модуль изменения импульса пули.

10.29. Материальная точка массой 1 кг равномерно движется по окружности со скоростью 10 м/с. Найдите изменение импульса за половину периода и за период.

Третий уровень

10.30. Каким образом ракета может изменять свою скорость в космическом пространстве?

10.31. Метеорит сгорел в атмосфере, не достигнув поверхности Земли. Куда «исчез» при этом его импульс?

10.32. Пустая железнодорожная платформа, движущаяся со скоростью 1 м/с, после столкновения с неподвижной груженой платформой начала двигаться в обратном направлении со скоростью 0,6 м/с. Груженная платформа приобрела в результате удара скорость 0,4 м/с. С какой скоростью двигались бы платформы, если бы при ударе сработала автосцепка?

10.33. Охотник находится в лодке, движущейся со скоростью 1 м/с. Сколько выстрелов в направлении движения лодки должен сделать охотник, чтобы лодка остановилась? Масса лодки вместе с охотником 180 кг, масса заряда 18 г, скорость вылета дроби и пороховых газов считайте равной 500 м/с.

10.34. Какую силу тяги развивает реактивный двигатель, выбрасывающий каждую секунду 10 кг продуктов сгорания топлива со скоростью 3 км/с относительно ракеты?

10.35. По учебной мишени стреляют из пулемета. Масса пули 5 г, скорость пули 400 м/с, темп стрельбы — 180 выстрелов в минуту. Все пули застревают в мишени. С какой средней силой они действуют на мишень?

10.36. Ядро, летевшее горизонтально со скоростью 20 м/с, разорвалось на два осколка массами 5 и 10 кг. Скорость меньшего осколка 90 м/с и направлена так же, как и скорость ядра до разрыва. Найдите скорость и направление движения большего осколка.

10.37. Снаряд, выпущенный вертикально вверх, разорвался в верхней точке траектории. Первый осколок массой 1 кг приобрел скорость 400 м/с, направленную горизонтально. Вторым осколом массой 1,5 кг полетел вверх со скоростью 200 м/с. Какова скорость третьего осколка, если его масса 2 кг?

10.38. Тележка с песком общей массой 700 кг двигалась со скоростью 9 км/ч по направлению к орудью. Выпущенный из орудия снаряд массой 10 кг попал в тележку, двигаясь со скоростью 400 м/с под углом 30° к горизонту. Снаряд застрял в песке. Куда и с какой скоростью двигалась тележка после удара?

Природа никогда не изменяет
великому закону сохранения...

Д. Бернулли

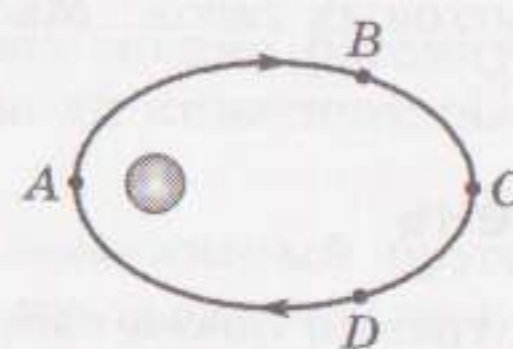
11. МЕХАНИЧЕСКАЯ РАБОТА И МОЩНОСТЬ. ЭНЕРГИЯ

$$A = Fs \cos \alpha, N = \frac{A}{t}, E_{\text{п}} = mgh, E_{\text{к}} = \frac{mv^2}{2}, E_{\text{к}} + E_{\text{п}} = \text{const}$$

УСТНАЯ РАЗМИНКА

11.1. Положительную или отрицательную работу совершает действующая на тело сила тяжести при подъеме? при спуске?

11.2. На каких участках эллиптической орбиты спутника (см. рисунок) сила притяжения Земли совершает положительную работу? отрицательную работу?



11.3. Какие из перечисленных тел обладают кинетической энергией:

- а) камень, поднятый над землей;
- б) летящий самолет;
- в) растянутая пружина?

11.4. Легковой и грузовой автомобили движутся с одинаковыми скоростями. Какой из них обладает большей кинетической энергией?

11.5. Приведите примеры превращения кинетической энергии тела в потенциальную и обратно.

11.6. Груз, подвешенный на нити (маятник), совершает колебания. Какие превращения энергии происходят при этом?

11.7. Какие превращения энергии происходят при движении камня, брошенного вверх? Соппротивлением воздуха можно пренебречь.

11.8. Автомобиль спускается с горы с выключенным двигателем. За счет какой энергии движется автомобиль?

11.9. После удара о стену направление скорости мяча изменилось на противоположное, но модуль скорости остался тем же. Как изменилась кинетическая энергия мяча?

Первый уровень

11.10. Лифт массой 300 кг поднимается на 30 м, а затем возвращается назад. Какую работу совершает действующая на лифт сила тяжести при движении вверх? при движении вниз? на всем пути?

11.11. Мальчик тянет по горизонтальной дороге санки, прикладывая к ним силу 50 Н, направленную под углом 45° к горизонту. Какую работу совершил мальчик, пройдя путь 1 км? Какую работу совершила на этом пути сила трения, действовавшая на санки, если санки двигались равномерно?

11.12. Какова мощность двигателя, совершающего за 1 мин работу 60 кДж?

11.13. Какую работу совершает при выстреле действующая на пулю сила давления пороховых газов? Масса пули 9 г, скорость вылета из ствола 600 м/с.

Второй уровень

11.14. Может ли сила трения покоя совершать отрицательную работу? положительную работу? Если может, приведите примеры.

11.15. Какую работу совершает человек, поднимая груз массой 2 кг на высоту 1,5 м? Рассмотрите два случая:

- груз движется равномерно;
- груз движется с ускорением 2 м/с^2 , направленным вертикально вверх.

11.16. Подъемный кран поднимает груз со скоростью 0,5 м/с. Какова масса груза, если за 1 мин кран совершает работу 1,2 МДж?

11.17. Автомобиль массой 3,5 т проехал по горизонтальной дороге 10 км. Какую работу совершила сила сопротивления движению, если она равна 0,06 веса автомобиля?

11.18. В технике по сей день используют внесистемную единицу измерения мощности — лошадиную силу (1 л. с. $\approx 736 \text{ Вт}$). За какое время можно поднять лошадь массой 400 кг на 12-й этаж, если мощность подъемного механизма 1 л. с.? Высота этажа 3 м.

11.19. Высота плотины гидроэлектростанции 16 м, мощность водяного потока 4 МВт. Найдите объем воды, падающей с плотины за 1 мин.

11.20. Каждый из четырех двигателей самолета Ан-124 («Руслан») развивает силу тяги 230 кН при скорости полета 810 км/ч. Какова мощность каждого из двигателей?



11.21. В техническом паспорте автомобиля указана мощность двигателя 120 кВт и максимальная скорость на горизонтальной дороге 180 км/ч. Найдите силу сопротивления движению при максимальной скорости.

11.22. Движение тела можно рассматривать в разных системах отсчета. Одинакова ли кинетическая энергия тела в этих системах отсчета?

11.23. Медный и алюминиевый бруски одинакового объема подняли на одну и ту же высоту. Для какого бруска изменение потенциальной энергии больше? Во сколько раз?

11.24. Трогающийся с места автомобиль на первом этапе движения набирает скорость 40 км/ч, а на втором этапе увеличивает скорость до 60 км/ч. На каком этапе движения действующие на автомобиль силы совершили большую суммарную работу? Во сколько раз большую?

11.25. Снаряд массой 4 кг, летящий со скоростью 500 м/с, пробивает стену. В результате скорость снаряда уменьшается до 300 м/с. Найдите работу сил, действовавших на снаряд со стороны стены.

11.26. Взлетевший самолет, поднимаясь на высоту 11 км, набирает скорость 900 км/ч. Сравните приобретенные самолетом кинетическую и потенциальную энергии: какая из них больше и во сколько раз?

11.27. Стартующая с Земли ракета выводит спутник на высоту 200 км и сообщает ему скорость 7,8 км/с. Сравните приобретенные спутником кинетическую и потенциальную энергии: какая из них больше и во сколько раз? Изменение силы тяжести с высотой не учитывайте.

11.28¹. Кокосовый орех массой 8 кг падает с пальмы. Найдите его кинетическую энергию через 1 с после начала падения.



11.29. Тело падает на землю с высоты 25 м. Определите его скорость при ударе о землю.

11.30. Тело падает с высоты 10 м. Какова его скорость на высоте 6 м над землей? Какова скорость при ударе о землю?

11.31. Тело брошено с поверхности земли вертикально вверх с начальной скоростью 30 м/с. На какую высоту оно поднимется?

11.32. Камень брошен вертикально вверх с начальной скоростью 40 м/с. Определите скорость камня на высоте 50 м.

11.33. Камень брошен вертикально вверх с начальной скоростью 10 м/с. На какой высоте его кинетическая энергия в 2 раза меньше начальной?

11.34. Камень брошен вертикально вверх. Определите его начальную скорость, если на высоте 15 м его скорость в 2 раза меньше начальной.

11.35. С какой скоростью бросили баскетбольный мяч, если он пролетел через кольцо со скоростью 3 м/с? Бросок произведен с высоты 2 м, кольцо находится на высоте 3 м.

11.36. Ускорение свободного падения у поверхности Луны в 6 раз меньше, чем у поверхности Земли. Какую скорость приобретет тело, падающее на поверхность Луны с высоты 25 м?

11.37. Тело массой 600 г при падении с высоты 20 м приобрело скорость 10 м/с. Найдите работу силы тяжести и силы сопротивления воздуха.

11.38. Тело массой 200 г, падая с высоты 8 м, приобрело скорость 12 м/с. Найдите работу силы сопротивления воздуха.

¹ В задачах 11.28—11.35 сопротивление воздуха не учитывается.

Третий уровень

11.39. Какую работу надо совершить, чтобы поднять на веревке с глубины $h = 6$ м к поверхности озера камень массой $m = 15$ кг и объемом $V = 6$ дм³? Сопротивление воды не учитывайте.

11.40. Какую работу надо совершить, чтобы поднять на борт судна лежащую на морском дне на глубине 20 м мраморную плиту массой 540 кг? Высота борта над водой 3 м. Сопротивление воды не учитывайте.

11.41. Тело массой 5 кг соскользнуло с наклонной плоскости длиной 2 м. Найдите работы силы тяжести, силы реакции опоры и силы трения. Угол наклона плоскости 30° , коэффициент трения 0,35.

11.42. Ящик массой 20 кг, соскальзывая с наклонной плоскости под углом 30° к горизонту, двигался с постоянной скоростью. Найдите изменение потенциальной и кинетической энергии ящика на участке пути длиной 1 м. Каково изменение механической энергии ящика на этом участке? Как согласуется этот результат с законом сохранения энергии?

11.43. Лебедка, развивающая полезную мощность 0,75 кВт, втаскивает по наклонной плоскости ящик массой 120 кг. С какой скоростью движется ящик, если коэффициент трения 0,3, а угол наклона плоскости 20° ?

11.44. На сколько процентов следует увеличить мощность двигателя пассажирского самолета, чтобы скорость полета увеличилась на 20 %? Считайте, что сила сопротивления воздуха пропорциональна квадрату скорости полета.

11.45. Во сколько раз уменьшится скорость движения судна, если выйдет из строя один из двух одинаковых двигателей? Считайте, что сила сопротивления движению пропорциональна квадрату скорости.

11.46. Может ли потенциальная энергия быть отрицательной? Приведите пример.

11.47. Ребенок выпустил из рук наполненный гелием воздушный шарик. За счет какой энергии шарик взмыл вверх?

11.48. При движении автомобиля с максимально допустимой в городе скоростью, как правило, используется не более 15 % максимальной мощности двигателя. В каких ситуациях двигатель должен работать на полную мощность?

11.49. Тело массой 2 кг бросили под углом к горизонту. В верхней точке траектории на высоте 20 м его кинетическая энергия равна 100 Дж. Определите модуль и направление начальной скорости тела. Сопротивление воздуха не учитывайте.

11.50. Подброшенное вертикально вверх со скоростью 20 м/с тело упало на землю со скоростью 12 м/с. Опишите превращения энергии в процессе движения тела. Сохраняется ли механическая энергия? Обоснуйте свой ответ.

11.51. Подвешенный на нити шарик совершает колебания. Когда шарик проходит положение равновесия, сила натяжения нити в 2 раза превышает действующую на шарик силу тяжести. На какой максимальный угол α от вертикали отклоняется нить?

11.52. Груз массой 5 кг подвешен на длинной нити. Нить с грузом отклонили на угол 30° от вертикали и отпустили. Какова сила натяжения нити при прохождении грузом положения равновесия?

11.53. В брусок, висющий на шнуре длиной $l = 2$ м, попала горизонтально летящая пуля. Пуля застряла в бруске. С какой скоростью v_0 летела пуля, если шнур отклонился от вертикали на угол $\alpha = 15^\circ$? Масса бруска $M = 2$ кг, масса пули $m = 8$ г.

11.54. В груз массой 4,99 кг, висющий на шнуре длиной 4 м, попала горизонтально летящая со скоростью 500 м/с пуля. Пуля застряла в бруске. На какой угол отклонился шнур от вертикали, если масса пули 10 г?

Взлетая выше елей, не ведая преград,
Крылатые качели летят, летят, летят...

Ю. Энтин

12. МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ

$$v = \frac{1}{T}, \quad T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}, \quad T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

УСТНАЯ РАЗМИНКА

12.1. Какие из перечисленных движений являются механическими колебаниями:

- движение качелей;
- падение мяча на землю;
- движение звучащей струны гитары;
- полет стрелы?

12.2. Какие из перечисленных колебаний являются свободными:

- колебания подвешенного на пружине груза после случайного толчка;

- колебания поверхности работающего динамика;
- колебания подвешенного на нити груза, который отвели от положения равновесия и отпустили?

12.3. Какие из перечисленных колебаний являются вынужденными:

- движение качелей, которые раскачивает стоящий на земле человек;
- колебания случайно задетой струны гитары;
- колебания чашек рычажных весов, на которые положили гирию?

12.4. В какие моменты колеблющееся тело имеет только потенциальную энергию?

12.5. Маятник совершает незатухающие гармонические колебания. Какие из величин — смещение, амплитуда, период, частота, скорость, ускорение — являются постоянными? переменными?

12.6. Как изменится период колебаний математического маятника, если увеличить его длину?

12.7. Как изменится период колебаний математического маятника при увеличении массы груза, прикрепленного к нити маятника?

12.8. Как изменится период колебаний пружинного маятника, если амплитуду колебаний уменьшить в два раза?

12.9. Известно, что Египетский мост в Петербурге разрушился потому, что проходившая по нему воинская часть шла в ногу. Какое явление следовало учесть, чтобы избежать этого происшествия?

Первый уровень

12.10. Колеблющаяся от ветра ветка каждые две секунды ударяет в оконное стекло. Найдите период и частоту колебаний ветки.

12.11. Определите период колебаний математического маятника длиной 1 м.

12.12. Определите частоту колебаний математического маятника длиной 12 м.

12.13. Каков период колебаний пружинного маятника массой 400 г, если жесткость пружины 40 Н/м?

12.14. Определите частоту колебаний пружинного маятника, если жесткость пружины 80 Н/м, а масса груза 3,2 кг.

12.15. Гирию, подвешенную на нити длиной 1,6 м, раскачивают слабыми периодическими толчками. При какой частоте толчков амплитуда колебаний гири будет наибольшей?

Второй уровень

12.16. Частота колебаний струны равна 1,2 кГц. Сколько колебаний совершает точка струны за 0,5 мин? Какой путь проходит за это время точка струны, амплитуда колебаний которой 2 мм?

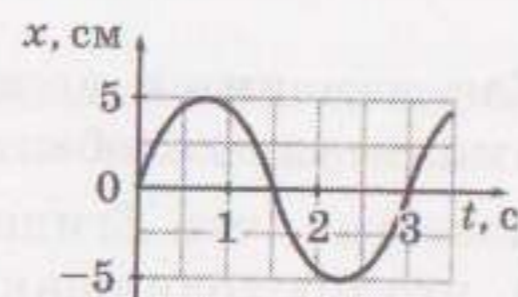
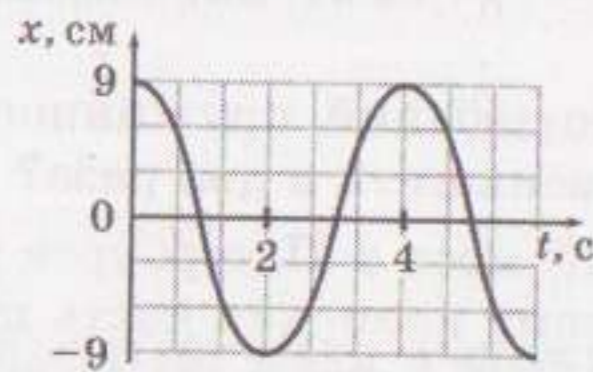
12.17. Точка струны, колеблющейся с частотой 800 Гц, за 20 с прошла путь 64 м. Определите амплитуду колебаний.

12.18. Чтобы запустить стоявшие стенные часы, можно толкнуть маятник или отвести его в сторону и отпустить. В каком из этих случаев маятнику сообщают потенциальную энергию? кинетическую?

12.19. Каким образом с помощью математического маятника можно определить ускорение свободного падения в данном месте Земли?

12.20. Космонавт взял с собой на Луну наручные механические часы и маятниковые. Какие из них идут на Луне так же, как на Земле?

12.21. По графикам, приведенным на рисунках, найдите амплитуду, период и частоту колебаний.



12.22. Когда космический корабль совершил вынужденную посадку на незнакомой планете, космонавты подвесили гаечный ключ на шнуре длиной 2 м. После легкого толчка груз за 20 с совершил 5 полных колебаний. Каково ускорение свободного падения на планете?

12.23. Период колебаний первого математического маятника в 1,5 раза больше, чем период колебаний второго. Во сколько раз первый маятник длиннее второго?

12.24. Как относятся длины математических маятников, если за одно и то же время один из них совершает 10, а другой 30 колебаний?

12.25. Найдите жесткость пружины, если подвешенный на ней груз массой 700 г совершает 18 колебаний за 21 с.

12.26. В вагоне поезда подвешен маятник длиной 1 м. При движении поезда маятник раскачивается от толчков на стыках

рельсов. При какой скорости поезда маятник раскачивается особенно сильно, если длина рельсов 25 м?

Третий уровень

12.27. Равнодействующая каких сил играет роль возвращающей силы при колебаниях груза, подвешенного на пружине?

12.28. Какие тела образуют систему при колебаниях груза, подвешенного на нити? Какова природа сил при взаимодействии этих тел?

12.29. Как изменится ход маятниковых часов, если их вынести зимой на балкон? Обоснуйте свой ответ.

12.30. Как изменится период колебаний железного шарика на нити, если немного ниже положения равновесия шарика поместить включенный электромагнит?

12.31. Как будут идти маятниковые часы, отрегулированные для широты Москвы, если их перенести на полюс? на экватор?

12.32. В каюте пассажирского судна установлены часы с маятником. Сколько колебаний совершает маятник во время перехода длиной 800 км, если средняя путевая скорость судна равна 20 км/ч, а частота колебаний маятника 1 Гц?

12.33. Период колебаний математического маятника в ракете, поднимающейся вертикально вверх, стал в два раза меньше, чем на Земле. Считая ускорение свободного падения постоянным и равным g , определите ускорение ракеты.

12.34. Первый математический маятник совершил 20 колебаний, а второй — 25 колебаний за такое же время. Определите длину каждого из маятников, если один из них на 18 см длиннее другого.

12.35. Когда к пружине подвесили груз, она растянулась на 20 см. Груз отвели вниз и отпустили. Каков период возникших колебаний?

12.36. Пружинный маятник совершил за некоторое время 16 колебаний. Когда массу груза увеличили на 200 г, маятник совершил за такое же время 15 колебаний. Какова была начальная масса груза?

12.37. К пружине поочередно подвешивают два груза. В первом случае период колебаний пружинного маятника $T_1 = 0,5$ с, а во втором случае $T_2 = 1,2$ с. Каким будет период T колебаний, если к той же пружине подвесить оба груза?

Есть где-то в мире Бах и власть
Высокой музыки над сором.

Д. Самойлов

13. МЕХАНИЧЕСКИЕ ВОЛНЫ. ЗВУК

$$\lambda = vT = \frac{v}{\nu}$$

УСТНАЯ РАЗМИНКА

13.1. Какие из приведенных утверждений относятся к механическим волнам:

- а) волны переносят энергию;
- б) волны переносят вещество;
- в) источником волн являются колеблющиеся тела?

13.2. Какие из перечисленных свойств относятся к поперечным волнам:

- а) волны представляют собой чередующиеся сжатия и разрежения;
- б) волны не могут распространяться в газах;
- в) колебания совершаются перпендикулярно направлению распространения волны?

13.3. Какие из перечисленных свойств относятся к продольным волнам:

- а) волны могут распространяться только в газах;
- б) частицы среды при колебаниях смещаются вдоль направления распространения волны;
- в) волны представляют собой чередующиеся разрежения и сжатия?

13.4. В некоторых голливудских фантастических фильмах космические сражения сопровождаются страшным грохотом. Проанализируйте с точки зрения физики обоснованность такого художественного приема.

13.5. Чем определяется высота звука? Приведите примеры высоких и низких звуков.

13.6. Почему при полете комара или шмеля возникает звук?

Первый уровень

13.7. Какова скорость морских волн, если они поднимают плавающий буй каждые 1,5 с, а расстояние между гребнями соседних волн 6 м?

13.8. Лодка качается на волне с частотой 0,5 Гц. Какова скорость этой волны, если расстояние между соседними гребнями 3 м?

13.9. Наблюдатель услышал звук артиллерийского выстрела через 6 с после того, как увидел вспышку. На каком расстоянии от него находилось орудие?

13.10. На каком расстоянии от отвесной скалы находится человек, если, хлопнув в ладоши, он через 1 с услышал эхо хлопка?

13.11. Какова скорость звука в материале, в котором звуковые волны с частотой 900 Гц имеют длину волны 5 м?

13.12. Какова длина звуковой волны с частотой 200 Гц:

- а) в воздухе;
- б) в воде?

13.13. Камerton является источником звуковых волн с частотой 440 Гц. Какова длина этих звуковых волн в воздухе? в стали?

Второй уровень

13.14. Подводная лодка всплыла на расстоянии 200 м от берега, вызвав волны на поверхности воды. Волны дошли до берега за 40 с, причем за последующие 30 с было 60 всплесков волн о берег. Каково расстояние между гребнями соседних волн?

13.15. Человек, стоящий на берегу моря, определил, что расстояние между следующими друг за другом гребнями волн 8 м. Кроме того, он подсчитал, что каждую минуту мимо него проходит 24 волновых гребня. Определите скорость распространения волн.

13.16. Наблюдательный рыбак подсчитал, что за 15 с поплавок на волнах совершил 30 колебаний. Он также заметил, что расстояние между соседними впадинами волн составляет 1,5 м. Определите скорость распространения волн на поверхности воды.

13.17. Какие волны (продольные или поперечные) возникают:

- а) в струнах при игре на гитаре;
- б) в воздушном столбе внутри духовой трубы, когда музыкант дует в трубу?

13.18. Продольными или поперечными являются волны, возбуждаемые смычком в струне? колеблющейся струной в воздухе?

13.19. Длина звуковых волн, излучаемых скрипкой, может изменяться от 23 мм до 1,3 м. Каков диапазон частот скрипки?

13.20. У одного из космонавтов, находящегося в скафандре на поверхности Луны, вышло из строя радиопереговорное устройство. Может ли этот космонавт переговариваться со стоящими рядом товарищами? Если может, то как именно?

13.21. Почему при полете жук издает звук определенной частоты, а бабочка летает бесшумно?

13.22. Какова роль «ящика» под камертоном? роль корпуса скрипки или гитары?

Третий уровень

13.23. Почему в твердых телах могут распространяться и поперечные и продольные волны?

13.24. Как изменяются частота и длина волны звука при переходе из воздуха в воду?

13.25. Волна в первой среде имеет длину λ_1 , а после перехода во вторую среду — λ_2 . Определите скорость распространения волны во второй среде, если ее скорость в первой среде равна v_1 .

13.26. Куда «исчезает» энергия звуковой волны, когда звук затухает?

13.27. Самолет летит со сверхзвуковой скоростью. Слышен ли в кабине пилота звук работы двигателя, находящегося позади кабины?

13.28. Стекло проводит звуковые волны значительно лучше, чем воздух. Почему же, закрывая окно, мы намного ослабляем попадающий в комнату уличный шум?

13.29. Если ударить молотком по одному концу длинной стальной трубы, то у другого конца будет слышен двойной удар. Почему?

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА

В мире нет ничего, кроме атомов и пустоты.

Демокрит

14. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ МОЛЕКУЛЯРНО-КИНЕТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ

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

УСТНАЯ РАЗМИНКА

14.1. Что является наиболее наглядным опытным подтверждением существования молекул?

14.2. В каком состоянии вещество не сохраняет свой объем?

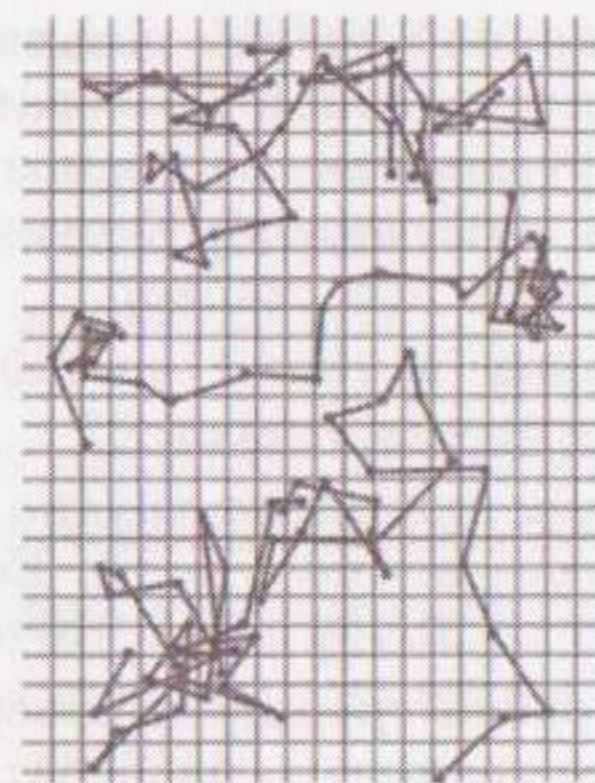
14.3. Тело сохраняет свою форму практически неизменной. В каком состоянии оно находится?

14.4. Что можно сказать о размерах, составе и силах взаимодействия молекул одного и того же вещества в разных состояниях? Обоснуйте свой ответ.

14.5. Опишите особенности движения, расположения и взаимодействия частиц в различных агрегатных состояниях вещества.

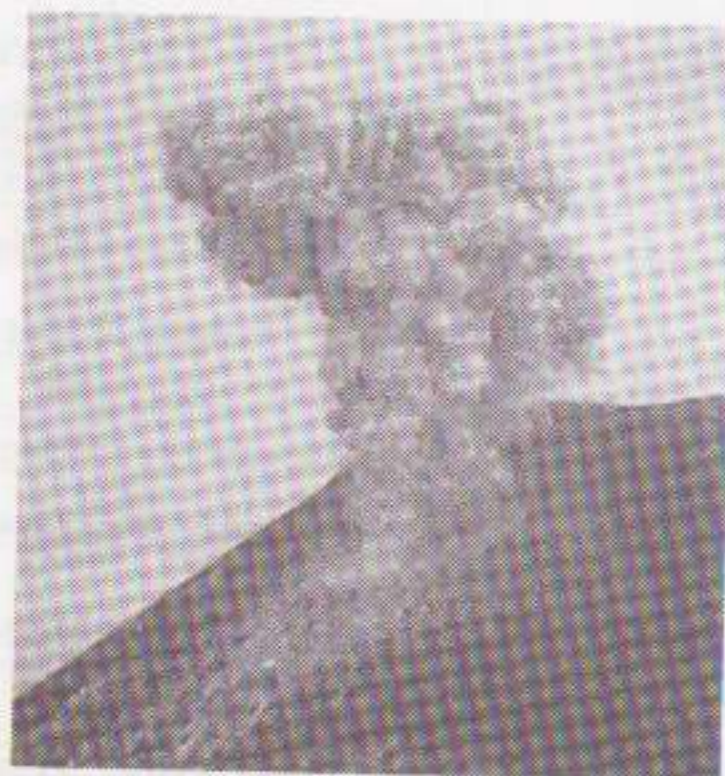
14.6. Является ли беспорядочное движение пылинок в воздухе броуновским движением?

14.7. Можно ли сказать, что наблюдая под микроскопом броуновское движение мы наблюдаем непосредственно движение молекул?



14.8. В чем сходство и различие между броуновским движением и диффузией?

14.9. При извержении вулкана на острове Кракатау в Индонезии (1883 г.) было выброшено огромное количество мельчайшей пыли. Почему эта пыль находилась в атмосфере в течение нескольких лет?



14.10. Если не работает вентиляция, мельчайшая древесная пыль в столярном цехе часами «висит» в воздухе даже после выключения деревообрабатывающих станков. Почему?

14.11. Чем объясняется явление диффузии? Почему диффузия в газах происходит намного быстрее, чем в жидкостях?

14.12. 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?

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

14.14. При диффузионной сварке детали прижимают друг к другу, нагревают до определенной температуры и выдерживают некоторое время (диффузионная сварка позволяет прочно соединять детали из разных материалов). Какую (примерно) температуру следует поддерживать при сварке?

14.15. Почему водород и гелий способны «улетучиваться» даже из герметично закрытых емкостей?

14.16. Две стеклянные пластинки трудно оторвать друг от друга, если между ними есть немного воды. Если же стекла сухие, то они отделяются друг от друга легче. Почему?

14.17. Почему полировка трущихся поверхностей может привести не к уменьшению трения, а, наоборот, к увеличению?

14.18. Вода легко удаляется с чистой поверхности стекла. Удалить с той же поверхности жир практически невозможно. Как это объяснить с молекулярной точки зрения?

Первый уровень

14.19. Какова молярная масса гелия? урана?

14.20. Какова молярная масса меди? ртути?

14.21. Чему равна молярная масса воды?

14.22. Чему равны молярные массы кислорода и углекислого газа (CO_2)?

14.23. Каковы молярные массы поваренной соли NaCl ? сульфата меди CuSO_4 ? аммиака NH_3 ?

14.24. Какова масса 50 моль углекислого газа?

14.25. Какова масса 25 моль кислорода?

14.26. Какова масса атома лития? атома золота?

14.27. Чему равна масса молекулы метана (CH_4)?

Второй уровень

14.28. Сколько молекул содержится в 210 г азота?

14.29. Сколько молекул содержится в 1 г углекислого газа?

14.30. Сколько молекул содержится в 5 г водорода?

14.31. Сколько ионов натрия содержится в пачке поваренной соли массой 500 г?

14.32. Какое количество вещества содержится в 39 г железа?

14.33. Каково количество вещества в песчинке кварца (SiO_2) массой 20 мг?

14.34. Какое количество вещества содержится в 200 г воды?

14.35. Известно, что $1,5 \cdot 10^{23}$ молекул газа имеют массу 11 г. Какой это может быть газ?

14.36. Где больше атомов кислорода: в 10 моль воды или 20 моль кислорода? Во сколько раз?

14.37. Где больше молекул: в 5 г водорода или 10 г воды? Во сколько раз?

14.38. Какую массу имеют $3 \cdot 10^{23}$ атомов ртути?

14.39. Какой объем занимают 4 моль алюминия?

14.40. Поместятся ли в трехлитровой банке 50 моль ртути?

14.41. В каком объеме воды содержится 10^{18} молекул (вода находится в жидком состоянии)?

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

14.43. Сколько молекул азота находится в сосуде объемом 7 л, заполненном азотом, плотность которого 2 кг/м^3 ?

14.44. Во сколько раз изменилось бы количество вещества в баллоне, если бы в результате электрического разряда находящийся в баллоне кислород (O_2) превратился в озон (O_3)?

14.45. Через микроскопические щели из баллона со сжатым воздухом¹ ежесекундно «уходят» 5 млрд молекул. За какое время масса баллона с воздухом уменьшится на 1 мг?

14.46. Где больше молекул: в стакане воды или в воздухе внутри «пустой» бочки? Объем стакана 200 см^3 , объем бочки $0,4 \text{ м}^3$, воздух находится при нормальных условиях.

14.47. При каком объеме спортивного зала количество молекул в воздухе внутри зала в 100 раз превышает количество атомов в железной штанге массой 100 кг? Считайте, что воздух находится при нормальных условиях.


Третий уровень

14.48. Сравните количество вещества в двух кубиках одинакового объема: железном и алюминиевом.

14.49. В какой из капель — воды или ртути — количество вещества больше? Во сколько раз? Рассмотрите случаи, когда капли имеют:

- а) одинаковые массы;
- б) одинаковые объемы.

14.50. При изготовлении интегральной микросхемы в кристалл сверхчистого кремния массой 1 мг вводят галлий массой 10^{-6} г. Сколько атомов кремния приходится на один атом галлия?

 14.51. 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.

14.52. Какова толщина керосиновой пленки на поверхности воды, если керосин массой 1,6 г образовал пятно площадью 200 м^2 ? Какой вывод можно сделать о размерах молекул?

14.53. В гальванической ванне корпус часов покрывают слоем золота толщиной 24 мкм. Сколько атомов золота в покрытии, если площадь поверхности корпуса часов 10 см^2 ?

¹ Здесь и далее считайте воздух газом с молярной массой $0,029 \text{ кг/моль}$.

14.54. Из открытого стакана за 20 сут испарилась вода массой 200 г. Сколько молекул покидало стакан каждую секунду?

14.55. Находившаяся в блюде вода массой 50 г полностью испарилась за 6 сут. Сколько молекул воды в среднем покидало ее поверхность за 1 с?

14.56. 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 $7,7 \cdot 10^{-10} \text{ м}$.

14.57. В озеро со средней глубиной 7,5 м и площадью 16 км^2 бросили кристаллик поваренной соли NaCl массой 20 мг. Спустя очень длительное время из озера зачерпнули стакан воды объемом 200 см^3 . Сколько ионов натрия из брошенного кристаллика оказалось в этом стакане?

Все тела состоят из атомов — маленьких телец, которые находятся в непрерывном движении, притягиваются на небольшом расстоянии, но отталкиваются, если одно из них плотнее прижать к другому. В одной этой фразе... содержится невероятное количество информации о мире, стоит лишь приложить к ней немного воображения и чуть соображения.

Р. Фейнман

15. ТЕМПЕРАТУРА. ГАЗОВЫЕ ЗАКОНЫ. УРАВНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ГАЗА

$$\frac{pV}{T} = \text{const (при } m = \text{const}), \quad pV = \frac{m}{M}RT$$

УСТНАЯ РАЗМИНКА

15.1. Что такое идеальный газ? При каких условиях газ можно считать близким к идеальному?

15.2. Для измерения температуры медицинским термометром необходимо не менее 3—5 мин. Почему?

15.3. Можно ли было бы создать жидкостный термометр, если бы при нагревании объемы жидкости и стекла увеличивались в одно и то же число раз?

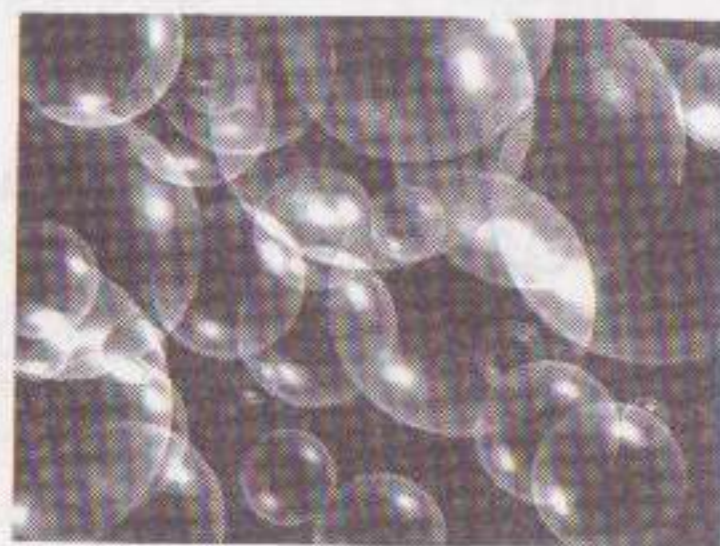
15.4. В 1592 году Галилео Галилей создал первый воздушный термоскоп. При изменении температуры воздуха в стеклянном

шаре высота столбика воды в трубке, открытой в атмосферу, изменяется. Почему термоскоп невозможно проградуировать?



15.5. В 17-м веке Торричелли создал спиртовой термоскоп (образ современных жидкостных термометров). Действие прибора основано на тепловом расширении спирта. В чем главное преимущество этого прибора перед термоскопом Галилея (см. предыдущую задачу)?

15.6. Почему мыльные пузыри, наполненные воздухом, некоторое время поднимаются, а потом опускаются?



15.7. Объясните, для чего перед использованием медицинской банки внутрь ее вносят горящий, смоченный спиртом, ватный тампон.

15.8. Космический корабль, стартовав с Земли, вышел на околоземную орбиту. Как изменилось давление воздуха в герметично закрытом отсеке? Температура в отсеке не изменилась.

15.9. Почему от горящих поленьев с треском отскакивают искры?

15.10. При изготовлении ламп накаливания их баллоны заполняют азотом под давлением, значительно меньшим атмосферного. Почему это давление не делают равным атмосферному?

15.11. Почему баллон с любым сжатым газом представляет большую опасность при пожаре?

Первый уровень

15.12. Выразите в кельвинах значения температуры: $27\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-23\text{ }^{\circ}\text{C}$, $370\text{ }^{\circ}\text{C}$.

15.13. Выразите в градусах Цельсия значения температуры: 23 K , 97 K , 757 K .

15.14. При какой температуре по шкале Кельвина плавится свинец?

15.15. Температура в комнате увеличилась на $10\text{ }^{\circ}\text{C}$. На сколько увеличилась температура по шкале Кельвина?

15.16. Утром мальчик измерил температуру тела, и термометр показал $37,8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Отпустит ли мама мальчика в школу? На сколько должна уменьшиться температура, чтобы мальчику разрешили идти в школу?

15.17. При температуре 294 K объем газа равен $0,35\text{ дм}^3$. При какой температуре объем той же массы газа увеличится до $0,4\text{ дм}^3$? Давление газа считайте постоянным.

15.18. При температуре $-23\text{ }^{\circ}\text{C}$ газ занимает объем 60 л . Каков будет объем газа при $127\text{ }^{\circ}\text{C}$? Давление газа не изменилось.

15.19. Воздух при нормальных условиях занимал объем 48 л . Каким станет давление воздуха, если его объем при неизменной температуре уменьшить до 8 л ?

15.20. Давление газа в баллоне при $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ равно 240 кПа . Каким станет давление после нагрева газа на $100\text{ }^{\circ}\text{C}$?

15.21. Газ находится в закрытом баллоне при температуре 294 K и давлении 800 кПа . При какой температуре давление газа станет равным $1,1\text{ МПа}$?

15.22. Баллоны электрических ламп накаливания заполняют азотом при давлении $50,7\text{ кПа}$ и температуре $17\text{ }^{\circ}\text{C}$. Каким станет давление в работающей лампе в момент, когда температура газа достигнет 630 K ?

15.23. В баллоне объемом 10 л находится воздух при давлении $1,5\text{ МПа}$. Каким станет давление газа, если открыть кран, соединяющий этот баллон с другим, имеющим объем 40 л , из которого воздух откачан? Температура газа не изменяется.

15.24. Газ при температуре $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ и давлении $1,5\text{ МПа}$ имеет объем 10 л . Каков объем этой массы газа при нормальных условиях?

15.25. При сжатии воздуха в цилиндре дизельного двигателя объем воздуха уменьшается в 15 раз, а температура повышается

от 47 до 620 °С. Каково давление воздуха в конце сжатия, если в начале сжатия давление воздуха равнялось 100 кПа?

15.26. Каково количество вещества в газе, если при температуре $-13\text{ }^\circ\text{C}$ и давлении 500 кПа объем газа равен 30 л?

15.27. Какое давление должен выдерживать газовый баллон объемом 50 л, чтобы при температуре $25\text{ }^\circ\text{C}$ в нем можно было хранить 2 кг метана (CH_4)?

Второй уровень

15.28. При изготовлении спиртового термометра расстояние между точками, соответствующими плавлению льда и кипению воды, разделили на 25 одинаковых делений. Какова цена деления термометра?

15.29. При надувании щек давление и объем воздуха во рту возрастают, а температура остается неизменной. Не противоречит ли это закону Бойля — Мариотта?

15.30. На сколько градусов надо изобарно нагреть газ, чтобы он занял объем вдвое больший по сравнению с объемом при $0\text{ }^\circ\text{C}$?

15.31. Объем газа в результате изобарного процесса уменьшился на 10 л, а температура понизилась в 1,2 раза. Определите начальный объем газа.

15.32. После увеличения абсолютной температуры в 1,2 раза объем газа увеличился на 0,6 л при постоянном давлении. Найдите первоначальный объем газа.

15.33. Газ, имеющий температуру 306 К, охлаждают на 32 К, при этом объем газа уменьшается на $2,4\text{ дм}^3$. Каков первоначальный объем данной массы газа? Давление газа оставалось постоянным.

15.34. На сколько процентов увеличилось давление газа в закрытом баллоне, который внесли с улицы в комнату? Температура наружного воздуха равна $-23\text{ }^\circ\text{C}$, температура в комнате $17\text{ }^\circ\text{C}$.

15.35. В результате изохорного процесса абсолютная температура газа возросла на 25 %, а давление стало равным 200 кПа. Каким было начальное давление газа?

15.36. После повышения температуры на 9 К давление газа в закрытом баллоне увеличилось на 3 %. Какой была начальная температура?

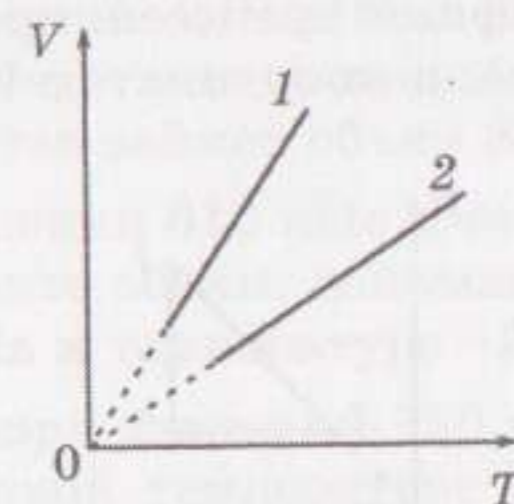
15.37. После увеличения абсолютной температуры в 1,3 раза давление газа в закрытом баллоне увеличилось на 150 кПа. Каким было начальное давление в баллоне?

15.38. Когда летнее солнце нагрело баллон с газом на 15 К, давление в баллоне увеличилось от 20 до 21 атм. Какой была начальная температура баллона?

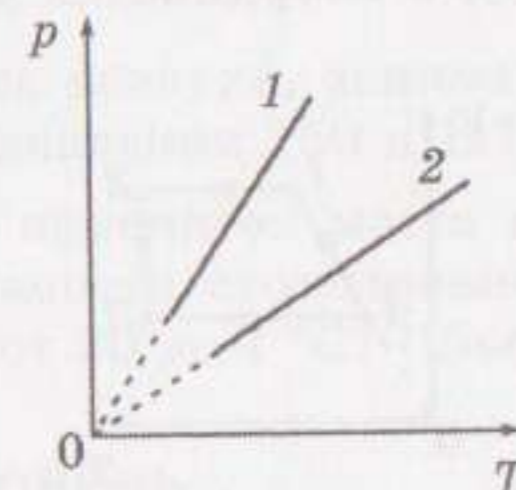
15.39. В цилиндре под поршнем находится воздух при давлении 200 кПа и температуре $27\text{ }^\circ\text{C}$. Какой массы груз надо положить на поршень после нагревания воздуха до $50\text{ }^\circ\text{C}$, чтобы объем воздуха в цилиндре остался прежним? Площадь поршня 30 см^2 .

15.40. При изотермическом сжатии объем газа уменьшился на 5 л, а давление увеличилось в 3 раза. Каким был начальный объем газа?

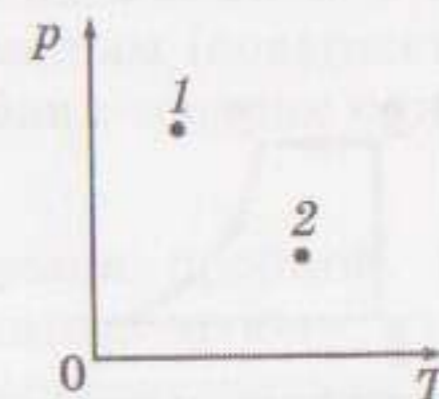
15.41. На рисунке изображены две изобары для одной и той же массы газа. Сравните давления p_1 и p_2 .



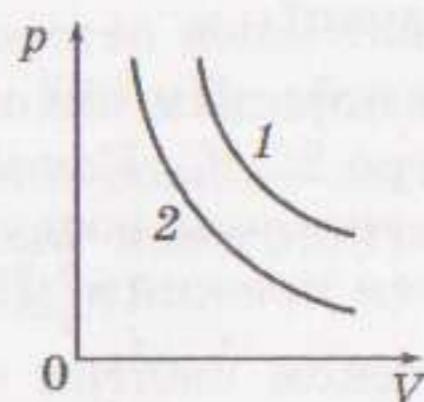
15.42. На рисунке изображены две изохоры для одной и той же массы газа. Сравните объемы V_1 и V_2 .



15.43. Сравните объем данной массы газа в состояниях 1 и 2 (см. рисунок).

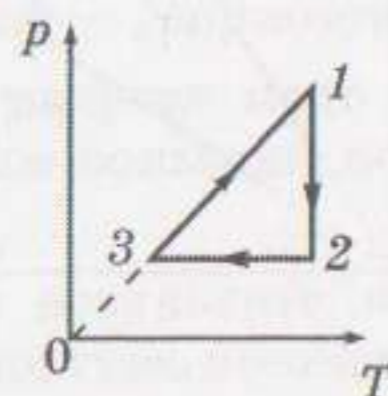


15.44. На рисунке изображены две изотермы для одной и той же массы газа. Сравните температуры T_1 и T_2 .

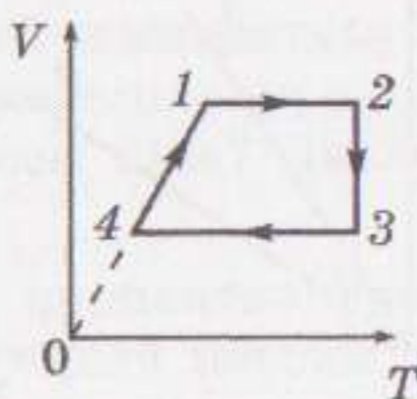


15.45. Объем пузырька воздуха по мере его всплытия со дна озера на поверхность увеличивается в три раза. Какова глубина озера? Изменением температуры с глубиной можно пренебречь.

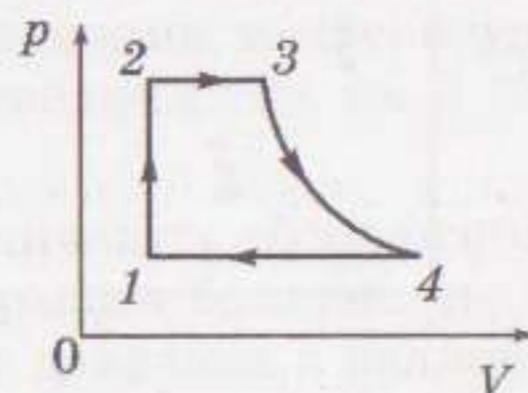
15.46. Постройте графики процесса, происходящего с идеальным газом (см. рисунок), в координатах V, T и p, V . Масса газа постоянна.



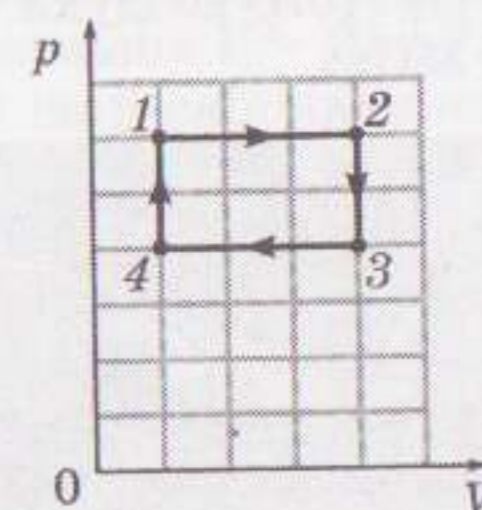
15.47. Постройте графики процесса, происходящего с идеальным газом (см. рисунок), в координатах p, V и p, T . Масса газа постоянна.



15.48. Постройте графики процесса, происходящего с идеальным газом (см. рисунок), в координатах p, T и V, T . Масса газа постоянна. Участок графика 3—4 соответствует изотермическому процессу.



15.49. В каких состояниях температура газа при циклическом процессе (см. рисунок) максимальна? минимальна? Во сколько раз отличается максимальная температура от минимальной?



15.50. Газ при давлении 970 кПа и температуре 42 °С занимает объем 800 л. Каким станет давление, если при той же массе и температуре 285 К газ займет объем 855 л?

15.51. Газ при давлении 610 кПа и температуре 300 К занимает объем 550 л. Найдите объем, занимаемый той же массой газа при давлении 450 кПа и температуре -23 °С.

15.52. Объем газа при давлении 720 кПа и температуре 288 К равен 0,6 м³. При какой температуре та же масса газа займет объем 1,6 м³, если давление станет 225 кПа?

15.53. В паровом котле объемом 2 м³ находился водяной пар при температуре 200 °С и давлении 1 МПа. Какова масса этого пара?

15.54. Какова масса воздуха, занимающего объем 150 л при температуре 288 К и давлении 150 кПа?

15.55. На сколько изменится масса воздуха в комнате, если в результате неисправности отопительной системы температура в комнате понизится от 20 до 7 °С? Объем комнаты 60 м³.

Третий уровень

15.56. Для чего медицинские термометры перед измерением температуры надо встряхивать?

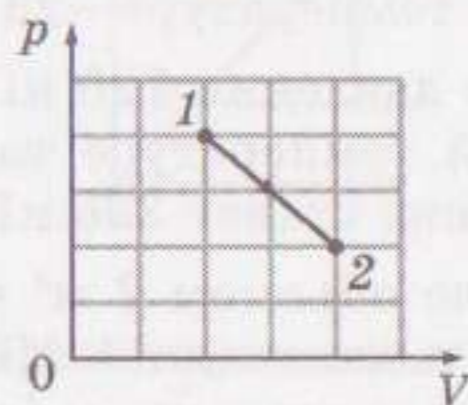
15.57. Один из двух одинаковых сосудов заполнен сухим воздухом, а другой — влажным (содержащим водяной пар). Температуры и давления в обоих сосудах одинаковы. Какой из сосудов легче?

15.58. Бутылку закрыли пробкой, площадь сечения которой равна 2 см². Чтобы вытащить пробку, нужно приложить силу 10 Н. До какой температуры нужно нагреть бутылку, чтобы пробка вылетела? Начальная температура воздуха в бутылке 20 °С.

- 15.59. Чтобы подводная лодка всплыла, нужно с помощью сжатого воздуха вытеснить из балластных цистерн 1 т морской воды. С какой наибольшей глубины может всплыть лодка, имея в запасе шесть баллонов сжатого воздуха объемом по 30 л? Давление сжатого воздуха 7 МПа.



- 15.60. Газ переведен из состояния 1 в состояние 2 (см. рисунок). Как изменялась температура газа в течение этого процесса?



- 15.61. Объем газа уменьшили в 1,5 раза, в результате чего абсолютная температура увеличилась на 20 %, а давление — на 320 кПа. Каким было начальное давление газа?

- 15.62. Давление данной массы газа уменьшилось на 50 %, а объем увеличился на 20 %. На сколько процентов изменилась абсолютная температура газа?

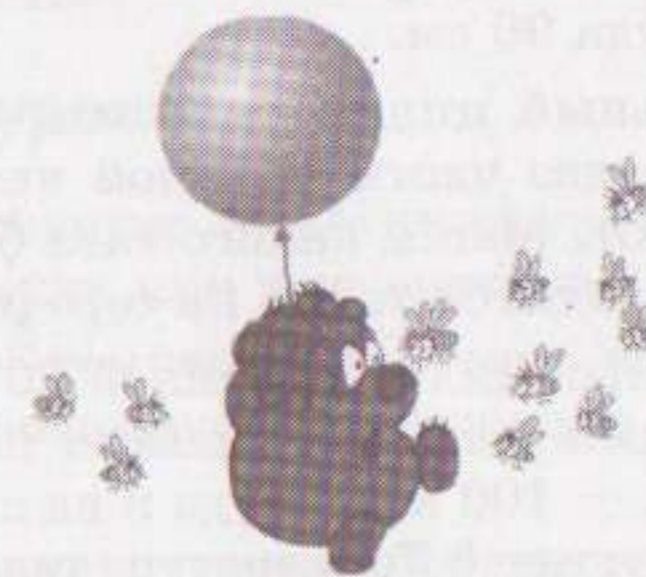
- 15.63. Давление газа под поршнем увеличилось в 2 раза, объем уменьшился в 3 раза, а абсолютная температура уменьшилась на 20 %. Изменилась ли масса газа под поршнем? Если да, то на сколько процентов?

- 15.64. Баллоны, объемы которых $V_1 = 6$ л и $V_2 = 14$ л, содержат газы при давлениях $p_1 = 8$ МПа и $p_2 = 5$ МПа при одинаковой температуре. Баллоны соединены трубкой с краном. Какое давление установится в баллонах, если открыть кран? Температура не изменяется, газы в химическую реакцию не вступают.

- 15.65. Компрессор нагнетает воздух в резервуар вместимостью 50 л, захватывая при каждом качании объем воздуха 2 л. Первоначально давление в резервуаре равно атмосферному. Какое дав-

ление установится в резервуаре после 100 качаний компрессора? Считайте, что температура воздуха при сжатии не изменяется.

- 15.66. Чтобы воздушный шар мог поднять Винни-Пуха, объем шара должен быть не меньше $V = 25$ м³. Какова масса m Винни-Пуха, если воздушный шар наполнен воздухом при температуре $t_1 = 30$ °С, а температура наружного воздуха $t_0 = 7$ °С? Давление воздуха внутри шара считайте равным атмосферному; массой оболочки воздушного шара можно пренебречь.



- 15.67. Во сколько раз изменится подъемная сила воздушного шара, если наполняющий его гелий заменить водородом? Весом оболочки шара можно пренебречь.

- 15.68. Из уравнения Менделеева — Клапейрона выведите формулу для вычисления плотности газа. От чего зависит плотность газа?

- 15.69. Во сколько раз плотность углекислого газа отличается от плотности азота, если газы находятся при одинаковых условиях?

- 15.70. Найдите плотность атмосферы Юпитера на том уровне, где давление равно 100 кПа. Считайте, что атмосфера целиком состоит из водорода (H_2), температура которого 150 К.

- 15.71. Закрытый сосуд заполнен водой при температуре 17 °С. Чему стало бы равным давление внутри сосуда, если бы взаимодействие между молекулами воды внезапно исчезло?

- 15.72. В баллон объемом 8 л налили 10 г воды. Затем баллон герметично закрыли и нагрели от 20 до 180 °С. Вся вода испарилась. Какое давление установилось внутри баллона?

- 15.73. Открытую с двух концов вертикальную стеклянную трубку длиной $L = 50$ см наполовину погружают в ртуть. Затем трубку закрывают сверху и вынимают. Какова длина l оставшегося в трубке столбика ртути? Атмосферное давление 750 мм рт. ст.

15.74. Посередине откачанной и запаянной с обоих концов горизонтальной трубки длиной 1 м находится столбик ртути длиной 20 см. Если трубку поставить вертикально, столбик ртути сместится на 10 см. До какого давления (в сантиметрах ртутного столба) была откачана трубка?

15.75. Горизонтальный цилиндрический сосуд делится на две части тонким подвижным поршнем. Каково будет равновесное положение поршня, когда в одну часть сосуда помещено некоторое количество азота, а в другую — такое же по массе количество водорода? Длина сосуда 90 см.

15.76. Горизонтальный цилиндрический сосуд разделен подвижным поршнем на две части: в одной части находится водород, а в другой — азот. Масса какого газа больше и во сколько раз, если поршень находится точно на середине сосуда?

15.77. Горизонтальный цилиндр длиной 20 см разделен закрепленным тонким поршнем пополам. Слева от поршня давление газа равно 400 кПа, справа — 100 кПа. Куда и на сколько передвинется поршень, если его отпустить? Температура газа не изменяется.

Тепло и холод — это две руки природы, которыми она делает почти все.

Ф. Бекон

16. ТЕМПЕРАТУРА И СРЕДНЯЯ КИНЕТИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ МОЛЕКУЛ

$$p = \frac{1}{3} n m_0 \overline{v^2} = \frac{2}{3} n \bar{E}_k, \quad p = nkT, \quad \bar{E}_k = \frac{3}{2} kT$$

УСТНАЯ РАЗМИНКА

16.1. Как объяснить давление, которое производит газ на стенки сосуда, исходя из молекулярно-кинетических представлений?

16.2. Воздух состоит в основном из кислорода и азота. Молекулы какого из этих газов имеют:

- большую среднюю кинетическую энергию;
- большую среднюю квадратичную скорость?

16.3. Как изменится давление идеального газа, если при неизменной концентрации средняя квадратичная скорость молекул уменьшится в 2 раза?

16.4. Как изменится давление идеального газа при увеличении концентрации его молекул в 3 раза, если средняя квадратичная скорость молекул остается неизменной?

16.5. Как изменится средняя кинетическая энергия теплового движения молекул идеального газа при уменьшении абсолютной температуры в 2 раза?

16.6. При нагревании идеального газа средняя кинетическая энергия теплового движения молекул увеличилась в 4 раза. Как изменилась при этом абсолютная температура газа?

16.7. Абсолютная температура идеального газа уменьшилась в 3 раза, а концентрация молекул осталась неизменной. Как изменилось давление газа?

Первый уровень

16.8. Найдите среднюю кинетическую энергию поступательного движения молекул при температуре 27 °С.

16.9. Определите температуру газа, если средняя кинетическая энергия хаотического движения его молекул равна $5,6 \cdot 10^{-21}$ Дж.

16.10. Средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул водорода равна $1,35 \cdot 10^{-20}$ Дж. Определите среднюю квадратичную скорость молекул водорода.

16.11. Температура воздуха равна -13 °С. До какой температуры надо его нагреть, чтобы средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул увеличилась на 15 %? в полтора раза?

16.12. Какова средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул газа, если при концентрации молекул $2,65 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$ давление равно 99 кПа?


16.13. Какова концентрация молекул в воздухе при нормальных условиях?

Второй уровень

16.14. Докажите, что при одинаковых давлениях и температурах в равных объемах любого газа содержится одинаковое число молекул.

16.15. Одинаковые сосуды наполнили — один водородом, а другой — кислородом. Сравните давления этих газов при одинаковой температуре, если одинаковы их:

- массы;
- количество молекул.

 16.16. В закрытом сосуде происходит полное сгорание кусочка графита (С) с образованием углекислого газа (CO₂). После этого сосуд охлаждают до начальной температуры. Сравните конечное давление в сосуде с начальным. Объем графита мал по сравнению с объемом сосуда.

16.17. Во сколько раз изменилось бы давление в баллоне, если бы в результате электрического разряда находившийся в баллоне кислород (O_2) превратился в озон (O_3)? Считайте, что температура газа не изменилась.

16.18. Каково давление углекислого газа, если в баллоне объемом 40 л содержится $5 \cdot 10^{24}$ молекул, а средняя квадратичная скорость молекул 400 м/с?

16.19. Определите давление водорода, если средняя квадратичная скорость его молекул 2550 м/с, а концентрация молекул $3,6 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$.

16.20. Сколько молекул находится при температуре 10 °С в 1 см³ воздуха в сосуде, если после откачки давление равно 1,33 мкПа?

16.21. Определите суммарную кинетическую энергию хаотического поступательного движения молекул газа в баллоне вместимостью 10 л при давлении 0,4 МПа. На какую высоту можно поднять мальчика массой 50 кг, используя такую энергию?

16.22. Найдите среднюю квадратичную скорость молекул кислорода при нормальных условиях.

16.23. Какова средняя квадратичная скорость молекул азота при температуре 27 °С?

16.24. Во сколько раз различаются средние квадратичные скорости молекул кислорода и азота в вашей комнате?

16.25. При какой температуре средняя квадратичная скорость атомов гелия равна 1,3 км/с?

16.26. Молекулы какого газа при 20 °С имеют среднюю квадратичную скорость 510 м/с?

16.27. В баллон вместимостью 20 л, находящийся на весах, накачали газ. Какова средняя квадратичная скорость молекул газа, если показания манометра увеличились на 4,9 МПа, а показания весов — на 1 кг?

16.28. Каково давление газа, если его плотность 2 кг/м³, а средняя квадратичная скорость его молекул 600 м/с?

16.29. Давление кислорода 152 кПа, а средняя квадратичная скорость его молекул 545 м/с. Определите плотность кислорода.

16.30. Найдите среднюю квадратичную скорость молекул газа, имеющего плотность 1,8 кг/м³ при давлении 152 кПа.

Третий уровень

16.31. В баллоне А находится кислород массой 8 г, а в таком же баллоне Б — водород массой 0,5 г. Сравните давления в баллонах, если у молекул кислорода и водорода одинаковы:

- а) средние квадратичные скорости;
- б) средние кинетические энергии.

16.32. В закрытом сосуде при давлении p_0 находится смесь из 1 моль кислорода и 2 моль водорода. Между газами происходит реакция с образованием водяного пара. Какое давление установится в сосуде после охлаждения до первоначальной температуры? Конденсации пара не происходит.

16.33. Оцените среднее расстояние между молекулами в воздухе в ясный летний день (при температуре 27 °С и давлении 100 кПа). Во сколько раз это расстояние превышает размеры молекул (приблизительно $3 \cdot 10^{-10} \text{ м}$)?

16.34. При повышении абсолютной температуры азота в 2 раза каждая вторая молекула диссоциировала на атомы. Во сколько раз изменилось давление газа?

16.35. Энергия хаотического поступательного движения всех молекул некоторого газа при температуре 0 °С составляет $6,7 \cdot 10^{-12} \text{ Дж}$. Найдите число молекул этого газа.

16.36. Найдите среднюю квадратичную скорость броуновской частицы при температуре 20 °С; броуновскую частицу рассматривайте как шарик радиусом 3 мкм, плотность которого равна плотности воды.

В мире вечного движенья,
В превращениях вещества,
Возникают на мгновенья
Все живые существа.

Но, явившись на мгновенье,
Знать уж хочет существо, —
В чем же вечное движенье?
Что такое вещество?

Н. Морозов

17. СОСТОЯНИЯ ВЕЩЕСТВА

$$E_{\text{пов}} = \sigma S$$

УСТНАЯ РАЗМИНКА

17.1. В чем сходство и различие свойств вещества в твердом и жидком состояниях?

17.2. В чем сходство и различие свойств вещества в жидком и газообразном состояниях?

17.3. Сравните свойства вещества в твердом и газообразном состояниях.

17.4. В чем состоит различие в тепловом движении молекул газов, жидкостей и твердых тел?

17.5. Может ли быть поваренная соль жидкой, а углекислый газ твердым?

17.6. Как можно объяснить с молекулярной точки зрения зависимость скорости диффузии от температуры?

17.7. Почему в невесомости капли жидкости принимают сферическую форму?

17.8. Для получения охотничьей дробли тонкие струи расплавленного свинца выливают с высокой башни в воду. На поверхность воды падают уже затвердевшие круглые дробинки. Объясните, на чем основан этот метод.

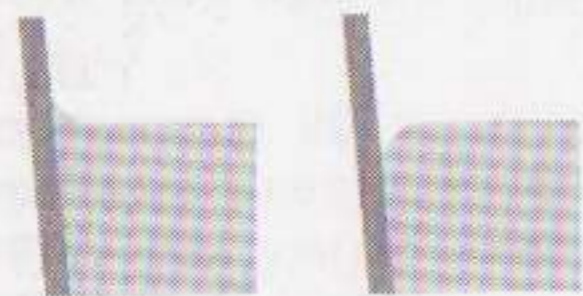
17.9. Увеличивается или уменьшается поверхностное натяжение воды при растворении в ней стирального порошка?

17.10. В каком случае жидкость можно налить в стакан выше краев?

17.11. Должны ли краска или лак смачивать поверхность, на которую их наносят?

17.12. Перед пайкой поверхности тщательно обезжиривают и очищают от грязи и оксидов. Зачем это делают?

17.13. На рисунке показана форма поверхности воды у стенок двух стеклянных стаканов. Какой из стаканов был тщательно вымыт моющим средством?



17.14. Если положить кусок мела на влажную губку, он пропитается водой; если же после этого положить его на сухую губку, та останется сухой. Почему?

17.15. Почему рыхление почвы способствует сохранению в ней влаги?

17.16. Какая ткань больше подходит для палатки — смачиваемая водой или несмачиваемая?

17.17. Почему полотенца не шьют из шелка?

17.18. Тонкая стальная иголка может «лежать» на поверхности воды. Удастся ли этот опыт, если перед ним иголку тщательно протереть одеколоном?

Первый уровень

17.19. Сильно охладив воздух, его можно сделать жидким. При этом занимаемый воздухом объем уменьшается почти в 700 раз. Какую долю объема газа составляет объем самих молекул?

17.20. Попробуйте сделать запись на жирной бумаге. Почему это трудно сделать?

17.21. Опустите в воду кисточку. Что происходит с ее волосками в воде? после вынимания кисточки из воды? Объясните эти явления.

17.22. В результате слияния капелек тумана общая площадь их поверхности уменьшилась на 1 мм^2 . Как изменилась поверхностная энергия воды?

17.23. Площади поверхностей двух капель ртути отличаются на 3 мм^2 . Какова разность поверхностных энергий капель?

Второй уровень

17.24. Олово легко расплавить. Почему же нельзя выдувать из него изделия, как это делают из стекла?

17.25. Колбы некоторых ламп делают из прозрачного сапфира (Al_2O_3). Почему их не выдувают, как стеклянные изделия, а выращивают из расплава?

17.26. Почему оконные стекла в старинных соборах, простоявшие более ста лет, оказываются толще внизу, чем сверху?

17.27. Вы наблюдаете из окна толпу людей на площади, пришедших на праздничное гулянье. На площади тесно. Если мысленно заменить каждого человека молекулой, то какое состояние вещества это напоминает?

17.28. Почему крошечные капли тумана имеют сферическую форму, а форма крупных капель дождя несколько отличается от сферической?

17.29. Космонавт в состоянии невесомости открывает две стеклянные пробирки: одну с керосином, другую со ртутью. Как поведут себя жидкости?

17.30. Почему при нагревании осколка стекла его острые края «оплывают» (приобретают округлую форму)?

Третий уровень

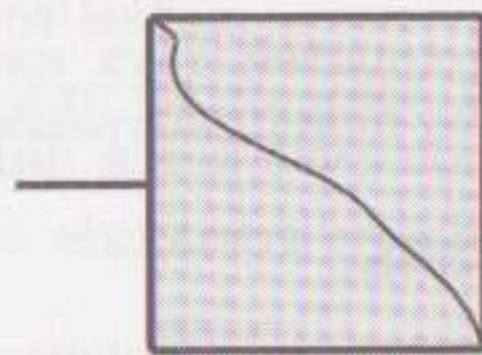
17.31. Если бросить стеклянную пластинку в сосуд со ртутью, она всплывет. Однако если положить эту пластинку на дно

пустой плоскодонной кюветы и *потом* налить в кювету ртуть, пластинка не всплывет. Чем объясняются результаты этих опытов?

17.32. Какую минимальную работу нужно совершить, чтобы капельку воды радиусом $r = 2$ мм «разбить» на восемь одинаковых капель?

17.33. Какую энергию необходимо затратить, чтобы каплю ртути радиусом 4 мм разделить на 27 одинаковых сферических капель при неизменной температуре?

17.34. Квадратный проволочный каркас, к которому привязана нить, окунули в мыльный раствор и вынули. Каркас оказался затянутым мыльной пленкой (см. рисунок). Пленку с одной стороны от нити прокололи. Какую форму приняла нить? Сторона квадрата равна 10 см, а длина нити — 15 см.



Цель... наук заключается в отыскании законов, благодаря которым отдельные процессы в природе могут быть сведены к общим правилам.

Г. Гельмгольц

18. ВНУТРЕННЯЯ ЭНЕРГИЯ. ПЕРВЫЙ ЗАКОН ТЕРМОДИНАМИКИ

$$\Delta U = A + Q, \quad U = \frac{3}{2} \nu RT, \quad A = -p\Delta V$$

УСТНАЯ РАЗМИНКА

18.1. Приведите примеры превращения механической энергии во внутреннюю и обратно.

18.2. От каких физических величин зависит внутренняя энергия газа?

18.3. Как изменится внутренняя энергия кирпича, если его поместить в горячую печь? поднять с первого этажа на второй?

18.4. Большой и маленький стальные шарики внесли с мороза в теплое помещение. Как изменилась внутренняя энергия шариков? Одинаковы ли изменения внутренней энергии шариков?

18.5. Кусок мягкой проволоки несколько раз согнули и разогнули. В какую форму перешла затраченная при этом энергия?

18.6. Если тупым сверлом сверлить деревянную доску, то древесина вблизи отверстия обугливается. Обугливается она и в пламени. Одинаковы ли причины обугливания в этих случаях?

18.7. На чем основан способ получения огня, показанный на рисунке?



18.8. Почему десантники, спускающиеся из вертолета по канату, обязательно надевают рукавицы?

18.9. Можно ли повысить температуру тела, не передавая ему тепла?

18.10. В каком процессе газ получает тепло, но его температура не меняется?

18.11. В каком случае работа газа отрицательна?

18.12. Какую работу совершает моль газа, если его изохорно нагреть на один градус?

18.13. При каких из указанных ниже процессов газ не совершает работы:

- а) изохорное нагревание;
- б) изобарное нагревание;
- в) изохорное охлаждение;
- г) изобарное сжатие?

18.14. При каких из указанных ниже процессов внутренняя энергия газа не изменяется:

- а) изохорное нагревание;
- б) изобарное нагревание;
- в) изотермическое расширение;
- г) изохорное охлаждение;
- д) адиабатное сжатие?

18.15. При каких из указанных ниже процессов газ не получает и не отдает тепла:

- а) изохорное нагревание;
- б) изобарное нагревание;
- в) изотермическое расширение;
- г) изохорное охлаждение;
- д) адиабатное сжатие?

Первый уровень

18.16. Какой внутренней энергией обладают 0,4 кг аргона при температуре $-23\text{ }^{\circ}\text{C}$?

18.17. При какой температуре внутренняя энергия 24 г гелия равна 30 кДж?

18.18. Газ, занимавший объем 7 л, расширился до объема 33 л при постоянном давлении 500 кПа. Какая работа совершена газом?

18.19. Какую работу совершил газ при изобарном увеличении объема от 35 до 50 л? Давление газа равно 200 кПа.

18.20. На сколько изменилась внутренняя энергия газа, если ему сообщили количество теплоты 15 кДж и совершили над ним работу 25 кДж?

18.21. На сколько изменилась внутренняя энергия газа, который совершил работу 50 кДж, получив количество теплоты 85 кДж?

18.22. На сколько изменилась внутренняя энергия газа, над которым совершили работу 20 кДж, если он отдал количество теплоты 75 кДж?

18.23. Работа внешних тел над газом составила 500 Дж. Кроме того, газ получил количество теплоты 150 Дж. Как изменилась внутренняя энергия газа?

18.24. Какое количество теплоты нужно передать газу, чтобы его внутренняя энергия увеличилась на 15 Дж и при этом газ совершил 25 Дж работы?

18.25. Над газом была совершена работа 55 Дж, при этом его внутренняя энергия увеличилась на 15 Дж. Получил или отдал тепло газ в этом процессе? Какое именно количество теплоты?

18.26. В ходе изотермического расширения газу было передано количество теплоты 300 Дж. Какую работу совершил газ?

18.27. При адиабатном сжатии 5 моль одноатомного газа его температура повысилась на 20 К. Какая работа совершена над газом?

Второй уровень

18.28. Как изменилась внутренняя энергия стального шарика, который упал с некоторой высоты на стальную плиту и, отскочив, поднялся до начальной точки?

18.29. Как изменилась внутренняя энергия стального шарика, который упал с некоторой высоты на песок?

18.30. Один моль паров ртути и один моль гелия имеют одинаковую температуру. Сравните внутренние энергии обоих газов.

18.31. Один грамм паров ртути и один грамм гелия имеют одинаковую температуру. Какой из газов имеет большую внутреннюю энергию? Во сколько раз?

18.32. Какова внутренняя энергия аргона в баллоне объемом 50 л при давлении 1 МПа?

18.33. При уменьшении объема одноатомного газа в 4 раза давление этого газа увеличилось в 5 раз. Во сколько раз изменилась внутренняя энергия газа?

18.34. При каких из указанных ниже процессов газ совершает положительную работу:

- а) изохорное нагревание;
- б) изобарное нагревание;
- в) изотермическое сжатие;
- г) адиабатное расширение?

18.35. При каких из указанных ниже процессов газ получает тепло:


- а) изохорное нагревание;
- б) изобарное нагревание;
- в) изотермическое сжатие;
- г) адиабатное расширение?

18.36. В каком процессе все полученное газом количество теплоты идет на увеличение его внутренней энергии?

18.37. Если открыть вентиль баллона со сжатым газом, вентиль даже летом может покрыться инеем. Объясните это явление.

18.38. Объем данной массы газа увеличивается в 2 раза. При каком расширении газ совершает большую работу: изотермическом или изобарном?

18.39. Газ, занимавший объем 560 л при температуре 280 К, нагрели до 295 К. Найдите работу, совершенную газом, если процесс происходил при постоянном давлении 1 МПа.

 **18.40.** Для изобарного нагревания количества вещества $\nu = 50$ моль газа на $\Delta T = 200$ К ему передали количество теплоты $Q = 291$ кДж. Какую работу совершил газ? Каково изменение его внутренней энергии?

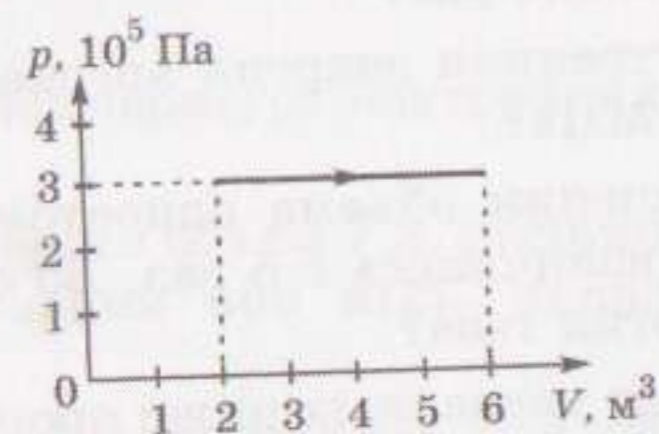
18.41. Какую работу совершит газ при изобарном нагревании на 50 К, если количество вещества в газе 5 моль?

18.42. В вертикальном цилиндре под поршнем¹ находится воздух массой 29 г. Какую работу совершит воздух при повышении температуры на 100 К?

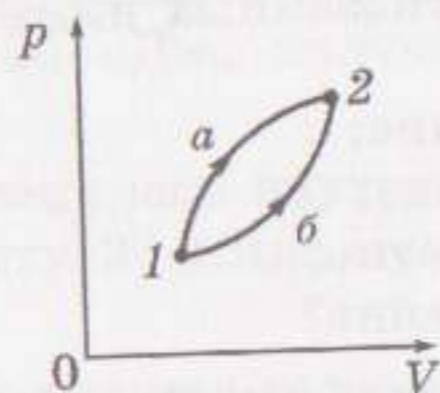
18.43. Какую работу совершает водород массой 6 г при изобарном повышении температуры на 60 К?

¹ Здесь и далее считается, что поршень перемещается без трения.

18.44. На рисунке показана изобара газа в координатах p, V . Определите работу, совершенную газом в процессе расширения.



18.45. Газ можно перевести из состояния 1 в состояние 2 двумя способами (см. рисунок). В каком случае совершается бóльшая работа? При каком процессе изменение внутренней энергии газа больше?



18.46. Одноатомный газ находится в баллоне вместимостью 50 л. При изохорном нагревании давление газа возросло на 0,6 МПа. Определите количество теплоты, сообщенное газу, и изменение его внутренней энергии.

18.47. Одноатомному газу ($\nu = 2$ моль) передано количество теплоты 1,2 кДж. При этом газ совершил работу 600 Дж. На сколько изменилась температура газа?

18.48. При изобарном нагревании объем гелия увеличился в 3 раза. Какую работу совершил газ? Какое количество теплоты ему передано? Масса гелия 12 г, начальная температура -123°C .

Третий уровень

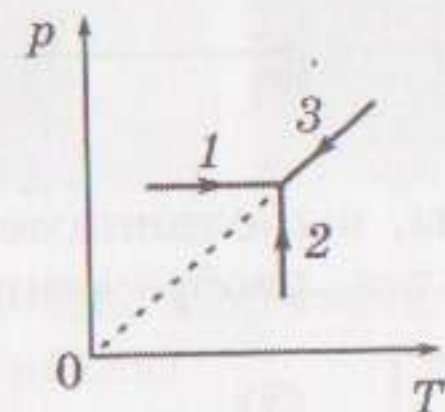
18.49. После включения отопления воздух в комнате нагрелся от температуры 7°C до температуры 27°C . Сравните начальное и конечное значения внутренней энергии воздуха, содержащегося в комнате. Воздух можно считать двухатомным газом, его внутренняя энергия $U = \frac{5}{2}\nu RT$.

18.50. Приведите пример процесса, в котором газ нагревается, отдавая тепло.

18.51. В надувном шарике и стальном баллоне содержатся одинаковые массы воздуха. В каком случае для нагревания воздуха на 1 К потребуется большее количество теплоты?

18.52. На рисунке показаны графики нескольких процессов с идеальным газом данной массы. Можете ли вы указать процесс (процессы), при котором:

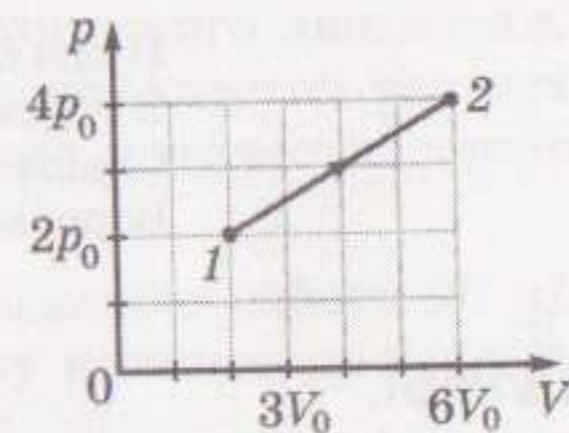
- работа газа положительна;
- работа газа отрицательна;
- работа газа равна нулю?



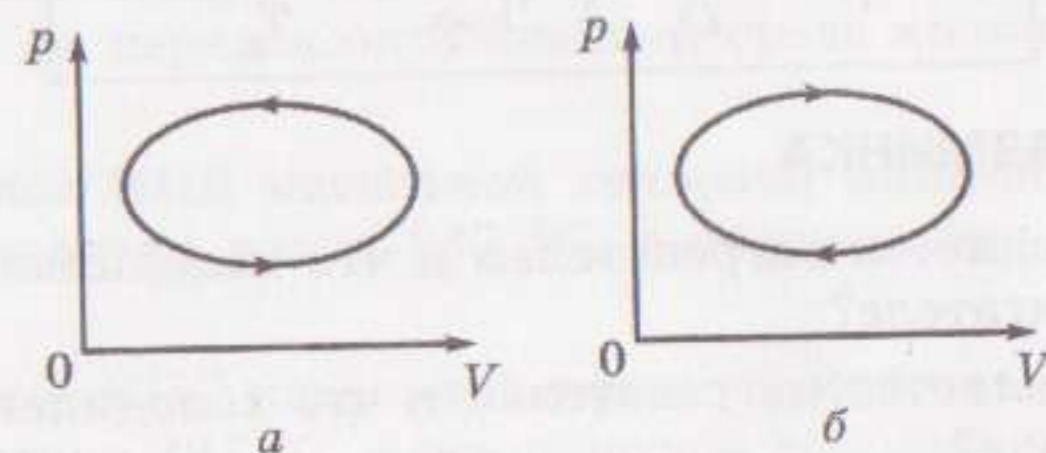
18.53. Какая доля количества теплоты, переданного гелию при изобарном расширении, расходуется на совершение работы?

18.54. В цилиндре под поршнем находится газ массой 20 г. Для повышения температуры газа на 10 К необходимо следующее количество теплоты: 130 Дж при закрепленном поршне или 182 Дж при незакрепленном поршне. Какой это может быть газ?

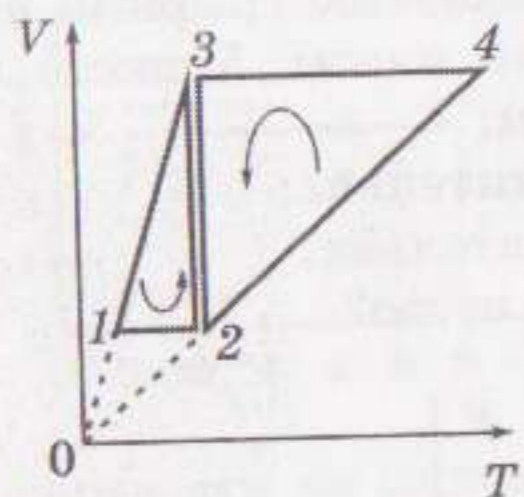
18.55. Какую работу совершил одноатомный газ в показанном на рисунке процессе? Какое количество теплоты получил газ?



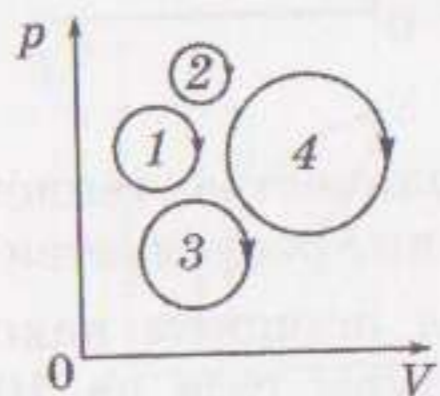
18.56. В каком из циклических процессов (см. рисунок) газ совершает положительную работу, а в каком — отрицательную?



18.57. На рисунке изображены два замкнутых процесса, происходящих с идеальным газом: $1 - 2 - 3 - 1$ и $3 - 2 - 4 - 3$. В каком из них газ совершает большую работу?



18.58. Сравните работы, выполненные некоторой массой газа во время нескольких циклов, изображенных на рисунке.



Вращайтесь, мощные колеса,
Свистите, длинные ремни,
Горите свьше, впрямь и косо,
Над взмахами валов, огни!

Пуды бросая, как пригоршни,
В своем разлете роковым,
Спешите, яростные поршни,
Бороться с мертвым естеством!

В. Брюсов

19. ТЕПЛОВЫЕ МАШИНЫ. ВТОРОЙ ЗАКОН ТЕРМОДИНАМИКИ

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}, \quad \eta_{\max} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

УСТНАЯ РАЗМИНКА

19.1. Что является нагревателем и что холодильником в автомобильном двигателе?

19.2. Что является нагревателем и что холодильником в двигателе теплохода?

19.3. Можно ли отнести огнестрельное оружие к тепловым двигателям?

19.4. Зависит ли КПД автомобильного двигателя от температуры наружного воздуха?



19.5. Почему в тепловых двигателях не удается использовать внутреннюю энергию океана?

19.6. Топливо, которое впрыскивают в цилиндр дизельного двигателя, воспламеняется без электрической искры вследствие высокой температуры воздуха в цилиндре (около 700°C). За счет чего воздух так сильно нагревается?

Первый уровень

19.7. При сгорании топлива в тепловом двигателе выделилось количество теплоты 200 кДж , а холодильнику передано количество теплоты 120 кДж . Каков КПД теплового двигателя?

19.8. Каков КПД теплового двигателя, если рабочее тело, получив от нагревателя количество теплоты $1,6\text{ МДж}$, совершило работу 400 кДж ? Какое количество теплоты передано холодильнику?

19.9. Совершив полезную работу 90 кДж , тепловой двигатель передал холодильнику количество теплоты 210 кДж . Каков КПД теплового двигателя?

19.10. Газ в круговом процессе отдал холодильнику $2/3$ количества теплоты, полученного от нагревателя. Каков КПД цикла?

19.11. Каков КПД теплового двигателя мощностью 50 кВт , если за 10 с он передал окружающей среде количество теплоты 1 МДж ?

19.12. Каков КПД идеальной тепловой машины, если температура нагревателя равна 347°C , а температура холодильника 37°C ?

19.13. Каков КПД идеальной тепловой машины, если температура нагревателя 387°C , а температура холодильника 27°C ?

19.14. При работе кондиционера, установленного в комнате, за некоторое время в окружающее пространство было «выброшено» количество теплоты 200 кДж. На сколько понизилась внутренняя энергия всех тел в комнате, если за это время кондиционер израсходовал 50 кДж электроэнергии?

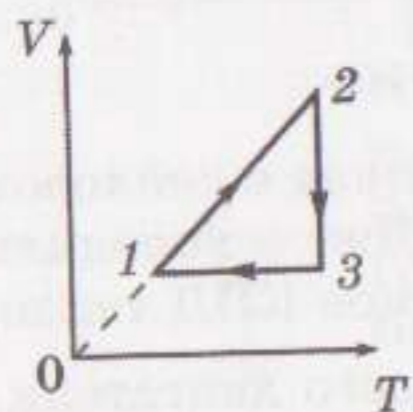
Второй уровень

19.15. Температура нагревателя идеальной тепловой машины равна 477 °С. Какой должна быть температура холодильника, чтобы КПД машины превысил 80 %?

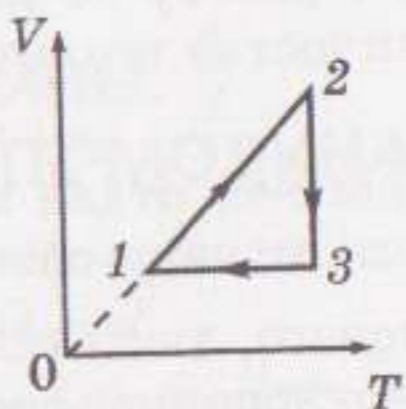
19.16. Как изменится температура в комнате, если надолго открыть дверь работающего холодильника?

19.17. Газ, совершающий цикл Карно, отдал холодильнику $\frac{7}{8}$ количества теплоты, которое он получил от нагревателя. Определите КПД цикла и температуру нагревателя, если температура холодильника 7 °С.

19.18. На каких этапах циклического процесса (см. рисунок) газ получает тепло? отдает тепло?



19.19. Выполняет ли тепловая машина положительную работу для цикла, изображенного на рисунке?



19.20. Тепловой двигатель, работающий при температуре нагревателя 527 °С и температуре холодильника 17 °С, имеет КПД 30 %. Во сколько раз КПД этого двигателя меньше, чем КПД идеального теплового двигателя при тех же температурах нагревателя и холодильника?

19.21. На теплоходе установлен дизельный двигатель мощностью 80 кВт с КПД 30 %. На сколько километров пути ему хватит дизельного топлива массой 1 т при скорости движения 20 км/ч?

19.22. Можно ли считать обратимым процессом упругое столкновение двух тел? неупругое столкновение?

19.23. Можно ли считать обратимым движение Земли вокруг Солнца?

19.24. Можно ли считать обратимым движение футбольного мяча после удара?

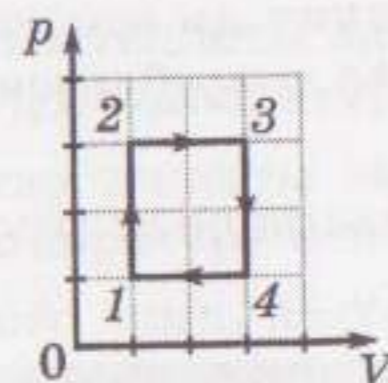
Третий уровень

19.25. В каком случае КПД теплового двигателя возрастет сильнее: при увеличении на один градус температуры нагревателя или при таком же уменьшении температуры холодильника?

19.26. Температура нагревателя идеального теплового двигателя равна 127 °С, а температура холодильника 7 °С. Каким станет КПД этого двигателя, если:

- на 20 °С понизить температуру холодильника;
- на 20 °С повысить температуру нагревателя?

19.27. Найдите КПД показанного на рисунке цикла, если рабочее тело — одноатомный идеальный газ.



19.28. Сколько литров бензина израсходует автомобиль массой 800 кг на пути длиной 500 км, если КПД двигателя 25 %, а средняя сила сопротивления движению равна 0,06 веса автомобиля?

19.29. Реактивный двигатель самолета, летящего со скоростью 900 км/ч, развивает силу тяги 45 кН. Каков расход керосина за 1 ч полета, если КПД двигателя 20 %?

19.30. Приведите пример газового процесса, который можно считать обратимым.

19.31. В каком случае процесс теплопередачи можно считать практически обратимым?

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

Н. Морозов

20. ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ. НАСЫЩЕННЫЙ ПАР

$$Q = \lambda m, \quad Q = Lm, \quad \varphi = \frac{P}{P_{\text{н}}} \cdot 100 \%$$

УСТНАЯ РАЗМИНКА

20.1. Почему в истории человечества бронзовый век предшествовал железнному?

20.2. Правильно ли утверждение: «если передать телу некоторое количество теплоты, его температура обязательно повысится»?

20.3. Может ли внутренняя энергия тела измениться без изменения температуры? Приведите примеры, подтверждающие ваш ответ.

20.4. В сосуде с водой плавают кусочки льда. Что больше: внутренняя энергия 1 г воды или внутренняя энергия 1 г льда?

20.5. Зимой на балконе лежат медная пластинка и льдинка такой же массы. Удельная теплота плавления меди значительно меньше, чем льда. Значит ли это, что для плавления медной пластинки в данном случае потребуется меньше энергии, чем для плавления льдинки?

20.6. Во время ледохода вблизи реки холоднее, чем вдали от нее. Почему?



20.7. В термос с водой, температура которой 0 °С, опустили кусок льда с такой же температурой. Будет ли лед таять?

20.8. Что общего между процессами испарения и кипения? В чем различие между ними?

20.9. Если закрыть банку крышкой, то уровень воды в ней не будет понижаться. Означает ли это, что крышка «останавливает» испарение воды?

20.10. Кружка с водой плавает в кастрюле, стоящей на огне. Закипит ли вода в кружке?

20.11. Как вызвать кипение воды, не нагревая ее?

20.12. В закрытом сосуде над водой находится водяной пар. Что больше: внутренняя энергия 1 г воды или внутренняя энергия 1 г пара?

20.13. Почему жидкость при испарении охлаждается?

20.14. Если дуть на горячий чай, он быстрее остынет. Почему?

20.15. Температура воздуха в жаркий летний день заметно выше, чем температура воды в реке. Почему же вам холодно, когда вы выходите из воды после купания?

20.16. Какое значение имеет для организма выделение пота?

20.17. Почему во влажном воздухе зной переносить труднее, чем в сухом?

Первый уровень

20.18. Какое количество теплоты потребуется, чтобы расплавить 100 г льда, взятого при температуре 0 °С?

20.19. Какое количество теплоты необходимо, чтобы расплавить 5 кг меди, нагретой до температуры плавления?

20.20. Какое количество теплоты выделится при замерзании 2 кг воды, взятой при температуре 0 °С?

20.21. Сколько стального лома, взятого при температуре плавления, можно расплавить, если передать ему количество теплоты 246 МДж?

20.22. Какое количество теплоты выделится при кристаллизации 10 кг расплавленного алюминия, находящегося при температуре плавления?

20.23. При кристаллизации расплавленного олова выделилось количество теплоты 29 кДж. Какова масса олова?

20.24. Какое количество теплоты потребуется, чтобы испарить 20 г воды, взятой при температуре кипения (при нормальном атмосферном давлении)?

20.25. У водяного пара при нормальном атмосферном давлении и температуре 100 °С отобрали количество теплоты 690 кДж. Какова масса воды, образовавшейся в результате конденсации пара? Температура не изменилась.

Второй уровень

20.26. Конструкторы предложили покрыть спускаемый отсек космического корабля слоем легкоплавкого материала. Для чего? Что можно сказать о планете, на которую предстоит посадка?

20.27. Чтобы лед таял, ему необходимо сообщать энергию, однако пока весь лед не растает, его температура не увеличивается. Это означает, что кинетическая энергия беспорядочного движения молекул тоже не увеличивается. Куда же «исчезает» получаемая льдом энергия?

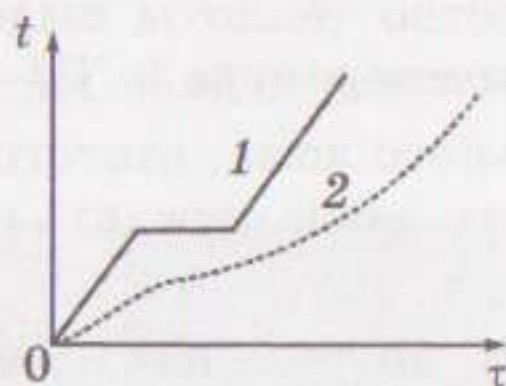
20.28. Воздух в закрытом сосуде содержит ненасыщенный водяной пар. Как изменяется относительная влажность воздуха при нагревании сосуда?

20.29. Оба термометра психрометра показывают одну и ту же температуру. Какова относительная влажность воздуха?

20.30. В течение дня показание сухого термометра психрометра не изменялось, а показание влажного термометра уменьшалось. Как изменялась относительная влажность воздуха?

20.31. Почему у человека, зашедшего в теплое помещение с мороза, запотевают очки?

20.32. На рисунке изображена зависимость температуры t от времени τ для двух образцов, которым каждую секунду передают одинаковое количество теплоты. Какой из этих образцов является кристаллическим телом, а какой — аморфным? Чем различаются процессы превращения этих тел в жидкость?



20.33. Необходимо расплавить деталь массой 1 кг, температура которой $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. В каком случае потребуется большее количество теплоты — если деталь медная или алюминиевая? Во сколько раз больше?

20.34. Стальной и алюминиевый бруски одинаковых размеров находятся при температуре $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Для плавления какого из них необходимо большее количество теплоты? Во сколько раз?

20.35. С какой высоты должна свободно падать градинка, чтобы при ударе о землю она расплавилась? Температуру в начале

падения считайте равной $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, теплопередачу между градинкой и окружающей средой не учитывайте.

20.36. Два одинаковых свинцовых шара движутся навстречу друг другу с одинаковой скоростью. При какой скорости движения они могут расплавиться в результате лобового столкновения? Начальная температура шаров равна $27\text{ }^{\circ}\text{C}$, теплопередачу между шарами и окружающей средой не учитывайте.

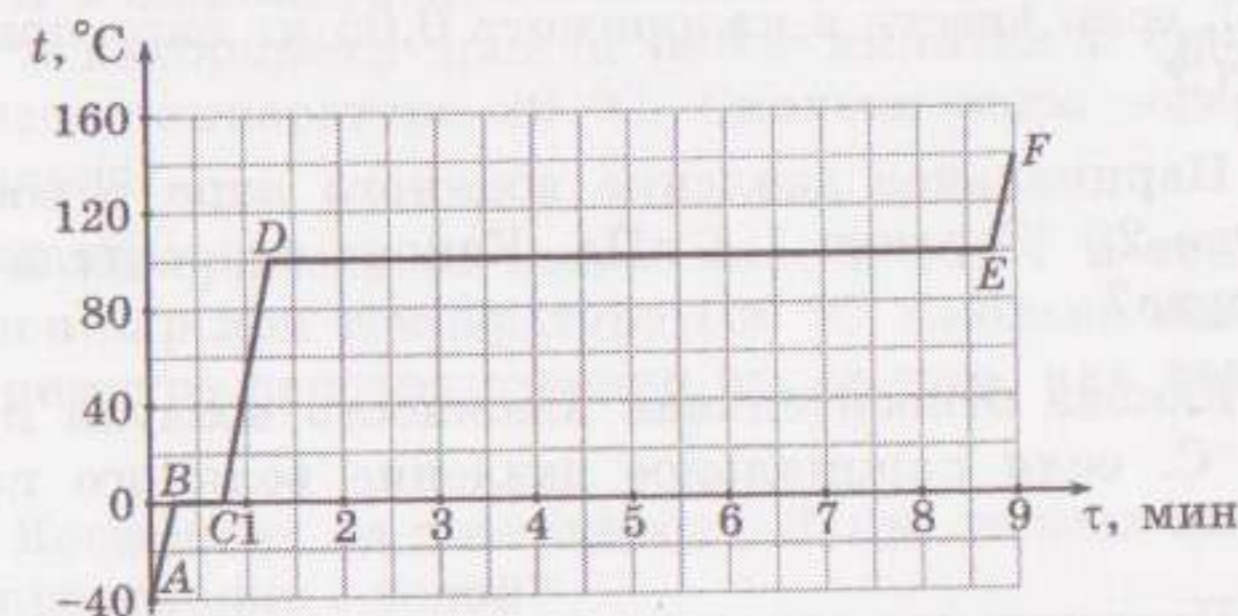
20.37. Какое количество теплоты потребуется, чтобы расплавить 100 г льда, взятого при температуре $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, а затем полученную воду нагреть до $20\text{ }^{\circ}\text{C}$?

20.38. Какое количество теплоты выделится при отвердевании 2 л воды, взятой при температуре $10\text{ }^{\circ}\text{C}$? Изобразите этот процесс на графике.

20.39. Лед массой 3 кг, взятый при температуре $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, нужно превратить в воду, а воду нагреть до кипения и испарить. Какое количество теплоты для этого потребуется?

20.40. Вода в электрочайнике нагревается от 20 до $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ за 4 мин. Сколько еще нужно времени, чтобы 20 % воды превратилось в пар? Потерями тепла можно пренебречь.

20.41. На рисунке изображена зависимость температуры t от времени τ для некоторого вещества.



а) Объясните, каким процессам соответствуют участки графика AB , BC , CD , DE и EF .

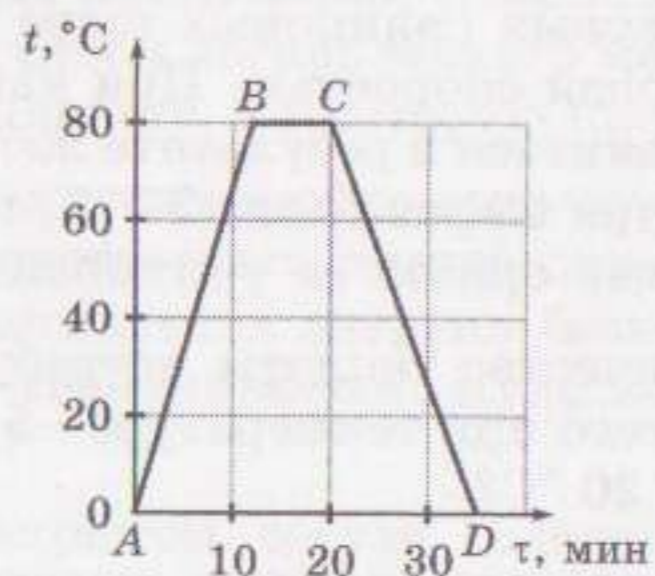
б) Что это за вещество?

20.42. На рисунке графически изображен процесс изменения температуры нафталина, к которому в течение 15 мин подводили тепло, а затем отбирали.

а) Каким процессам соответствуют участки графика AB и CD ?

б) Какова температура плавления нафталина?

- в) Какие процессы происходили на участке BC ?
 г) Сравните внутреннюю энергию нафталина в точках B и C .



20.43. Стальная заготовка, охлаждаясь от температуры $t_1 = 800$ °C до $t_2 = 0$ °C, растопила лед массой $m_{\text{л}} = 3$ кг, взятый при 0 °C. Какова масса m заготовки, если вся энергия, выделенная ею, пошла на плавление льда?

20.44. В калориметре находится вода массой 500 г при температуре 20 °C. Сколько пара, имеющего температуру 100 °C, нужно впустить в калориметр, чтобы повысить температуру до 40 °C?

20.45. До какой температуры нагреется вода объемом 0,8 л, находящаяся в медном калориметре массой 0,7 кг при температуре 12 °C, если ввести в калориметр 0,05 кг пара при температуре 100 °C?

20.46. Парциальное давление водяного пара в воздухе при температуре 20 °C равно 1,4 кПа. Какова относительная влажность воздуха?

20.47. Какова относительная влажность воздуха при температуре 6 °C, если парциальное давление водяного пара равно 620 Па?

20.48. Парциальное давление водяного пара равно 2,07 кПа. Какова температура воздуха, если относительная влажность равна 100 %?

20.49. Каково парциальное давление водяного пара в воздухе, если оба термометра психрометра показывают 19 °C?

Третий уровень

20.50. Почему в отапливаемых помещениях зимой относительная влажность воздуха меньше, чем на улице?

20.51. Поэт Д. Кедрин писал:

На окнах, сплошь заиндевелых,
 Февральский выписал мороз
 Сплетенье трав молочно-белых
 И серебристо-сонных роз.
 Пейзаж тропического лета
 Рисует стужа на окне.
 Зачем ей розы? Видно, это
 Зима тоскует о весне.



С какой стороны образуется зимой иней на оконных стеклах? Объясните процесс его образования.

20.52. Известно, что при медленном охлаждении очень чистой воды можно получить переохлажденную воду (например, при температуре -5 °C). Почему же вода не замерзает при 0 °C?

20.53. Почему капельки тумана могут оставаться жидкими и при сильном морозе?

20.54. В каком состоянии вещества плотность повышается с повышением температуры?

20.55. В калориметре находится вода массой $m_{\text{в}} = 1$ кг, температура которой $t_{\text{в}} = 30$ °C. В калориметр помещают лед при температуре $t_{\text{л}} = 0$ °C. При какой массе льда он весь растает?

20.56. В калориметр поместили 500 г мокрого снега. После того, как в калориметр долили 500 г кипятка и снег растаял, установилась температура 20 °C. Сколько воды содержал снег первоначально?

20.57. В калориметр со льдом массой 100 г и температурой 0 °C впущен пар при температуре 100 °C. Сколько воды окажется в калориметре непосредственно после того, как весь лед растает?

20.58. Космонавт на поверхности Луны открыл ампулу с водой. Что происходит с водой?

20.59. До какого значения надо понизить давление, чтобы вода кипела при температуре 90 °C? при температуре 50 °C?

20.60. При температуре 81 °C давление насыщенного водяного пара равно 50 кПа. Во сколько раз увеличится давление насыщенного пара при повышении температуры до 100 °C?

20.61. Какова плотность насыщенного водяного пара при температуре 100 °C?

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ

В янтаре содержится огненная и бестелесная сила, которая выходит из него скрытыми путями, если потереть поверхность янтара...

Плутарх

21. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЗАРЯДОВ

$$F = k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2} = \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

УСТНАЯ РАЗМИНКА

21.1. С помощью каких опытов можно проверить, обладает ли тело электрическим зарядом?

21.2. Мальчик скатился по пластмассовой горке. Объясните вид прически у мальчика после скатывания.



21.3. В любом теле — огромное число электронов. В капле воды, например, их примерно 10^{22} . Почему же тела, как правило, нейтральны?

21.4. Что имеет бóльшую массу: атом азота или положительный ион азота? атом натрия или отрицательный ион натрия?

21.5. Возможно ли в процессе электризации трением образование электрического заряда только одного знака?

21.6. Могут ли тела электризоваться при соприкосновении без трения?

21.7. При каком условии можно наэлектризовать латунную палочку?

21.8. Прикоснувшись положительно заряженной стеклянной палочкой к стальному шарик, мы передаем ему положительный заряд. Какие частицы и куда при этом перемещаются?

21.9. Перед перекачкой горючего из самолета-заправщика для повышения электропроводности горючего в него добавляют соединения хрома. Объясните, зачем это делают.

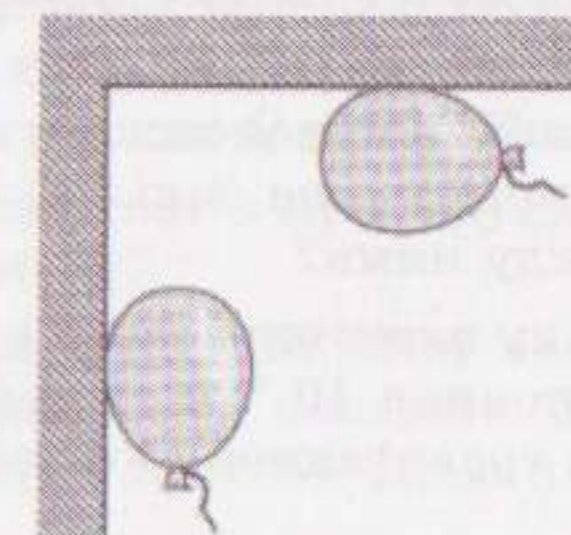


Первый уровень

21.10. Какова роль электрических взаимодействий в строении вещества?

21.11. Напишите маленькое сочинение о том, когда электризация тел вредна, а когда полезна.

21.12. Потрите надутый воздушный шарик о шерсть или мех. Почему шарик начинает прилипать к стене или потолку комнаты (см. рисунок)?



21.13. С какой силой взаимодействуют два точечных заряда 2 и 4 нКл, находящиеся на расстоянии 3 см?

21.14. Какова сила взаимодействия двух протонов на расстоянии $1,6 \cdot 10^{-14}$ м?

21.15. Два одинаковых заряда¹, расположенные на расстоянии 9 см, отталкиваются с силами 1 мН. Каковы модули зарядов?

21.16. Две маленькие капли, находящиеся на расстоянии 1 см друг от друга, отталкиваются с силой 0,9 мН. Заряд первой капли равен 5 нКл. Определите заряд второй капли.

¹ Под кратким термином «заряд» в ряде случаев подразумевается заряженное тело, размерами которого можно пренебречь.

21.17. На каком расстоянии друг от друга два точечных заряда по 4 нКл отталкиваются с силой 0,36 мН?

21.18. Два маленьких заряженных шарика притягиваются с силой 3 мН. Какой станет сила притяжения, если каждый из шариков потеряет половину своего заряда?

Второй уровень

21.19. Как электрическое поле «борется» с пылью?

21.20. Вам необходимо определить знак электрического заряда на изолированном проводнике, имея в своем распоряжении электроскоп, стеклянную палочку и шелк. Как это сделать, не изменив заряд проводника?

21.21. Электрический заряд, имеющийся на проводящем шарике, необходимо разделить на три равные части. Как это осуществить?

21.22. Заряды двух одинаковых маленьких металлических шариков равны $q_1 = -2$ нКл и $q_2 = +10$ нКл. Шарик привели в соприкосновение и развели на прежнее расстояние. Во сколько раз изменился модуль силы взаимодействия между ними?

21.23. Два одинаковых маленьких проводящих шарика, имеющие электрические заряды $1,8 \cdot 10^{-8}$ и $-2 \cdot 10^{-9}$ Кл, соприкоснулись. С какой силой они будут взаимодействовать, если их разместить на расстоянии 8 мм друг от друга?

21.24. Во сколько раз сила кулоновского отталкивания между электронами в электронном пучке больше, чем сила гравитационного притяжения между ними?

21.25. Определите силу электрического взаимодействия электрона и протона на расстоянии 10^{-10} м один от другого. Во сколько раз она больше силы гравитационного взаимодействия между ними?

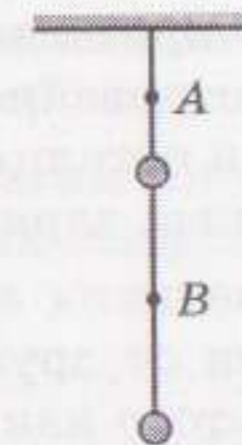
21.26. Два шара имеют массы по 10 г. Какие одинаковые заряды необходимо сообщить этим шарам, чтобы кулоновское отталкивание уравновесило гравитационное притяжение? Расстояние между шарами велико по сравнению с их радиусами.

21.27. Две пылинки находятся на расстоянии 10 см друг от друга. Какой будет сила взаимодействия между ними, если десять миллиардов электронов «перенести» с одной пылинки на другую?

21.28. Сколько электронов надо «перенести» с одной пылинки на другую, чтобы сила кулоновского притяжения между пылинками на расстоянии 1 см была равна 10 мкН?

21.29. На шелковой нити висят два разноименно заряженных шарика массой по 20 мг (см. рисунок). Модули зарядов шариков

равны 1,2 нКл, расстояние между шариками 1 см. Чему равны силы натяжения нитей в точках А и В?



21.30. Каким будет ответ в предыдущей задаче, если шарики заряжены одноименно?

21.31. Отрицательный заряд $q_1 = -0,2$ мкКл и положительный заряд $q_2 = 0,8$ мкКл расположены на расстоянии $a = 60$ см друг от друга. Где нужно разместить третий заряд Q , чтобы равнодействующая кулоновских сил, действующих на каждый из трех зарядов, равнялась нулю? Каким должен быть третий заряд?

21.32. Два положительных заряда 0,2 и 1,8 мкКл закреплены на расстоянии 60 см друг от друга. Где нужно разместить третий заряд, чтобы действующие на него кулоновские силы компенсировали друг друга?

21.33. Расстояние между двумя заряженными шариками $a = 12$ см. С какой силой F они действуют на заряд $q = +2$ нКл, удаленный на расстояние $r = 10$ см от каждого из них? Заряды шариков равны $+Q$ и $-Q$, где $Q = 50$ нКл.

21.34. Каким будет ответ в предыдущей задаче, если заряды обоих шариков равны $+Q$?

21.35. Четыре заряда по $+20$ нКл, попарно связанные нитями, расположены в вершинах квадрата. Какой заряд нужно поместить в центре квадрата, чтобы силы натяжения нитей уменьшились до нуля?

Третий уровень

21.36. Какой заряд приобрела бы при электризации капелька воды массой 1,8 мг, если бы ей передали один «лишний» электрон на каждую тысячу молекул?

21.37. С какой силой отталкивались бы две капельки (см. предыдущую задачу), находясь на расстоянии 1 м друг от друга?

21.38. Два одинаковых заряженных металлических шара находятся на небольшом расстоянии друг от друга. В каком из указанных ниже случаев модуль силы кулоновского взаимодействия между ними больше:

- а) заряды шаров $+q$; б) заряды шаров $+q$ и $-q$?

21.39. Могут ли притягиваться одноименно заряженные тела?

21.40. Расстояние между двумя одинаковыми дробинками равно 2 см. Сила электрического притяжения между ними 40 мкН. Дробинки приводят в соприкосновение и опять разводят на расстояние 2 см. Теперь дробинки отталкиваются с силой 22,5 мкН. Найдите модули первоначальных зарядов дробинки.

21.41. Два одинаковых маленьких заряженных шарика, находясь на расстоянии 40 см один от другого в вакууме, отталкиваются с силой 270 мкН. После того как их привели в соприкосновение и вновь удалили на прежнее расстояние, сила отталкивания между ними стала равна 360 мкН. Определите заряды на шариках до их соприкосновения.

21.42. Два маленьких проводящих тела получили вместе $5 \cdot 10^9$ избыточных электронов. Сколько избыточных электронов на каждом теле, если в вакууме на расстоянии 3 см они взаимодействуют с силой 1,2 мкН?

21.43. Два одинаковых проводящих шарика массой по 2 г подвешены на нитях длиной 1 м в одной точке. Какой суммарный заряд надо сообщить шарикам, чтобы угол между нитями увеличился до 90° ?

21.44. В простейшей модели атома водорода считается, что электрон движется вокруг неподвижного протона по окружности радиусом $5 \cdot 10^{-10}$ м. Какова в этой модели частота обращения электрона?

Лениво катит волны голубой электролит,
Звезда мигнула вспышкой сверхновой.
Разряд заката тянет, как магнит,
Как сила электрического поля.

Вера Зен

22. НАПРЯЖЕННОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ. ПРОВОДНИКИ И ДИЭЛЕКТРИКИ В ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОМ ПОЛЕ

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}, \quad \vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \dots + \vec{E}_n, \quad F = k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{\epsilon r^2}$$

УСТНАЯ РАЗМИНКА

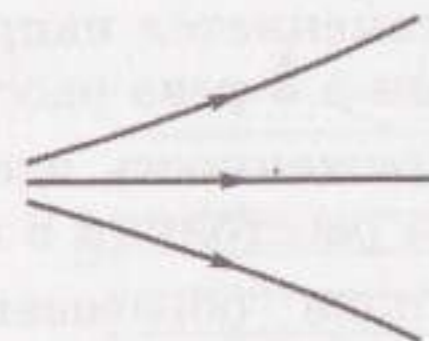
22.1. Каков физический смысл напряженности электрического поля?

22.2. Как направлена напряженность электрического поля положительного заряда — от заряда или к заряду?

22.3. Как направлена напряженность электрического поля отрицательного заряда — от заряда или к заряду?

22.4. Как можно определить на опыте направление напряженности электрического поля?

22.5. На рисунке показаны линии напряженности электрического поля. В каких точках модуль напряженности наибольший? наименьший?



22.6. В каком случае направление действующей на частицу кулоновской силы противоположно направлению вектора напряженности электрического поля?

22.7. Как можно защитить людей от вредного влияния внешних электрических полей?

22.8. Почему проводники для опытов по электростатике часто делают полыми?

22.9. Как зарядить два металлических шарика одинаковыми по модулю, но разными по знаку зарядами?

22.10. Почему незаряженные легкие кусочки бумаги притягиваются к заряженным телам независимо от знака их заряда?

22.11. Почему нейтральные металлические опилки притягиваются к заряженному телу?

22.12. Если поднести на нити заряженную гильзу из фольги к такой же незаряженной, то они сначала притянутся друг к другу, а после соприкосновения будут отталкиваться. Объясните явление.

22.13. Почему электрическое поле в диэлектрике слабее, чем в вакууме?

22.14. Почему продолговатые кусочки диэлектрика в электрическом поле устанавливаются вдоль линий его напряженности?

22.15. Заряженный прямоугольный лист фольги свернули в цилиндр. Как перераспределится заряд по поверхности фольги?

Первый уровень

22.16. На заряд 1 нКл в некоторой точке электрического поля действует сила 2 мкН. Какова напряженность поля в этой точке?

22.17. Напряженность электрического поля равна 5 кН/Кл. С какой силой электрическое поле действует на заряд 1 мкКл?

22.18. Заряд 2 нКл находится в электрическом поле напряженностью 2 кН/Кл . С какой силой поле действует на заряд?

22.19. Какой заряд должна иметь пылинка массой $0,1 \text{ мг}$, чтобы она «висела» в направленном вверх электростатическом поле напряженностью 1 кН/Кл ?

22.20. С каким ускорением движется протон в электрическом поле напряженностью 40 кН/Кл ?

22.21. Во сколько раз изменяется напряженность поля точечного заряда при увеличении в 3 раза расстояния до заряда?

22.22. Чему равна напряженность электростатического поля точечного заряда 40 нКл на расстоянии 8 и 16 см от заряда?

22.23. Электрическое поле образовано точечным зарядом 24 нКл . Определите, на каком расстоянии от него расположена точка, в которой напряженность поля равна 15 кН/Кл . С какой силой в этой точке действует поле на пробный заряд $1,8 \text{ нКл}$?

22.24. Точечный заряд 2 нКл находится в керосине. Какова напряженность поля этого заряда на расстоянии 1 см от него?

22.25. На каком расстоянии от заряда 10 нКл в машинном масле напряженность поля равна 10 кН/Кл ?

22.26. Два маленьких шарика с одинаковыми зарядами, находящиеся в воде на расстоянии 10 см один от другого, отталкиваются с силой 4 мкН . Найдите модуль заряда каждого из шариков.

Второй уровень

22.27. Шарик массой $0,2 \text{ г}$, подвешенный на нити, находится в горизонтальном электрическом поле напряженностью 8 кН/Кл . Какой угол образует нить с вертикалью, если заряд шарика 50 нКл ?

22.28. В горизонтальное электрическое поле внесли подвешенный на нити шарик массой 2 г , имеющий заряд $0,1 \text{ мкКл}$. Какова напряженность поля, если нить образует с вертикалью угол 45° ?

22.29. Маленький заряженный шарик поднесли к большому металлическому листу. Покажите примерный вид силовых линий электрического поля.

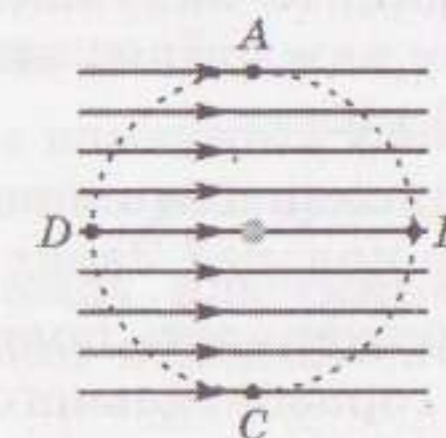
22.30. Нарисуйте силовые линии однородного электрического поля, в которое внесли диэлектрическую пластинку перпендикулярно силовым линиям.

22.31. В какой точке напряженность поля двух точечных зарядов 4 и 16 нКл равна нулю? Расстояние между зарядами равно 12 см .

22.32. Каким будет ответ в предыдущей задаче, если заряд 16 нКл заменить зарядом -16 нКл ?

22.33. В однородное поле напряженностью 10 кН/Кл , направленной вверх, внесли заряд 25 нКл . В какой точке напряженность поля станет равной нулю?

22.34. В однородное поле напряженностью 12 кН/Кл внесли точечный заряд $+2,5 \text{ нКл}$. Какой будет напряженность поля в точках A, B, C, D , находящихся на расстоянии 5 см от заряда (см. рисунок)?



22.35. В вершинах квадрата со стороной a расположены три положительных заряда $+q$ и отрицательный заряд $-q$. Найдите напряженность электрического поля в центре квадрата.

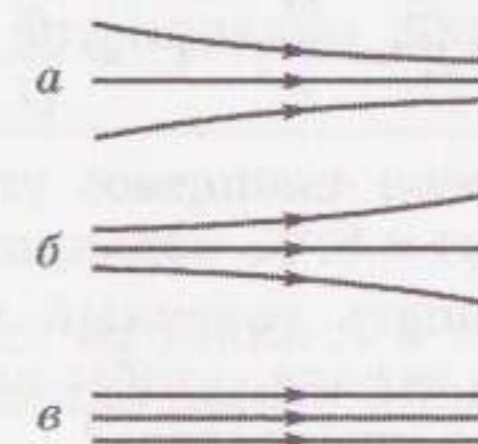
22.36. Найдите расстояние между двумя точечными зарядами, находящимися в машинном масле, если сила взаимодействия между ними такая же, как в вакууме на расстоянии 40 см .

22.37. Пылинка массой $2,5 \text{ мг}$ покоилась в однородном вертикальном электрическом поле напряженностью 100 кН/Кл . Пылинка потеряла 100 электронов. С каким ускорением начала двигаться пылинка?

Третий уровень

22.38. Зернышко риса притягивается к отрицательно заряженной эбонитовой палочке. Можно ли утверждать, что зернышко заряжено положительно? Обоснуйте свой ответ.

22.39. На рисунке показаны картины силовых линий трех электрических полей $a, б, в$. Как будет вести себя незаряженный шарик, помещенный в каждое из этих полей? Имеет ли значение, из проводника или диэлектрика изготовлен шарик?



22.40. В однородное электрическое поле внесли металлический шар. Покажите примерный вид силовых линий поля вблизи шара.

22.41. Два маленьких шарика расположены на расстоянии 8 см один от другого. Найдите напряженность электрического поля в точке, удаленной от каждого из них на 5 см, если заряды шариков +20 и -20 нКл.

22.42. Два маленьких шарика расположены на расстоянии 8 см один от другого. Найдите напряженность электрического поля в точке, удаленной от каждого из них на 5 см, если заряды обоих шариков равны +20 нКл.

22.43. Чему равна напряженность поля в центре равномерно заряженного проволочного кольца? Заряд кольца Q , радиус R .

22.44. Чему равна напряженность поля в точке, находящейся на высоте h над центром горизонтального равномерно заряженного проволочного кольца? Заряд кольца Q , радиус R .

22.45. Два одинаковых заряженных шарика, подвешенных в одной точке на нитях равной длины, разошлись в воздухе на некоторый угол. Какова должна быть плотность ρ шариков, чтобы при погружении их в машинное масло этот угол не изменился?

22.46. Пучок электронов, разогнанных до скорости 10 000 км/с, влетает в плоский конденсатор посередине между пластинами и параллельно им. Длина конденсатора 10 см, расстояние между пластинами 1 см. На каком расстоянии от положительно заряженной пластины электроны вылетают из конденсатора? Напряженность электрического поля в конденсаторе равна 200 Н/Кл.

Настанет время, когда электричество будет доставляться по проводам, как вода по трубам, во все дома из особых фабрик электричества.

П. Н. Яблочков

23. ПОТЕНЦИАЛ И РАЗНОСТЬ ПОТЕНЦИАЛОВ. ЭЛЕКТРОЕМКОСТЬ. ЭНЕРГИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

$$A = q(\varphi_1 - \varphi_2) = qU, \quad E = \frac{U}{d}, \quad C = \frac{q}{U} = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}, \quad W = \frac{q^2}{2C}$$

УСТНАЯ РАЗМИНКА

23.1. Как надо перемещать точечный заряд в поле другого (неподвижного) точечного заряда, чтобы потенциальная энергия взаимодействия зарядов не изменялась?

23.2. Во время грозы разность потенциалов между облаком и землей может достигнуть 10^9 В. Каков физический смысл этой величины?

23.3. Когда конденсатор подключили к источнику постоянного напряжения, одна из его обкладок приобрела заряд 20 нКл. Чему равен суммарный заряд обеих обкладок?

23.4. Как зависит электроемкость плоского конденсатора от его геометрических размеров?

23.5. Во сколько раз изменится электроемкость плоского конденсатора, если уменьшить рабочую площадь пластин в 3 раза?

23.6. Расстояние между пластинами плоского конденсатора уменьшили в 2 раза. Как изменилась электроемкость конденсатора?

23.7. Как изменится электроемкость воздушного конденсатора, если между его пластинами поместить диэлектрик?

23.8. Как изменится электроемкость плоского конденсатора, если в качестве диэлектрика между пластинами вместо бумаги, пропитанной парафином, использовать слюду такой же толщины?

23.9. С помощью какого опыта можно убедиться, что заряженный конденсатор обладает энергией?

23.10. Какую опасность представляют обесточенные цепи с имеющимися в них конденсаторами? Что необходимо предпринять после размыкания такой цепи?

Первый уровень

23.11. Потенциальная энергия заряда 1 нКл в электрическом поле 5 мкДж. Чему равен потенциал поля в этой точке?

23.12. Определите потенциал точки, если потенциальная энергия заряда 5 нКл в этой точке равна 8 мкДж.

23.13. В точке поля с потенциалом 300 В заряженное тело имеет потенциальную энергию -0,6 мкДж. Каков его заряд?

23.14. Какую работу совершает поле при перемещении заряда 2 нКл из точки с потенциалом 200 В в точку с потенциалом 50 В?

23.15. Какую работу совершает поле при перемещении заряда 4 нКл из точки с потенциалом 20 В в точку с потенциалом 220 В?

23.16. При переносе из точки A в точку B заряда 5 нКл электрическое поле совершило работу 10 мкДж. Какова разность потенциалов между точками A и B ?

23.17. При переносе из точки A в точку B заряда 4 мкКл потребовалось совершить работу 40 мДж против кулоновских сил. Какова разность потенциалов между точками A и B ?

23.18. Электрические потенциалы двух изолированных проводников, находящихся в воздухе, равны 50 и -50 В . Какую работу совершит электрическое поле этих двух зарядов при переносе заряда $0,8 \text{ мКл}$ с одного проводника на другой?

23.19. Докажите, что $1 \text{ Н/Кл} = 1 \text{ В/м}$.

23.20. В однородном электрическом поле две точки лежат на одной силовой линии. Расстояние между точками 10 см . Каково напряжение между ними, если напряженность поля 150 кВ/м ?

23.21. Заряд -20 нКл переместили на 5 см в однородном электрическом поле напряженностью 10 кВ/м в направлении силовой линии. Какую работу совершило поле? На сколько изменилась потенциальная энергия заряда?

23.22. Для измерения энергии микрочастиц применяют внесистемную единицу — электрон-вольт (эВ). Такую энергию приобретает электрон, пройдя разность потенциалов 1 В . Какую кинетическую энергию приобрел электрон, пройдя ускоряющую разность потенциалов 2 кВ ? Выразите ответ в электрон-вольтах и джоулях.

23.23. Какова емкость конденсатора, заряд которого равен 20 мКл при разности потенциалов между обкладками 2 кВ ?

23.24. Какой заряд нужно сообщить конденсатору емкостью 1 мкФ , чтобы разность потенциалов между его пластинами была 50 В ?

23.25. Какова разность потенциалов между обкладками конденсатора емкостью 2000 пФ , если заряд конденсатора 4 нКл ?

23.26. Площадь пластин слюдяного конденсатора 15 см^2 , а расстояние между ними $0,2 \text{ мм}$. Какова емкость конденсатора?

23.27. Плоский конденсатор представляет собой слюдяную пластинку толщиной $0,14 \text{ см}$ и площадью 36 см^2 , на противоположные грани которой нанесены слои металла. Чему равна емкость конденсатора? Каков заряд конденсатора, если напряжение на нем 300 В ?

23.28. Какова энергия электрического поля конденсатора емкостью 2 мкФ , заряженного до напряжения 200 В ?

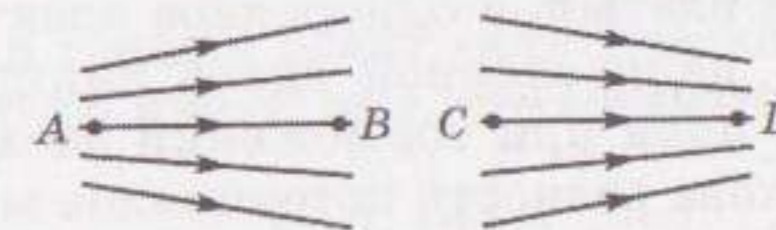
23.29. Какова энергия электрического поля конденсатора емкостью $0,5 \text{ мкФ}$, если заряд конденсатора 10 мкКл ?

Второй уровень

23.30. На рисунке изображена картина силовых линий электрического поля. Сравните потенциалы точек 1 и 2 . Положительную или отрицательную работу совершает электрическое поле при перемещении электрона из точки 1 в точку 2 ?



23.31. Сравните потенциал и напряженность электрического поля в точках A и B , C и D (см. рисунок).



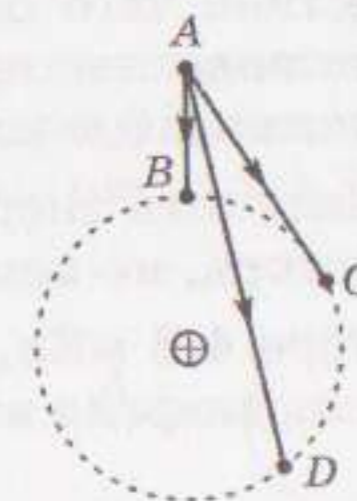
23.32. На рисунке изображены эквипотенциальные поверхности электрического поля. Нарисуйте силовые линии этого поля. Рассмотрите два случая:

а) $\varphi_1 > \varphi_2 > \varphi_3$;

б) $\varphi_1 < \varphi_2 < \varphi_3$.



23.33. В электрическом поле положительного точечного заряда из точки A поочередно перемещают заряд в точки B , C и D (см. рисунок). Сравните работу кулоновских сил при этих перемещениях.



23.34. Как изменяется энергия электрического поля, создаваемого разноименно заряженными телами, при их сближении? при их удалении друг от друга?

23.35. При какой скорости электрона его кинетическая энергия равна 1 эВ? 1 кэВ?

23.36. Электрон переместился в электрическом поле в точку, потенциал которой на 200 В выше потенциала начальной точки. Какую скорость приобрел электрон, если его начальная скорость равна нулю?

23.37. Скорость электрона уменьшилась от 10 000 км/с до нуля. Какую разность потенциалов прошел электрон?

23.38. При движении в электрическом поле скорость электрона увеличилась с 1000 до 5000 км/с. Какую разность потенциалов прошел электрон?

23.39. Электрон влетает в однородное электрическое поле со скоростью 1 км/с, направленной вдоль линии напряженности. Определите работу поля при торможении электрона до его полной остановки. Какова разность потенциалов между начальной и конечной точками?

23.40. Электрон движется по направлению линии напряженности однородного поля, напряженность которого 1,2 В/см. Какое расстояние он пролетит в вакууме до полной остановки, если его начальная скорость 1000 км/с?

23.41. При радиоактивном распаде урана вылетают α -частицы со скоростью примерно 20 000 км/с. Какую разность потенциалов необходимо создать, чтобы разогнать неподвижную α -частицу до такой скорости? Масса α -частицы $6,64 \cdot 10^{-27}$ кг, ее заряд равен двум элементарным зарядам.

23.42. В кинескопах цветных телевизоров электроны проходят ускоряющую разность потенциалов 35 кВ. С какой скоростью электроны подлетают к экрану кинескопа?

23.43. Как можно изменить потенциал проводящего шара, не касаясь его и не изменяя его заряда?

23.44. Конденсатор емкостью 0,05 мкФ соединили с источником тока, вследствие чего он получил заряд 50 нКл. Определите напряженность поля между пластинами конденсатора, если расстояние между ними 0,5 мм.

23.45. Возможно ли увеличить энергию заряженного школьного раздвижного конденсатора, не изменяя его заряда?

23.46. Заряд конденсатора 4,8 мКл, разность потенциалов на обкладках 600 В. Чему равна энергия электрического поля в конденсаторе?

23.47. Определите емкость конденсатора, если при разности потенциалов на обкладках 1000 В энергия его электрического поля равна 10 Дж.

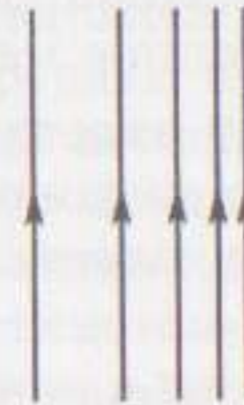
23.48. Энергия вспышки импульсной лампы, которую применяют при фотографировании, составляет 36 Дж. До какого напряжения заряжают питающей лампу конденсатор емкостью 800 мкФ?

23.49. Энергия заряженного конденсатора емкостью 400 мкФ равна 200 Дж. Определите разность потенциалов между его обкладками.

23.50. Одинаковая ли энергия потребуется для зарядки конденсатора от 0 до 10 В и от 10 до 20 В?

Третий уровень

23.51. Можно ли создать электростатическое поле, линии напряженности которого имеют вид, показанный на рисунке?



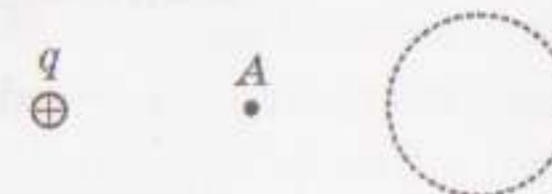
23.52. Чему равен потенциал ϕ поля точечного заряда $Q = 20$ нКл на расстоянии $r = 5$ см от заряда?

23.53. Металлическому шару радиусом 2 см передан заряд 40 нКл. Каков потенциал поверхности шара? центра шара?

23.54. Сравните потенциалы двух уединенных металлических шаров разного диаметра, имеющих одинаковые положительные заряды.

23.55. Четыре заряда по 40 нКл расположены в вершинах квадрата со стороной 4 см. Каков потенциал поля в центре квадрата?

23.56. Электрическое поле создается положительным точечным зарядом. Увеличатся или уменьшатся напряженность и потенциал поля в точке А (см. рисунок), если справа от нее поместить незаряженный шар?



23.57. Чему равны напряженность и потенциал поля в центре равномерно заряженного проволочного кольца? Заряд кольца Q , радиус R .

23.58. Плоский конденсатор подключен к источнику постоянного напряжения. Как изменятся заряд конденсатора, разность потенциалов между обкладками и напряженность поля внутри конденсатора, если расстояние между обкладками увеличить в 2 раза?

23.59. Заряженный конденсатор отключен от источника напряжения. Как изменятся заряд конденсатора, разность потенциалов между обкладками и напряженность поля внутри конденсатора, если расстояние между обкладками увеличить в 2 раза?

23.60. Плоский воздушный конденсатор зарядили и отключили от источника напряжения. Во сколько раз изменятся заряд и напряжение на обкладках конденсатора, если пространство между обкладками заполнить парафином?

23.61. Разность потенциалов между пластинами плоского воздушного конденсатора 150 В. Площадь каждой пластины 120 см^2 , а заряд 5 нКл. Каково расстояние между пластинами?

23.62. Расстояние между пластинами плоского воздушного квадратного конденсатора со стороной 10 см равно 1 мм. Какова разность потенциалов между пластинами, если заряд конденсатора 1 нКл?

23.63. Какой заряд был сообщен плоскому конденсатору емкостью 20 пФ, если напряженность поля между пластинами 50 кВ/м, а расстояние между пластинами 5 мм?

23.64. Пластины плоского конденсатора изолированы друг от друга слоем диэлектрика. Конденсатор заряжен до разности потенциалов 1 кВ и отключен от источника. Определите диэлектрическую проницаемость диэлектрика, если при его удалении разность потенциалов между пластинами конденсатора возрастает до 3 кВ.

23.65. Диэлектриком в плоском конденсаторе служит пластинка слюды площадью 800 см^2 и толщиной 4 мм. Конденсатор подключен к источнику постоянного напряжения 400 В. Какой заряд пройдет по цепи, если пластинку вытащить?

23.66. Площадь пластин плоского конденсатора равна 200 см^2 , а расстояние между ними 8 мм. Определите энергию электрического поля конденсатора, если ему сообщили заряд 5 нКл и погрузили в машинное масло.

Не боги горшки обжигают.

Русская поговорка

НЕСКОЛЬКО ИНТЕРЕСНЫХ ЗАДАЧ С РЕШЕНИЯМИ

Четыре черепахи находятся в углах квадрата со стороной b и начинают двигаться одновременно с одинаковой и постоянной по модулю скоростью v . При этом первая черепаха все время держит курс на вторую, вторая — на третью, третья — на четвертую, четвертая — на первую. Через какое время t черепахи встретятся? Какой путь l пройдет каждая из них до встречи?

Решение. Почти каждый, кто начинает решать эту задачу, пытается сначала найти траектории движения черепах. Но это не так просто — ведь направление движения каждой черепахи непрерывно изменяется: оно зависит от положения другой черепахи, которое в свою очередь зависит от положения третьей и т. д. Поэтому попробуем решить задачу, не находя траекторий движения черепах.

Что можно сказать о положениях черепах в любой момент времени? Очевидно, что черепахи будут все время находиться в вершинах квадрата, который постепенно уменьшается и поворачивается, причем центр этого квадрата в любой момент времени совпадает с центром O исходного квадрата. Черепахи встретятся в точке O , когда квадрат «стянется» в эту точку.

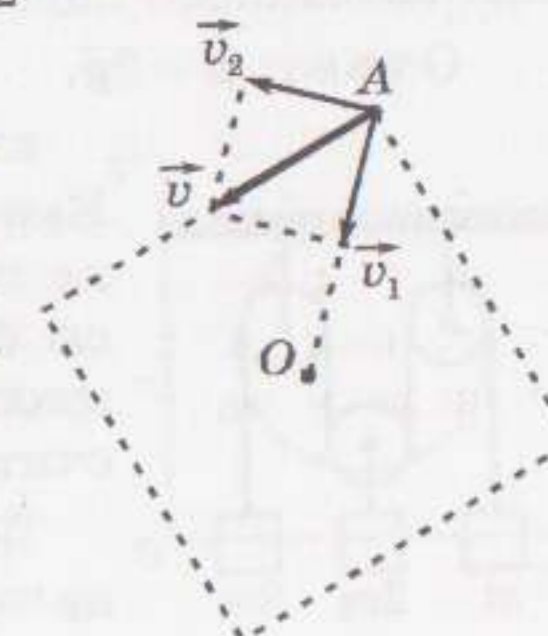
Итак, место встречи черепах изменить нельзя: оно определено симметрией задачи. Найдем время встречи черепах. Рассмотрим для этого скорость \vec{v} черепахи, находящейся в вершине A квадрата (см. рисунок) в произвольный момент времени. Она направлена под углом 45° к отрезку OA .

Для нахождения времени движения черепах до встречи нам нужно знать только составляющую скорости \vec{v}_1 , направленную вдоль отрезка OA , потому что она определяет скорость уменьшения длины этого отрезка (составляющая \vec{v}_2 определяет скорость поворота этого отрезка). Поскольку $v_1 = \frac{v}{\sqrt{2}}$, длина отрезка OA

уменьшится до нуля за время $t = \frac{b/\sqrt{2}}{v/\sqrt{2}} = \frac{b}{v}$.

Пройденный за это время путь $l = vt = b$. Обратите внимание: мы нашли длину траектории движения черепахи, хотя форма траектории осталась неизвестной!

Ответ: $t = \frac{b}{v}$; $l = b$.



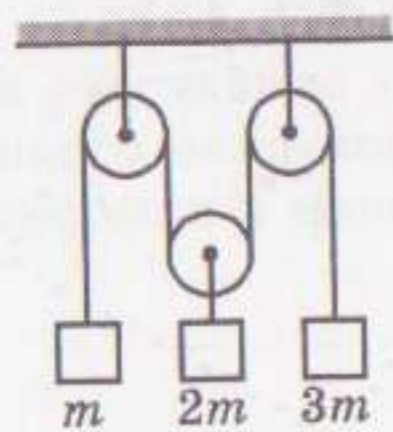
Шарик, падающий с очень большой высоты, упруго отскакивает от горизонтальной металлической плиты. Найдите ускорение \vec{a} шарика сразу после удара. При решении задачи следует учитывать сопротивление воздуха.

Решение. Если бы не надо было учитывать сопротивление воздуха, ответ был бы очевиден: после удара (как и до удара) на шарик действовала бы только сила тяжести, поэтому шарик двигался бы с ускорением свободного падения \vec{g} . Как же учесть силу сопротивления воздуха? Ведь каких-либо «готовых» формул для этой силы в школьном курсе физики нет. Но кое-что мы о ней все-таки знаем: она направлена противоположно скорости тела, а ее модуль зависит от модуля скорости, причем модуль силы сопротивления воздуха увеличивается с увеличением скорости. Сейчас мы покажем, что этого достаточно для решения задачи. Почему в условии сказано об «очень большой» высоте, с которой падает шарик? Дело в том, что скорость тела при падении увеличивается только до тех пор, пока сила сопротивления воздуха не станет равной по модулю силе тяжести, после чего тело движется равномерно, так как сила сопротивления воздуха будет уравновешивать силу тяжести. Например, так падают капли дождя — если бы не сила сопротивления воздуха, они разогнались бы силой тяжести до скорости пули и их удары были бы опасны.

Итак, перед ударом шарика о плиту на него действует сила сопротивления воздуха $\vec{F}_1 = -m\vec{g}$. Что же изменяется после удара? Согласно условию удар упругий, поэтому модуль скорости шарика не изменился, но направление скорости изменилось на противоположное. Следовательно, сила сопротивления воздуха тоже осталась такой же по модулю, а направление ее изменилось на противоположное: при подъеме шарика после удара сила сопротивления воздуха направлена так же, как и сила тяжести, — вниз. После удара сила сопротивления воздуха $\vec{F}_2 = m\vec{g}$.

Согласно второму закону Ньютона $m\vec{a} = \vec{F}_2 + m\vec{g} = 2m\vec{g}$. Отсюда получаем $\vec{a} = 2\vec{g}$. Это означает, что непосредственно после удара шарик движется с ускорением, которое вдвое превышает ускорение свободного падения.

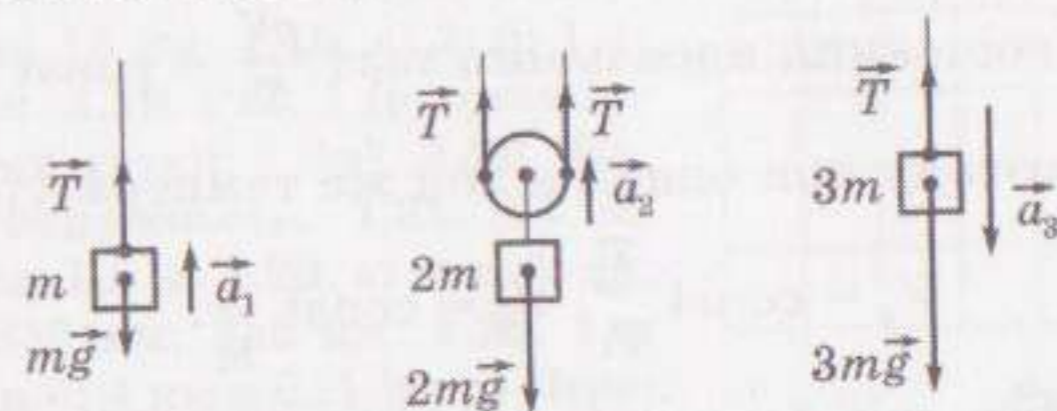
Ответ: $\vec{a} = 2\vec{g}$.



Каковы ускорения грузов показанной на рисунке системы? Участки нити, не соприкасающиеся с блоками, вертикальны; трением, а также массами нити и блоков можно пренебречь. Нить считайте нерастяжимой.

Решение. На рисунке показаны действующие на грузы силы и направления ускорений грузов.

В отсутствие трения и когда массами нитей и блоков можно пренебречь, сила T натяжения нити на всех ее участках одинакова.



Уравнения движения в проекции на направленную вертикально вниз ось имеют вид:

$$-ma_1 = mg - T; \quad -2ma_2 = 2mg - 2T; \quad 3ma_3 = 3mg - T.$$

Из первых двух уравнений следует, что $a_1 = a_2$. Поэтому у нас остается система двух линейных уравнений с тремя неизвестными: a_1 , a_3 и T . Этого недостаточно для нахождения всех неизвестных — нужно третье уравнение!

Чтобы написать это уравнение, надо учесть нерастяжимость нити, т. е. тот факт, что длина нити остается неизменной. Пусть, например, мы удерживали нашу систему в равновесии, а затем в некоторый момент времени отпустили. За время t правый вертикальный участок нити удлинится на $\frac{a_3 t^2}{2}$, а каждый из трех других вертикальных участков нити укоротится на $\frac{a_1 t^2}{2}$ (напомним, что левый и средний грузы движутся с одинаковым ускорением). Поскольку общая длина нити остается неизменной, получаем условие $\frac{a_3 t^2}{2} = 3 \frac{a_1 t^2}{2}$, откуда $a_3 = 3a_1$. Подставив это выражение для a_3 в третье уравнение системы, получим: $9ma_1 = 3mg - T$.

Вычитая из этого уравнения первое уравнение системы, получаем

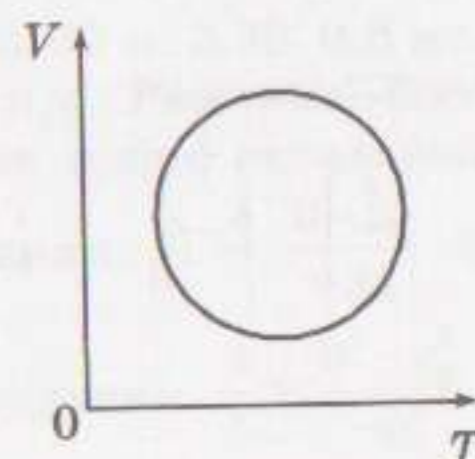
$$10ma_1 = 2mg,$$

откуда $a_1 = \frac{g}{5}$. Следовательно, $a_2 = \frac{g}{5}$, $a_3 = \frac{3g}{5}$.

Ответ: $a_1 = \frac{g}{5}$; $a_2 = \frac{g}{5}$; $a_3 = \frac{3g}{5}$.

На рисунке показан график зависимости объема V некоторой массы идеального газа от абсолютной температуры T при циклическом процессе. Укажите на графике точки, соответствующие наибольшему и наименьшему давлению газа.

Решение. Построим в координатах $V - T$ две изобары (1 и 2) для одной и той же массы

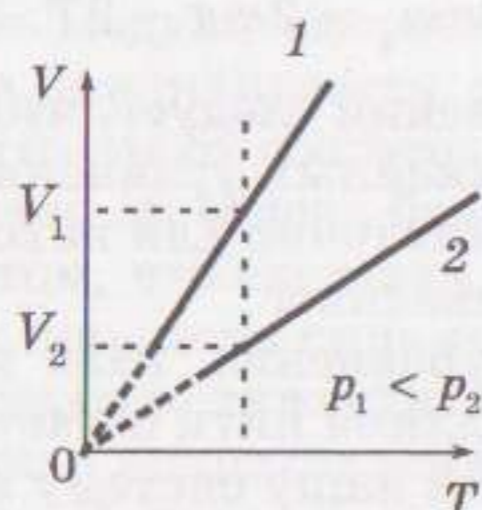


газа, соответствующие давлениям p_1 и p_2 . Какая изобара лежит выше — соответствующая большему давлению или меньшему?

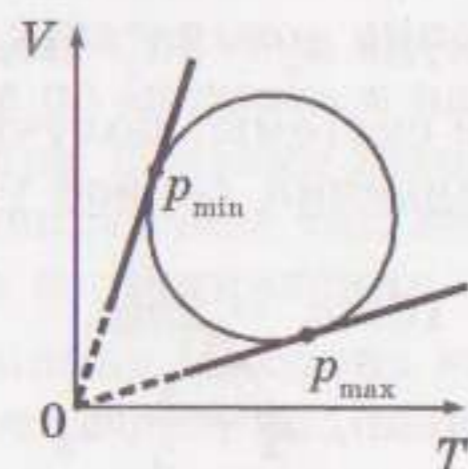
Из уравнения состояния идеального газа $\frac{pV}{T} = \text{const}$ следует, что $V = \text{const} \frac{T}{p}$, поэтому при одной и той же температуре

$$V_1 = \text{const} \frac{T}{p_1}, V_2 = \text{const} \frac{T}{p_2}.$$

Отсюда видно, что большему объему соответствует меньшее давление. Следовательно, выше лежит та изобара, которая соответствует меньшему давлению (см. рисунок).



Поэтому наименьшему давлению соответствует точка графика, лежащая на самой верхней из возможных изобар. А таковой, очевидно, является изобара, касающаяся данного графика (см. рисунок). Аналогично получаем точку графика, соответствующую наибольшему давлению.



ОТВЕТЫ, УКАЗАНИЯ, РЕШЕНИЯ

1.14. 45 км; 15 км. 1.15. а) 2; б) 1,4; в) 3,5. 1.18. 2 м. 1.19. Рис. 1 (расстояние между линиями сетки 5 см). 1.20. Например, полуокружность. 1.21. 14 м; 6 м. 1.22. 4,5 м; 1,5 м. 1.23. а) нет; б) да; в) нет. 1.24. 350 км; 250 км. 1.25. 1 и 0,71 км; 2 км и 0; 4 км и 0. 1.26. а) Перемещения всех точек колеса практически одинаковы; б) минимальный путь (60 км) прошли точки, лежащие на оси колеса, а максимальный — точки на ободе колеса. 1.27. Если одно из тел изменяло направление движения на противоположное, то оно прошло больший путь. 1.28. Движение любой точки корпуса автомобиля, едущего по прямой дороге, в системах отсчета «Земля» и «Колесо».

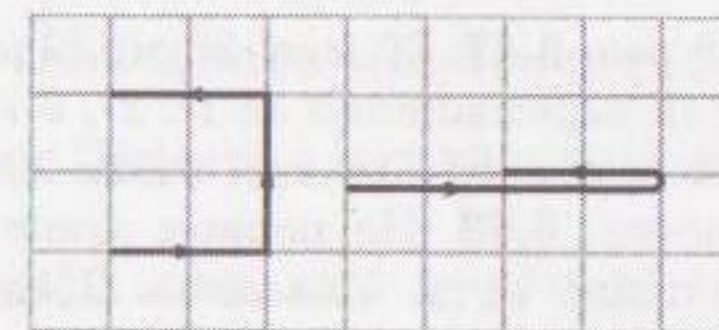


Рис. 1

2.13. 18 с. 2.14. а) 80 км/ч; б), в) 30 км/ч. 2.15. 75 км/ч. 2.16. 2 км/ч. 2.17. 5 км и 5 км; 10 км и 0. 2.18. 2 км/ч. 2.19. 7 км/ч. 2.20. За 2 ч 40 мин. 2.21. 26 км/ч. 2.22. 800 км/ч. 2.23. В 3 раза. 2.24. 6 ч. 2.25. В 2,4 раза. 2.26. В озере. **Решение.** Движение туда и обратно по озеру займет время

$$t_1 = \frac{2s}{v}, \text{ а движение туда и обратно по реке — время } t_2 = \frac{s}{v+u} + \frac{s}{v-u} = \frac{2sv}{v^2 - u^2},$$

где s — расстояние, v — скорость лодки относительно воды, u — скорость течения. Отношение $\frac{t_2}{t_1} = \frac{v^2}{v^2 - u^2}$ больше единицы, т. е. для движения по реке времени потребуется больше. Полученный вывод особенно нагляден, когда скорость v лишь ненамного превышает скорость u : в этом случае движение против течения будет очень медленным и займет много времени. 2.27. 0,5 м. 2.28. 40 км/ч.

3.9. 0,5 м/с². 3.16. 50 м. 3.17. 80 м. 3.19. 20 с. 3.20. 3 с. 3.21. 0,6 с. 3.22. 5 с; 10 с. 3.24. Оба ускорения направлены на север. 3.27. 20 м/с. 3.28. 6 м. 3.29. Через 5 с. 3.30. 40 км/ч. 3.31. 5 м, 7 м. 3.33. **Решение.** Формула $x = 10 + 4t + 2t^2$ является частным случаем общей формулы

$x = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$. Следовательно, эта формула описывает прямолинейное равноускоренное движение. Сопоставление частной и общей формул показывает, что начальная координата $x_0 = 10$ м, проекция начальной скорости $v_{0x} = 4$ м/с, а проекция ускорения $a_x = 4$ м/с². 3.36. $v_{1x} = 20 - 4t$, $x_1 = 20t - 2t^2$; $v_{2x} = 5t$, $x_2 = 2,5t^2$. 3.37. 40 м/с; 4 с. 3.38. 30 м. 3.39. 0,8 мс. 3.40. 5 см/с². 3.41. 12 м/с. 3.42. 1,5 м/с². 3.43. 52 м/с. **Решение.** Воспользуемся формулами, связывающими перемещение тела с начальной

и конечной скоростью при равноускоренном движении: $L = \frac{0 - v_0^2}{-2a}$ и $s = \frac{v^2 - v_0^2}{-2a}$. Разделив вторую формулу на первую, получим $\frac{s}{L} = \frac{v^2 - v_0^2}{-v_0^2}$,

откуда $v = v_0 \sqrt{1 - \frac{s}{L}}$. 3.44. 20, 60 и 100 м. 3.45. 5 м; 35 м. 3.46. В 3 раза; в 9 раз. 3.47. 20 м/с; 20 м; 20 м/с. 3.48. 11 м. 3.49. Ноль. **Указание.** Модули перемещений за 1-, 2-, 3-ю секунды относятся как 1 : 3 : 5. 3.50. На 4,1 м/с. 3.51. 10,5 с. 3.52. Изменяется на противоположное; не изменяется. 3.53. На первом этапе. 3.54. 2 м/с². 3.55. Поезд прошел вдвое больший путь. **Указание.** Средняя скорость движения отцепленного вагона равна половине его начальной скорости. 3.56. **Решение.** Формула $x = -4 + 2t - t^2$ описывает прямолинейное равноускоренное движение, для которого $x_0 = -4$ м, $v_{0x} = 2$ м/с, $a_x = -2$ м/с² (см. задачу 3.33). Запишем проекции скорости и перемещения такого движения согласно общим формулам прямолинейного равноускоренного движения: $v_x(t) = 2 - 2t$, $s_x(t) = 2t - t^2$. График зависимости $v_x(t)$ представляет собой прямую, а график зависимости $s_x(t)$ — параболу. График $l(t)$ зависимости пути от времени на начальном участке совпадает с графиком $s_x(t)$. Но когда проекция перемещения начинает уменьшаться, путь продолжает увеличиваться. Поэтому чтобы получить из графика $s_x(t)$ график $l(t)$, надо «отразить» убывающий участок графика вверх (рис. 2).

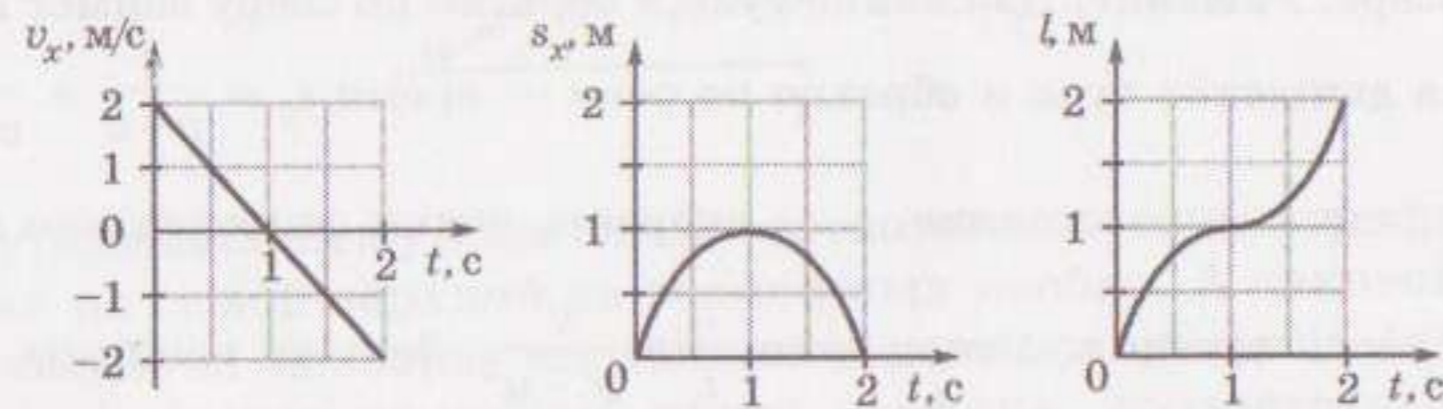


Рис. 2

3.59. 4,5 м. 3.60. 3,5 с. **Решение.** Воспользуемся формулой $s = v_0 t + \frac{gt^2}{2}$ для перемещения падающего тела за последнюю секунду ($t = 1$ с). Найдем скорость тела к началу последней секунды падения: $v_0 = \frac{s}{t} - \frac{gt}{2}$. Эту скорость тело приобрело, падая без начальной скорости в течение некоторого времени t_1 , которое легко найти: $t_1 = \frac{v_0}{g} = \frac{s}{gt} - \frac{t}{2}$. Полное время падения $t_{\text{общ}} = t_1 + t = \frac{s}{gt} + \frac{t}{2}$. 3.61. 42 м; 2,9 с.

4.15. 0,2 м/с². 4.16. 0,8 м/с². 4.17. 4,5 м/с². 4.18. Нельзя, поскольку изменяется направление ускорения. 4.19. В случаях а, б время падения одинаково, в случае в время падения больше. 4.20. 20 м; 24 м. 4.21. 3 с; 30 м; 54 м. 4.22. 20 м. 4.23. 20 м/с. 4.24. В 100 раз. 4.25. В 72 раза. 4.26. 1,9 м/с; 1,2 м/с². 4.27. 6 мм/с². 4.28. 7 км/с; 9 м/с². 4.29. 0,4 с⁻¹. 4.30. 35 м. 4.31. 94 м. 4.32. 25 м/с. **Решение.** Вертикальную составляющую начальной скорости мяча можно найти из формулы $H = \frac{v_{0y}^2}{2g}$, а время полета равно удвоенно-

му времени падения с высоты H : $t = 2\sqrt{\frac{2H}{g}}$. Поскольку горизонтальная составляющая скорости на протяжении всего полета остается неизменной, $v_{0x} = \frac{L}{t} = \frac{L}{2}\sqrt{\frac{g}{2H}}$. Согласно теореме Пифагора модуль начальной скорости $v_0 = \sqrt{v_{0x}^2 + v_{0y}^2} = \sqrt{\frac{g}{8H}(L^2 + 16H^2)}$. 4.33. 19,2 м; 37°; 20,5 м. 4.34. 26 м/с; 34°. 4.35. На 9,6 см. 4.36. Кольца не являются сплошными, они состоят из множества отдельных тел. 4.37. 15 км. 4.38. 0,32 с⁻¹. 4.39. 230 м/с; 1,7 см/с². 4.40. $5,6 \cdot 10^{-4}$ с⁻¹. 4.41. а) $a_2 > a_1$; б) $a_1 > a_2$.

5.20. От 10 до 50 Н. 5.25. На первый. 5.26. 150 Н. 5.27. а) 3,5 м/с²; б) 0,5 м/с²; в) 2,5 м/с². 5.28. а) 0,8 м/с²; б) 1 м/с². 5.29. Во всех случаях — одинаково. 5.32. **Решение.** а) Равнодействующая двух равных по модулю и противоположно направленных сил равна нулю; б) если один конец каната привязать к столбу, а другой тянуть силой 400 Н, то согласно третьему закону Ньютона дерево также будет действовать на канат с силой 400 Н. Таким образом, на канат будут действовать такие же силы, какие прикладывали два соперника; следовательно, разорвать канат может и один человек. 5.33. На космонавта не действуют силы сопротивления движению, он продолжает двигаться со скоростью космической станции. 5.34. Ускорение тела направлено в сторону действующей на него силы. Но направление скорости не обязательно совпадает с направлением ускорения (эти направления противоположны при движении подброшенного вверх тела, образуют прямой угол при равномерном движении по окружности). 5.35. В одной плоскости; углы между силами по 120°. 5.36. В инертности наковальни. 5.38. 375 Н. 5.39. 15 Н. 5.40. 2,8 кН. 5.41. **Решение 1.** Уровень воды в стакане поднимется. Следовательно, увеличится давление воды на дно и сила давления стакана на чашку весов. Равновесие нарушится. **Решение 2.** Со стороны воды на палец действует направленная вверх архимедова сила. Согласно третьему закону Ньютона со стороны пальца на воду действует сила, направленная вниз. Сила давления стакана на чашку весов увеличится, равновесие весов нарушится.

6.10. $1,7 \cdot 10^{-9}$ Н. 6.11. 2,7 мкН. 6.12. 0,43 мкН. 6.13. 15 Н. 6.15. 22 000 км. 6.16. В 9 раз. 6.17. 2,7 мм/с². 6.18. В 180 раз. 6.19. К Солнцу, в 2,2 раза. 6.20. В 1600 раз. 6.21. 3700 км. **Решение.** Как следует из второго закона Ньютона и закона всемирного тяготения, $mg = G \frac{M_s m}{R_s^2}$ (m —

масса тела, находящегося на поверхности Земли). Отсюда $g = G \frac{M_s}{R_s^2}$.

Аналогично получаем $g = G \frac{M_n}{R_n^2}$, откуда $R_n = R_s \sqrt{\frac{M_n}{M_s}}$. 6.22. 31 м/с².

6.23. 1300 км/с². 6.24. 1,6 м/с². 6.25. 120 000 т. 6.26. Да. Такой спутник должен находиться на достаточно высокой орбите, чтобы скорость его движения не уменьшалась из-за трения в верхних слоях атмосферы.

6.27. 10 м/с^2 . 6.28. 7 км/с ; 7600 с . **Решение.** При движении по круговой орбите центростремительное ускорение $a = \frac{v^2}{R_3 + h}$ спутнику сообщает сила

тяготения со стороны Земли: $F = G \frac{M_3 m}{(R_3 + h)^2}$. Согласно второму закону

Ньютона $F = ma$. Используя эти формулы, получаем $G \frac{M_3 m}{(R_3 + h)^2} = m \frac{v^2}{R_3 + h}$,

откуда $v = \sqrt{G \frac{M_3}{R_3 + h}}$. Если учесть, что ускорение свободного падения у

поверхности Земли $g = G \frac{M_3}{R_3^2}$, можно записать результат: $v = R_3 \sqrt{\frac{g}{R_3 + h}}$.

Период обращения $T = \frac{2\pi(R_3 + h)}{v}$. 6.29. $7,6 \text{ км/с}$. 6.30. 4 км/с . 6.31. В 2 раза.

6.32. $1,7 \text{ км/с}$. 6.33. Днем, когда расстояние до Солнца меньше.

6.35. Указанные движения происходят *только* под действием сил тяготения. 6.37. $6,5 \cdot 10^{23} \text{ кг}$. 6.38. Орбита спутника и центр Земли находятся в одной плоскости. В данном случае эта плоскость должна совпадать с плоскостью экватора. Поэтому подходит только населенный пункт, находящийся на экваторе. 6.39. На южной.

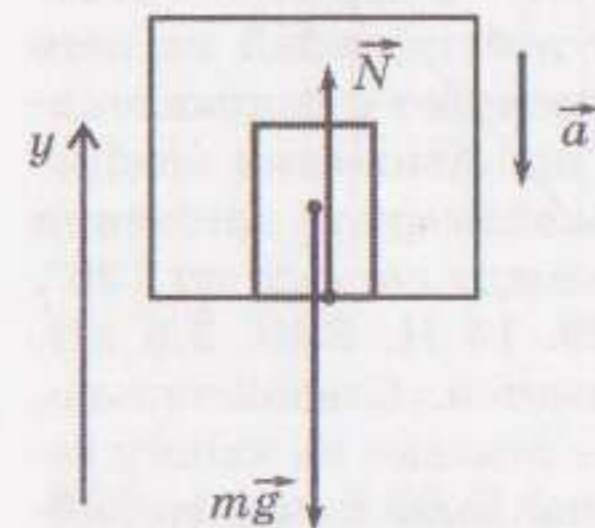


Рис. 3

7.16. 60 Н/м . 7.17. 500 Н/м . 7.18. 9 Н . 7.19. 15 см . 7.20. На 30 см . 7.21. 30 Н ; 50 Н . 7.22. $2,5 \text{ мм}$. 7.23. На 4 кН . 7.24. $1,5 \text{ см}$. 7.25. Нет. 7.26. Не изменялся. 7.27. Нет. 7.28. Например, в момент приземления после прыжка. 7.29. Бензин. 7.30. 250 см^3 . 7.31. $2,7 \text{ кН}$. 7.32. Нет; важно направление ускорения, а не скорости. Например, когда скорость движущегося вверх лифта уменьшается, ускорение лифта направлено вниз, и вес человека уменьшается. 7.34. 640 Н . **Решение.** Запишем второй закон Ньютона: $m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{N}$. Здесь \vec{N} — сила реакции опоры (рис. 3). Поскольку согласно третьему закону Ньютона вес $\vec{P} = -\vec{N}$, получаем $\vec{P} = m(\vec{g} - \vec{a})$. В проекции на ось y получаем $P = m(g - a)$. Таким образом, вес тела *уменьшается*, когда ускорение тела направлено вниз (скорость тела при этом не имеет значения). 7.35. а) 720 Н ; б) 480 Н . 7.36. а) 425 Н ; б) 575 Н . 7.37. 2 м/с^2 . 7.38. 50 кН/м ; $4,5 \text{ мм}$; $1,5 \text{ мм}$. 7.39. Чем тверже поверхность, тем больше направленное вверх ускорение при приземлении и тем больше возникающие перегрузки. 7.41. 40 Н/м . 7.42. 20 Н . 7.43. 2 см . 7.44. Да. 7.45. Нет. 7.46. В обоих случаях увеличивается. 7.47. Сила тяжести уменьшилась незначительно; вес уменьшился до нуля. 7.48. Могут; потребуется вносить поправки к показаниям пружинных весов. 7.49. Когда включен двигатель. 7.50. а) В течение всего полета; б) только в верхней точке. 7.51. Может (например приземляясь после прыжка или упираясь шваброй в потолок). 7.52. 14 Н . 7.53. Вес белья может увеличиваться в 100 раз. 7.54. 200 м/с . 7.55. а) $7,75 \text{ кН}$; б) 32 м/с . 7.56. 7500 с .

8.10. $0,3$. **Решение.** Согласно условию брусок движется прямолинейно и равномерно. Следовательно, действующие на него силы компенсируют друг друга. На брусок действуют 4 силы: сила тяжести $m\vec{g}$, направленная вниз, сила реакции опоры \vec{N} — вверх, сила упругости \vec{F} со стороны динамометра — в направлении движения, сила трения скольжения $\vec{F}_{\text{тр}}$ — в противоположном направлении. Очевидно, направленные противоположно силы попарно компенсируют друг друга: $mg = N$, $F = F_{\text{тр}}$. Поскольку $F_{\text{тр}} = \mu N$, получаем $\mu = \frac{F}{mg}$. 8.11. 5 Н . 8.12. $0,3$.

8.13. $0,1$. 8.14. На 300 Н . 8.15. 700 Н . 8.16. Сила сопротивления воздуха направлена вперед, а сила сопротивления воды — назад. Модули этих сил одинаковы. 8.23. Под действием силы трения покоя. 8.24. На боковые поверхности ножа действуют силы трения. 8.26. Такую форму придают парашютам. 8.27. а) 4 Н ; б) 6 Н ; в) 6 Н . **Решение.** Поскольку сила давления бруска на стол равна mg , максимальное значение силы трения покоя μmg , т. е. 6 Н . Пока модуль F приложенной горизонтальной силы не превышает этого значения, сила трения покоя уравнивает приложенную силу и равна ей по модулю. Если $F > \mu mg$, брусок начинает двигаться с ускорением. В этом случае на него действует сила трения скольжения, равная μmg . 8.28. Рис. 4. 8.29. 120 т . 8.30. 12 см . 8.31. $0,125$.

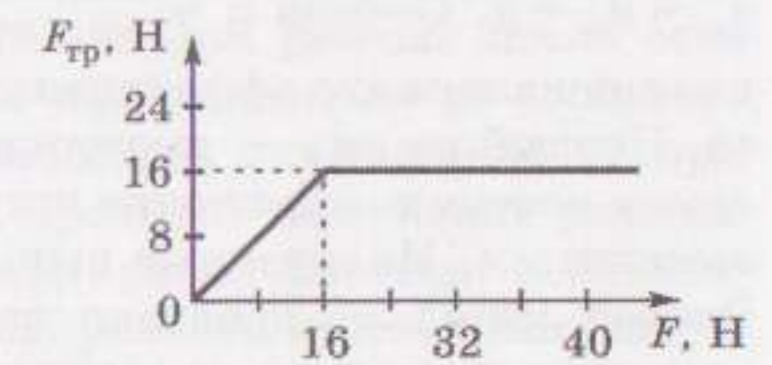


Рис. 4

8.32. 5 с ; 50 м . 8.33. Не более 34 км/ч . 8.34. 6 кН . 8.35. Через 46 с . 8.36. 36 км/ч . 8.37. Не менее 156 м . 8.38. На колеса тепловоза действует сила трения покоя, на колеса вагонов — сила трения качения. 8.40. Вагоны — да, тепловозы — нет. 8.41. Над задними колесами. 8.42. Чтобы увеличить силу давления на дорогу заднего (ведущего) колеса, а вследствие этого — силу трения (силу тяги). 8.43. Нет; побеждает тот, для кого максимальное значение силы трения покоя со стороны пола больше. 8.44. $0,35$. 8.45. Если колеса не вращаются, происходит их проскальзывание. В этом случае вместо силы трения покоя действует сила трения скольжения, а ее направление не зависит от поворота передних колес с помощью руля. 8.46. В начале движения; перед падением; в верхней точке траектории.

9.11. $3,8 \text{ м/с}^2$. 9.13. $3,3 \text{ м/с}^2$. **Решение.** На рис. 5 показаны действующие на тележку силы и выбранные оси координат (такой выбор системы координат удобен, поскольку вектор ускорения и две из трех сил направлены параллельно выбранным осям). Согласно второму закону Ньютона $m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}}$. В проекциях на оси координат $ma = mg \sin \alpha - F_{\text{тр}}$, $0 = -mg \cos \alpha + N$. Воспользуемся также формулой $F_{\text{тр}} = \mu N$. Решив полученную систему уравнений,

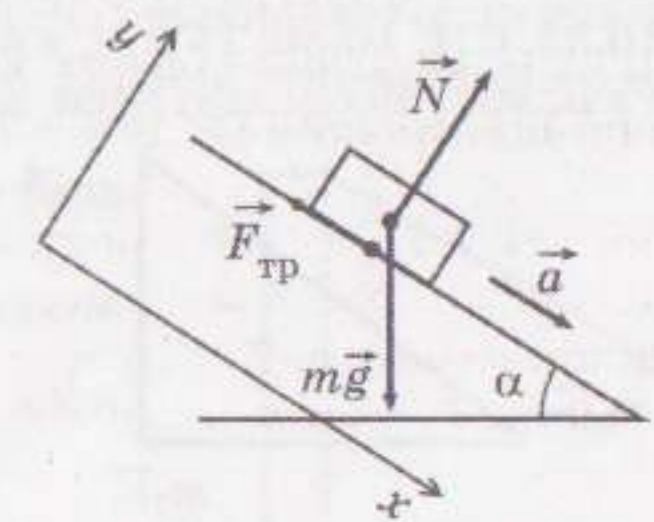


Рис. 5

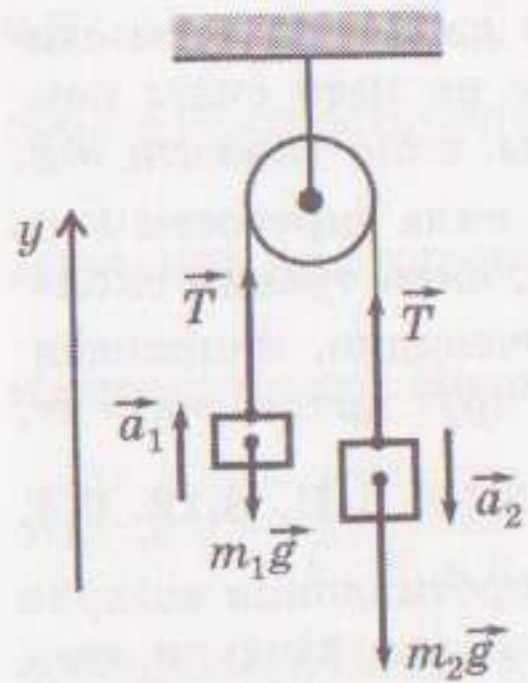


Рис. 6

находим $a = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$. Из полученной формулы видно, что санки будут съезжать с ускорением при условии $\operatorname{tg} \alpha > \mu$. 9.14. $1,1 \text{ м/с}^2$. 9.15. 14° . 9.16. $0,44$. 9.17. 150 Н . 9.18. 53 Н ; 7 Н . 9.19. а) 215 Н ; б) 10 Н . 9.20. $0,35$. 9.21. **Решение.** Поскольку при указанных условиях сила натяжения нити всюду одинакова, нить действует на оба груза с одинаковой силой. Согласно третьему закону Ньютона грузы также действуют на нить с одинаковой силой, т. е. их вес *одинаков*, несмотря на неодинаковые массы. Такой неожиданный результат объясняется тем, что ускорение меньшего груза направлено вверх, а большего — вниз. 9.22. $3,3 \text{ м/с}^2$; 4 Н . **Решение.** На рис. 6 показаны действующие на грузы силы. Запишем уравнения второго закона Ньютона для каждого из грузов в проекции на ось y : $m_1 a_1 = -m_1 g + T$, $-m_2 a_2 = -m_2 g + T$ (в случае невесомого шнура и невесомого блока без трения сила T натяжения шнура всюду одинакова). Воспользуемся также кинематической связью: в случае нерастяжимого шнура перемещения обоих грузов одинаковы по модулю; следовательно, $a_1 = a_2 = a$. Отсюда $a = \frac{m_2 - m_1}{m_2 + m_1} g$, $T = \frac{2m_1 m_2 g}{m_1 + m_2}$. На примере данной задачи покажем два эффективных метода проверки полученного результата. Первый из них — проверка на симметрию. Очевидно, если поменять грузы местами, натяжение шнура и *модуль* ускорения грузов не должны измениться. Полученные выражения этому требованию удовлетворяют. Второй метод — проверка на частные и предельные случаи. Например, при $m_1 = m_2 = m$ ускорение должно быть равно нулю, а $T = mg$. При $m_1 \rightarrow 0$ должно быть $a \rightarrow g$, $T \rightarrow 0$ (груз 2 свободно падает и поэтому находится в состоянии невесомости). Полученные формулы удовлетворяют и этим требованиям. 9.23. 53 г . 9.24. $1,5 \text{ кг}$. 9.25. $0,5 \text{ Н}$, если сила приложена к первому бруску; $2,5 \text{ Н}$, если сила приложена ко второму бруску. 9.26. $1,5 \text{ кг}$. 9.27. $0,29 \text{ кг}$.

10.17. $10^6 \text{ Н} \cdot \text{с}$. 10.18. $0,8 \text{ м/с}$, навстречу вагону. 10.19. 3 м/с . 10.22. 2 кН . 10.23. Алюминиевый, в 1,4 раза. 10.24. $0,2 \text{ м/с}$. 10.25. 350 кг . 10.26. $0,36 \text{ м/с}$. 10.27. $18 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$. 10.28. $0,45 \text{ Н}$; $0,9 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$. 10.29. $20 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$; 0 . 10.32. $0,2 \text{ м/с}$. 10.33. 20 . 10.34. 30 кН . **Указание.** Сила тяги численно равна импульсу, который двигатель сообщает ракете каждую секунду. 10.35. 6 Н . 10.36. 15 м/с , в противоположном направлении. 10.37. 250 м/с . **Решение.** Воспользуемся законом сохранения импульса. Поскольку перед разрывом импульс снаряда был равен нулю, сумма импульсов осколков также равна нулю: $m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 + m_3 \vec{v}_3 = 0$. Следовательно, импульсы осколков образуют прямоугольный треугольник (рис. 7). Воспользовавшись теоремой Пифагора, получим

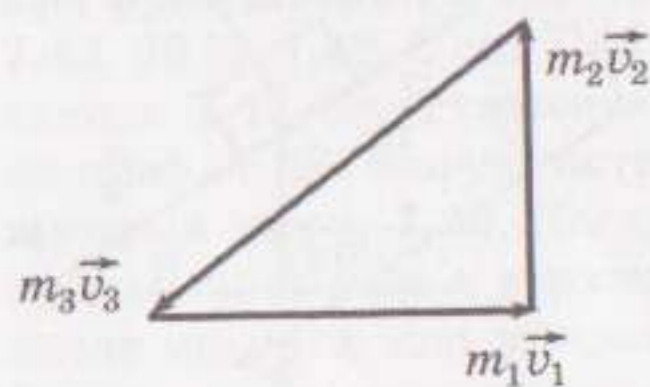


Рис. 7

$v_3 = \frac{\sqrt{(m_1 v_1)^2 + (m_2 v_2)^2}}{m_3}$. 10.38. $2,4 \text{ м/с}$; от орудия.

11.10. -90 кДж ; 90 кДж ; ноль. 11.11. 35 кДж ; -35 кДж . 11.12. 1 кВт . 11.13. $1,6 \text{ кДж}$. 11.15. а) 30 Дж ; б) 36 Дж . 11.16. 4 т . 11.17. -21 МДж . 11.18. За 3 мин. 11.19. 1500 м^3 . 11.20. 52 МВт . 11.21. $2,4 \text{ кН}$. 11.22. Нет. 11.23. Для медного; в 3,3 раза. 11.24. На втором; в 1,25 раза. 11.25. -320 кДж . 11.26. Потенциальная энергия больше в 3,5 раза. 11.27. Кинетическая энергия больше в 15 раз. 11.28. 400 Дж . 11.29. 22 м/с . 11.30. $8,9 \text{ м/с}$; 14 м/с . 11.31. 45 м . 11.32. $24,5 \text{ м/с}$. 11.33. $2,5 \text{ м}$. **Решение.** Начальная кинетическая энергия камня $E_0 = \frac{mv_0^2}{2}$. Согласно закону сохранения энергии кинетическая энергия уменьшится в 2 раза, когда половина E_0 перейдет в потенциальную энергию: $mgh = \frac{E_0}{2}$, откуда $h = \frac{v_0^2}{4g}$. 11.34. 20 м/с . 11.35. $5,4 \text{ м/с}$. 11.36. $9,1 \text{ м/с}$. 11.37. 120 Дж ; -90 Дж . 11.38. $-1,6 \text{ Дж}$. 11.39. 540 Дж . **Решение.** На камень действуют направленная вниз сила тяжести $m\vec{g}$ и две силы, направленные вверх: архимедова сила \vec{F}_A и сила натяжения веревки \vec{T} . При равномерном подъеме равнодействующая этих сил равна нулю, т. е. $F_A + T = mg$. Отсюда $T = mg - F_A = g(m - \rho_b V)$. При подъеме камня надо совершить работу $A = Th = gh(m - \rho_b V)$. 11.40. 84 кДж . 11.41. 50 Дж ; 0 ; -30 Дж . 11.42. -100 Дж ; 0 ; -100 Дж . Происходило превращение механической энергии во внутреннюю. 11.43. 1 м/с . 11.44. На 73%. 11.45. В 1,26 раза. 11.47. За счет потенциальной энергии окружающего воздуха. 11.48. При разгоне после остановки; при движении на крутой подъем; при движении за городом с максимально возможной скоростью. 11.49. 22 м/с ; под углом 63° к горизонту. 11.51. 60° . **Решение.** Когда шарик проходит положение равновесия, сила натяжения нити (т. е. вес шарика) увеличивается, поскольку центростремительное ускорение шарика направлено вертикально вверх. При этом вес шарика равен $m(g + a)$ (сравните с задачей 7.34). Вес шарика увеличивается в 2 раза, если $a = g$. Из формулы $a = \frac{v^2}{l}$, где l — длина нити, получаем скорость шарика в нижней точке его траектории: $v^2 = gl$. При максимальном отклонении нити кинетическая энергия шарика полностью переходит в потенциальную: $\frac{mv^2}{2} = mgh$, откуда находим наибольшую высоту подъема шарика $h = l/2$. Максимальный угол отклонения нити найдем из соотношения $\cos \alpha = \frac{l-h}{l}$ (рис. 8). 11.52. 63 Н . 11.53. 290 м/с . **Решение.** Процесс можно разбить на два этапа. Первый этап — соударение пули с бруском. При этом брусок приобретает скорость u , но практически не успевает сдвинуться с места. Механическая энергия *не сохраняется*, но сохраняется импульс: $mv_0 = (M + m)u$. На втором этапе процесса брусок с застрявшей в нем пулей отклоняется на угол α , поднимаясь при этом на высоту $h = l(1 - \cos \alpha)$ (см. задачу 11.51). На этом этапе механическая энергия сохраняется: $\frac{(M + m)u^2}{2} = (M + m)gh$.

Отсюда $v_0 = \frac{M + m}{m} \sqrt{2gl(1 - \cos \alpha)}$. 11.54. 9° .

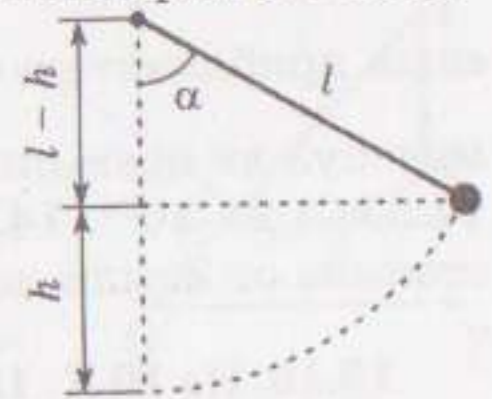


Рис. 8

12.10. 2 с; 0,5 Гц. 12.11. 2 с. 12.12. 0,145 Гц. 12.13. 0,63 с. 12.14. 0,8 Гц. 12.15. 0,4 Гц. 12.16. 36 000; 288 м. 12.17. 1 мм. 12.20. Наручные механические часы. 12.22. 4,9 м/с². 12.23. В 2,25 раза. 12.24. 9 : 1. 12.25. 20 Н/м. 12.26. 45 км/ч. 12.29. Часы будут спешить (длина маятника уменьшится вследствие уменьшения температуры). 12.30. Период уменьшится (появление дополнительной силы, направленной вниз, равносильно увеличению ускорения свободного падения). 12.31. На полюсе часы будут спешить, а на экваторе — отставать (при перемещении от экватора к полюсу ускорение свободного падения увеличивается). 12.32. 144 000. 12.33. 3g. 12.34. 50 и 32 см. 12.35. 0,89 с. 12.36. 1,45 кг. 12.37. 1,3 с. **Решение.** Согласно формуле для периода колебаний пружинного маятника $T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{m_1}{k}}$,

$$T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{m_2}{k}}, T = 2\pi\sqrt{\frac{m_1 + m_2}{k}}. \text{ Возведя эти уравнения в квадрат и сложив их, получим } T_1^2 + T_2^2 = T^2, \text{ откуда } T = \sqrt{T_1^2 + T_2^2}.$$

13.7. 4 м/с. 13.8. 1,5 м/с. 13.9. 2 км. 13.10. 170 м. 13.11. 4,5 км/с. 13.12. а) 1,7 м; б) 7,5 м. 13.13. 77 см; 12,5 м. 13.14. 2,5 м. 13.15. 3,2 м/с. 13.16. 3 м/с. 13.19. От 260 Гц до 15 кГц. 13.20. Звук будет передаваться, если космонавты соприкоснутся шлемами. 13.22. Это резонаторы; колебания находящегося в них воздуха значительно увеличивают громкость излучаемого звука. 13.23. В твердых телах при любых деформациях возникают силы упругости. 13.24. Частота не изменяется, длина волны увеличивается. 13.25. $v_2 = \frac{v_1\lambda_2}{\lambda_1}$. 13.27. Слышен: звук распространяется по корпусу самолета. 13.28. Звук отражается от поверхности стекла. 13.29. Звук распространяется по металлу и по воздуху с разной скоростью.

14.21. 0,018 кг/моль. 14.22. 0,032 и 0,044 кг/моль. 14.23. 0,058 кг/моль; 0,16 кг/моль; 0,017 кг/моль. 14.24. 2,2 кг. 14.25. 0,8 кг. 14.26. $1,2 \cdot 10^{-26}$ кг; $3,3 \cdot 10^{-25}$ кг. 14.27. $2,7 \cdot 10^{-26}$ кг. 14.28. $4,5 \cdot 10^{24}$. 14.29. $1,4 \cdot 10^{22}$. 14.30. $1,5 \cdot 10^{24}$. 14.31. $5,15 \cdot 10^{24}$. 14.32. 0,7 моль. 14.33. $3,3 \cdot 10^{-4}$ моль. 14.34. 11 моль. 14.35. Например, углекислый газ. 14.36. В кислороде; в 4 раза. 14.37. В водороде; в 4,5 раза. 14.38. 100 г. 14.39. 40 см³. 14.40. Да. 14.41. 0,03 мм³. 14.42. 1,6 кг/м³. 14.43. $3 \cdot 10^{23}$. 14.44. Уменьшилось бы в 1,5 раза. 14.45. За 130 лет. 14.46. Больше молекул в воздухе. 14.47. 4000 м³. 14.48. В железном кубике больше в 1,4 раза. 14.49. а) В капле воды; в 11 раз; б) в капле ртути; в 1,2 раза. 14.50. 2500. 14.51. $0,95 \cdot 10^{-10}$ м. **Решение.** Объем серебра $V = \frac{m}{\rho}$, толщина слоя серебра $h = Nd = \frac{V}{S}$. Отсюда приблизительный размер атома $d = \frac{m}{N\rho S}$. 14.52. 10^{-8} м. Размеры молекул не превышают этого значения. 14.53. $1,4 \cdot 10^{21}$. 14.54. $3,9 \cdot 10^{18}$. 14.55. $3,2 \cdot 10^{18}$. 14.56. $1,5 \cdot 10^{12}$ км. Это в 10 000 раз больше, чем расстояние от Земли до Солнца. 14.57. $3,4 \cdot 10^8$.

15.15. На 10 К. 15.17. 336 К. 15.18. 96 л. 15.19. 600 кПа. 15.20. 320 кПа. 15.21. 404 К. 15.22. 110 кПа. 15.23. 300 кПа. 15.24. 132 л. 15.25. 4,2 МПа.

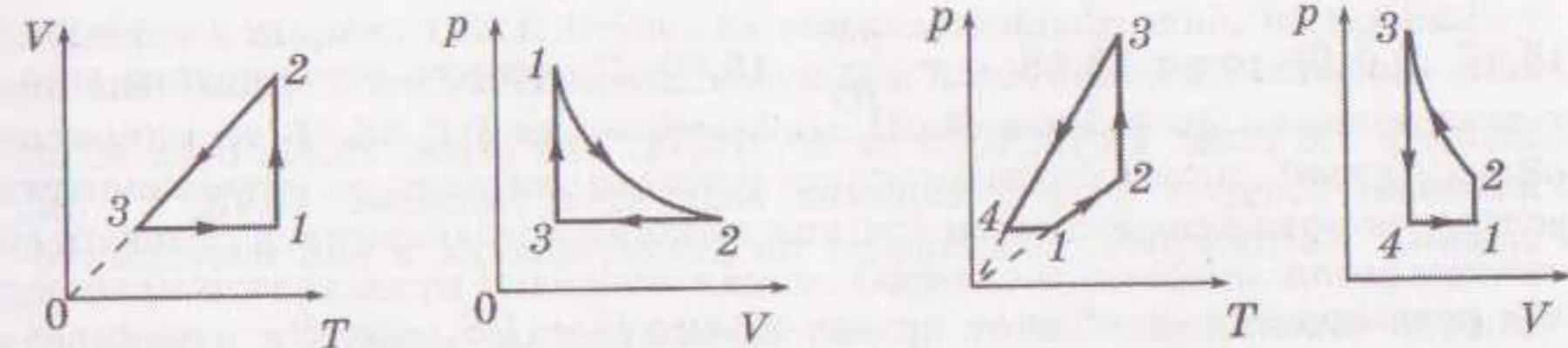


Рис. 9

Рис. 10

15.26. 6,9 моль. 15.27. 6,2 МПа. 15.29. Следует учесть, что масса воздуха во рту увеличивается. 15.30. На 273 К. 15.31. 60 л. 15.32. 3 л. 15.33. 23 дм³. 15.34. На 16 %. 15.35. 160 кПа. 15.36. 300 К. 15.37. 500 кПа. 15.38. 300 К. 15.39. 4,6 кг. 15.40. 7,5 л. 15.45. 20 м. 15.46. **Решение.** Прежде чем строить графики, нужно выяснить, что собой представляет каждый этап процесса. Воспользовавшись газовыми законами или уравнением Клапейрона, можно сделать вывод о характере изменения объема газа на каждом из этапов. Этап 1—2 — это изотермическое расширение (температура постоянна, давление уменьшается), этап 2—3 — изобарное охлаждение (давление постоянно, температура уменьшается), этап 3—1 — изохорное нагревание (давление увеличивается прямо пропорционально абсолютной температуре газа). Следует также учитывать, что построенные графики должны быть замкнутыми (рис. 9). 15.47. Рис. 10. 15.48. Рис. 11. 15.49. В состоянии 2; в состоянии 4; в 6 раз. 15.50. 820 кПа. 15.51. 620 л. 15.52. 240 К. 15.53. 9,2 кг. 15.54. 0,27 кг. 15.55. Увеличится на 3,3 кг. 15.57. **Решение.** В равных объемах газов при одинаковых температурах и давлениях содержится одинаковое количество молекул. Следовательно, во влажном воздухе более легкие молекулы воды (молярная масса 0,018 кг/моль) просто заменяют такое же количество молекул азота (0,028 кг/моль) и кислорода (0,032 кг/моль). 15.58. До 167 °С. 15.59. 97 м. **Указание.** Объем сжатого воздуха после расширения равен сумме вместимостей баллонов и объема вытесненной из цистерн воды. 15.60. До середины отрезка на графике температура возрастала, затем — убывала. В состояниях 1 и 2 температура газа одинакова. 15.61. 400 кПа. 15.62. Уменьшилась на 40 %. 15.63. Уменьшилась на 17 %. 15.64. 5,9 МПа. **Решение.** Воспользуемся уравнением Менделеева — Клапейрона: $p_1V_1 = \nu_1RT$, $p_2V_2 = \nu_2RT$; $pV = \nu RT$. Учтем, что количество вещества в смеси газов $\nu = \nu_1 + \nu_2$, а объем $V = V_1 + V_2$. Получим $p = \frac{p_1V_1 + p_2V_2}{V_1 + V_2}$. 15.65. 500 кПа.

15.66. 2,4 кг. **Решение.** Воздушный шар поднимает Винни-Пуха при условии, что вес вытесненного шаром наружного (холодного) воздуха равен суммарному весу теплого воздуха в шаре и самого Винни-Пуха: $m_0g = m_1g + mg$. Массы теплого и холодного воздуха найдем из уравнения Менделеева — Клапейрона: $m_{0,1} = \frac{p_{\text{атм}}VM}{RT_{0,1}}$. Отсюда получаем $m = \frac{p_{\text{атм}}VM}{R} \left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T_1} \right)$.

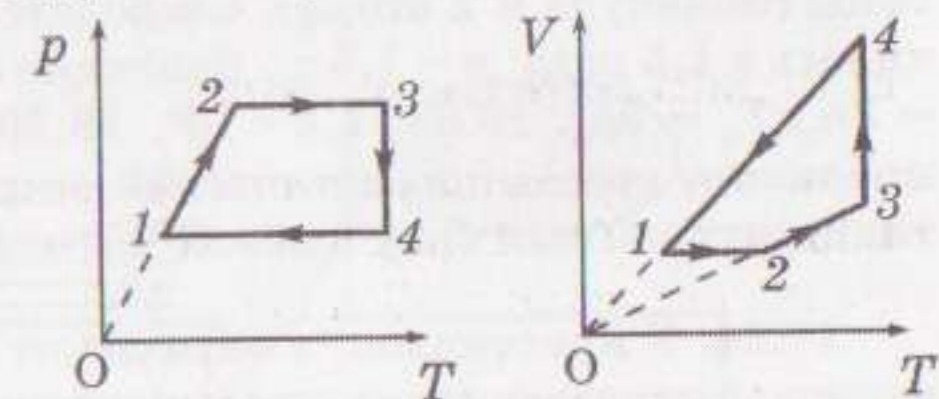


Рис. 11

15.67. В 1,08 раза. 15.68. $\rho = \frac{pM}{RT}$. 15.69. Плотность углекислого газа больше в 1,6 раза. 15.70. 0,16 кг/м³. 15.71. 130 МПа. 15.72. 0,42 МПа. **Указание.** Следует учесть наличие воздуха в баллоне. 15.73. 17 см. **Решение.** Когда трубку вынимают из ртути, воздух в ней изотермически расширяется от объема $\frac{LS}{2}$ до объема $(L-l)S$, где S — площадь сечения трубки. Начальное давление воздуха в трубке равно атмосферному, т. е. ρgH , где ρ — плотность ртути, а $H = 0,75$ м. Конечное давление воздуха в трубке меньше атмосферного на величину ρgl . Согласно закону Бойля — Мариотта $\rho gH \cdot \frac{LS}{2} = (\rho gH - \rho gl) \cdot (L-l)S$, откуда $l = \frac{H+L}{2} - \frac{1}{2}\sqrt{H^2+L^2}$ (2-й корень квадратного уравнения не имеет физического смысла). 15.74. 37,5 см рт. ст. 15.75. Водород занимает часть сосуда длиной 84 см, а азот — часть сосуда длиной 6 см. 15.76. Азота, в 14 раз. 15.77. Вправо; на 6 см.

16.8. $6,2 \cdot 10^{-21}$ Дж. 16.9. 270 К. 16.10. 2,85 км/с. 16.11. 26 °С; 117 °С. 16.12. $5,6 \cdot 10^{-21}$ Дж. 16.13. $2,7 \cdot 10^{25}$ м⁻³. 16.15. а) давление водорода больше в 16 раз; б) давления одинаковы. 16.16. Конечное давление равно начальному. **Указание.** Количество молекул газа в сосуде не изменилось. 16.17. Уменьшилось бы в 1,5 раза. 16.18. 490 кПа. 16.19. 260 кПа. 16.20. $3,4 \cdot 10^8$. 16.21. 6 кДж; на 12 м. 16.22. 460 м/с. 16.23. 520 м/с. 16.24. В 1,07 раза. 16.25. 270 К. 16.26. Например, азота. 16.27. 540 м/с. 16.28. 240 кПа. 16.29. 1,5 кг/м³. 16.30. 500 м/с. 16.31. а) давление кислорода больше в 16 раз; б) давления одинаковы. **Решение.** а) Воспользуемся формулой $p = \frac{1}{3}nm_0\overline{v^2}$; поскольку величина nm_0 равна плотности газа, получаем $p = \frac{1}{3}\rho\overline{v^2} = \frac{m}{3V}\overline{v^2}$. Таким образом, при одинаковых средних квадратичных скоростях молекул давление прямо пропорционально массе газа; б) если одинаковы средние кинетические энергии молекул, то одинаковы и температуры газов; согласно уравнению Менделеева — Клапейрона давление газа в этом случае прямо пропорционально количеству вещества. Количество же вещества в 8 г кислорода и 0,5 г водорода одинаково. 16.32. $\frac{2p_0}{3}$. 16.33. 3,5 нм; в 12 раз. **Указание.** Среднее расстояние между молекулами a связано с концентрацией n молекул соотношением $na^3 = 1$. 16.34. Увеличилось в 3 раза. **Решение.** В результате диссоциации из каждых 2 молекул азота получились 3 частицы (молекула и 2 атома). Следовательно, концентрация частиц увеличилась в 1,5 раза: $n = 1,5n_0$. Давление газа стало $p = nkT = 1,5n_0 \cdot k \cdot 2T_0 = 3n_0kT_0 = 3p_0$. 16.35. $1,2 \cdot 10^9$. 16.36. 0,33 мм/с. **Указание.** Соотношение между средней кинетической энергией поступательного движения и температурой для броуновской частицы такое же, как и для молекул.

17.24. У кристаллов, в отличие от аморфных тел, при нагревании не происходит постепенного увеличения текучести; они плавятся при определенной температуре. 17.29. Керосин будет обволакивать пробирку, а ртуть

соберется в шарик. 17.31. Ртуть, не смачивающая стекло, не проникает под пластинку. В отсутствие жидкости под пластинкой архимедова сила не возникает. 17.32. 3,7 мкДж. **Решение.** Поскольку объем капли пропорционален кубу ее радиуса, радиусы получившихся капель будут равны половине r , а площадь поверхности каждой из них будет равна четверти площади поверхности исходной капли. Общая же площадь поверхности увеличится в 2 раза. Минимальная работа равна увеличению поверхностной энергии: $A = \Delta E_{\text{пов}} = \sigma\Delta S = 4\pi\sigma r^2$. 17.33. 0,21 мДж. 17.34. Форму дуги окружности (чуть меньше четверти окружности), вогнутой в сторону мыльной пленки.

18.16. 31 кДж. 18.17. 400 К. 18.18. 13 кДж. 18.19. 3 кДж. 18.20. Увеличилась на 40 кДж. 18.21. Увеличилась на 35 кДж. 18.22. Уменьшилась на 55 кДж. 18.23. Увеличилась на 650 Дж. 18.24. 40 Дж. 18.25. Газ отдал количество теплоты 40 Дж. 18.26. 300 Дж. 18.27. 1,25 кДж. 18.28. Не изменилась. 18.29. Увеличилась. 18.30. Внутренние энергии одинаковы. 18.31. Гелий; в 50 раз. 18.32. 75 кДж. 18.33. Увеличилась в 1,25 раза. 18.34. При процессах б, г. 18.35. При процессах а, б. 18.36. В изохорном нагревании. 18.37. При быстром расширении газ совершает работу, расходуя свою внутреннюю энергию. 18.38. При изобарном. 18.39. 30 кДж. 18.40. 83 кДж; 208 кДж. **Решение.** Работа газа при изобарном нагревании $A = p\Delta V$; воспользовавшись уравнением Менделеева — Клапейрона, эту формулу можно записать в виде $A = \nu R\Delta T$. Согласно первому закону термодинамики $Q = \Delta U + A$, откуда $\Delta U = Q - A$. 18.41. 2,1 кДж. 18.42. 0,83 кДж. 18.43. 1,5 кДж. 18.44. 1,2 МДж. 18.45. В случае а; изменение внутренней энергии в обоих случаях одинаково. 18.46. 45 кДж; 45 кДж. 18.47. На 24 К. 18.48. 7,5 кДж; 18,7 кДж. 18.49. **Решение.** На первый взгляд может показаться, что внутренняя энергия воздуха в комнате прямо пропорциональна абсолютной температуре. Однако следует учесть, что при нагревании воздух расширяется и часть воздуха выходит из комнаты. Если воспользоваться уравнением Менделеева — Клапейрона, можно выразить внутреннюю энергию воздуха через давление и объем: $U = \frac{5}{2}pV$. Входящие в правую часть этого выражения величины не изменяются при нагревании. Следовательно, не изменяется и внутренняя энергия воздуха. Вся полученную от нагревателя энергию «уносит» выходящий из комнаты воздух. 18.50. Например, процесс накачивания мяча или шины. 18.51. Для нагревания воздуха в шарике. 18.52. а) Процесс 1; б) процесс 2; в) процесс 3. 18.53. 40%. 18.54. Например, кислород. 18.55. $12p_0V_0$; $42p_0V_0$. 18.56. В процессе б — положительную; в процессе а — отрица-

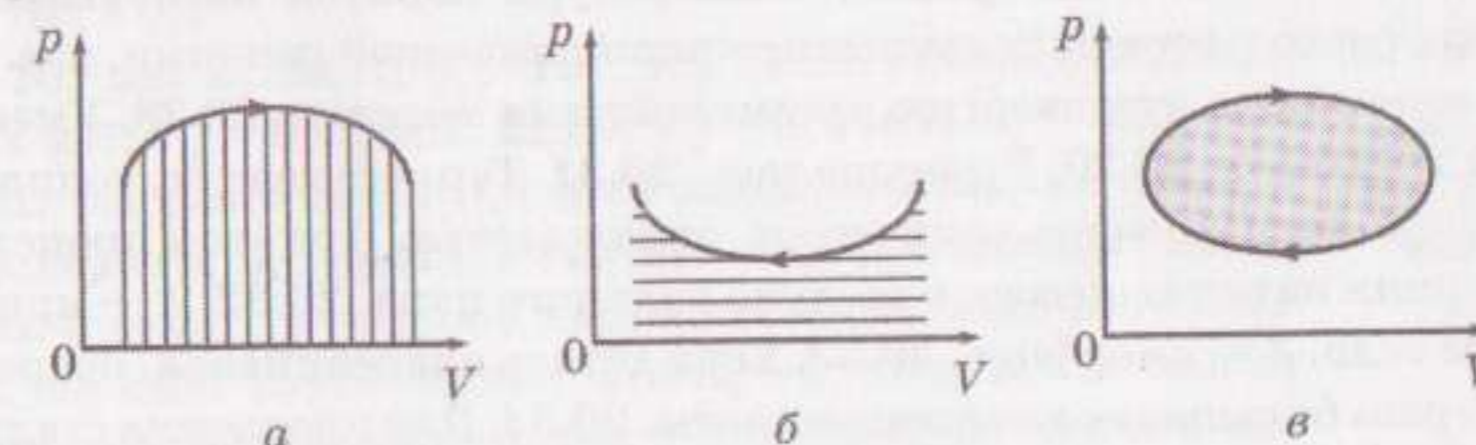


Рис. 12

тельную. **Решение.** б) Разобьем мысленно процесс на два этапа: расширение (рис. 12, а) и сжатие (рис. 12, б). На первом этапе газ совершает положительную работу, численно равную площади области с вертикальной штриховкой; на втором этапе газ совершает отрицательную работу, модуль которой численно равен площади области с горизонтальной штриховкой. Площадь, заштрихованная на рис. 12, а, больше площади, заштрихованной на рис. 12, б. Следовательно, в циклическом процессе газ совершает положительную работу, равную площади внутри графика (рис. 12, в). Таким образом, газ совершает за цикл положительную работу, если в координатах p, V цикл проходит по часовой стрелке. **18.57.** В процессе 3—2—4—3. **Указание.** Начертите графики процессов в координатах p, V и сравните площади внутри графиков. **18.58.** $A_4 > A_3 > A_1 > A_2 > 0$.

19.7. 40 %. **19.8.** 25 %; 1,2 МДж. **19.9.** 30 %. **19.10.** 33 %. **19.11.** 33 %. **19.12.** 50 %. **19.13.** 55 %. **19.14.** На 150 кДж. **19.15.** Менее 150 К. **19.16.** Повысится. **19.17.** 12,5 %; 47 °С. **19.18.** Получает — на этапе 1—2; отдает — на этапах 2—3 и 3—1. **19.19.** Нет. **19.20.** В 2,125 раза. **19.21.** На 900 км. **19.24.** **Указание.** Следует учесть сопротивление воздуха. **19.25.** При уменьшении температуры холодильника. **19.26.** а) 35 %; б) 33 %. **19.27.** 22 %. **Решение.** КПД цикла $\eta = \frac{A}{Q} \cdot 100\%$. Работа газа за цикл численно равна площади фигуры внутри графика цикла в координатах p, V : $A = 4p_0V_0$ (p_0, V_0 — расстояния между линиями сетки на рисунке). Поскольку газ получал тепло на участках 1—2 и 2—3, $Q = Q_{12} + Q_{23} = \Delta U_{12} + A_{12} + \Delta U_{23} + A_{23} = \frac{3}{2} \nu R(T_3 - T_1) + 6p_0V_0 = \frac{3}{2}(p_3V_3 - p_1V_1) + 6p_0V_0 = 18p_0V_0$. **19.28.** 30 л. **19.29.** 4,4 т. **19.30.** Например, адиабатный процесс. **19.31.** Когда температуры участвующих в теплопередаче тел практически одинаковы.

20.10. **Решение.** Хотя вода в плавающей кружке нагреется до температуры кипения, для процесса кипения этого недостаточно: необходим дальнейший подвод тепла, а для этого — теплопередача от более нагретого тела. Вода в кастрюле кипит, получая тепло от дна, температура которого выше температуры кипения; однако вода в кастрюле не может служить нагревателем для воды в кружке. Поэтому вода в кружке кипеть не будет. **20.18.** 33 кДж. **20.19.** 1025 кДж. **20.20.** 660 кДж. **20.21.** 3 т. **20.22.** 3,8 МДж. **20.23.** 0,5 кг. **20.24.** 46 кДж. **20.25.** 0,3 кг. **20.26.** Корпус корабля нагревается при движении в атмосфере планеты; пока идет плавление легкоплавкого материала, температура корпуса не повышается. **20.27.** Она расходуется на разрушение кристаллической решетки, т. е. переходит в потенциальную энергию взаимодействия молекул. **20.28.** Уменьшается. **20.29.** 100 %. **20.30.** Уменьшалась. **20.31.** Теплый воздух, соприкасающийся с холодными стеклами очков, охлаждается. При этом происходит конденсация находившегося в воздухе водяного пара. **20.32.** 1 — кристаллическое тело, 2 — аморфное. **20.33.** Если деталь алюминиевая, потребуется в 1,55 раза большее количество теплоты. **20.34.** Для плавления стального бруска потребуется в 2,2 раза большее количество теплоты. **20.35.** 37 км.

20.36. 350 м/с. **20.37.** 42 кДж. **20.38.** 744 кДж. **20.39.** 9,3 МДж. **20.40.** 5,5 мин. **20.42.** а) Нагревание и охлаждение твердого нафталина; б) 80 °С; в) плавление и кристаллизация; г) внутренняя энергия одинакова. **20.43.** 2,7 кг. **Решение.** В теплопередаче участвуют стальная заготовка (она охлаждается) и лед (он тает). Запишем уравнение теплового баланса: $cm(t_2 - t_1) + \lambda m_x = 0$. Здесь c — удельная теплоемкость стали, а λ — удельная теплота плавления льда. Отсюда $m = \frac{\lambda m_x}{c(t_1 - t_2)}$. **20.44.** 16,5 г.

20.45. 47 °С. **20.46.** 60 %. **20.47.** 67 %. **20.48.** 18 °С. **20.49.** 2,2 кПа. **20.50.** Давление насыщенного пара тем больше, чем больше температура. **20.51.** Изнутри; ледяные кристаллы на холодном стекле образуются из водяного пара. **20.52.** В очень чистой воде отсутствуют центры кристаллизации. **20.54.** Таким свойством обладает насыщенный пар или вода при температуре от 0 до 4 °С. **20.55.** Не более 0,38 кг. **Решение.** Найдем максимальную массу льда m_{\max} , при которой он весь растает. Очевидно, при такой массе льда тепловое равновесие в калориметре установится при 0 °С. Запишем уравнение теплового баланса: $c m_w (t_w - t_0) + \lambda m_{\max} = 0$. Здесь c — удельная теплоемкость воды, а λ — удельная теплота плавления льда. Отсюда $m_{\max} = \frac{m_w c (t_w - t_0)}{\lambda}$. **20.56.** 120 г. **20.57.** 112 г. **20.58.** Вода кипит и замерзает. **20.59.** 70 кПа; 12 кПа. **20.60.** В 2 раза. **20.61.** 0,58 кг/м³.

21.13. 80 мкН. **21.14.** 0,9 Н. **21.15.** 30 нКл. **21.16.** 2 нКл. **21.17.** 2 см. **21.18.** 0,75 мН. **21.20.** Потерев стеклянную палочку о шелк и коснувшись этой палочкой электроскопа, мы передадим ему положительный заряд. После этого надо поднести к электроскопу изолированный проводник (не прикасаясь). Если проводник заряжен положительно, отклонение лепестков электроскопа увеличится, если отрицательно — уменьшится. **21.21.** Надо привести все три шарика в соприкосновение, при этом они должны быть расположены симметрично (рис. 13). **21.22.** Уменьшился в 1,25 раза. **Решение.** Пусть расстояние между шариками равно r . Тогда модуль силы взаимодействия между ними изменился от $F_0 = k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2}$

до $F = k \frac{q^2}{r^2}$. Здесь q — заряд каждого из шариков после соприкосновения. Согласно закону сохранения заряда $2q = q_1 + q_2$. Следовательно, $\frac{F_0}{F} = \frac{4|q_1| \cdot |q_2|}{(q_1 + q_2)^2}$. **21.23.** 9 мН. **21.24.** В $4,2 \cdot 10^{42}$ раз. **21.25.** $2,3 \cdot 10^{-8}$ Н; $2,3 \cdot 10^{39}$ раз. **21.26.** По $8,6 \cdot 10^{-13}$ Кл. **21.27.** 2,3 мкН. **21.28.** $2,1 \cdot 10^9$. **21.29.** $T_A = 0,4$ мН; $T_B = 0,07$ мН. **21.30.** $T_A = 0,4$ мН; $T_B = 0,33$ мН. **21.31.** На расстоянии 0,6 м от меньшего заряда и 1,2 м от большего; 0,8 мкКл. **Решение.** Заряд Q следует поместить в точку, в которой напряженность поля двух первых зарядов равна нулю: $\vec{E}_1 + \vec{E}_2 = 0$. Эта точка лежит на проходящей через заряды 1 и 2 прямой, причем вне соединяющего заряды отрезка (в точках на этом отрезке

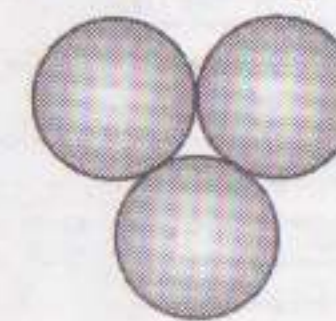


Рис. 13

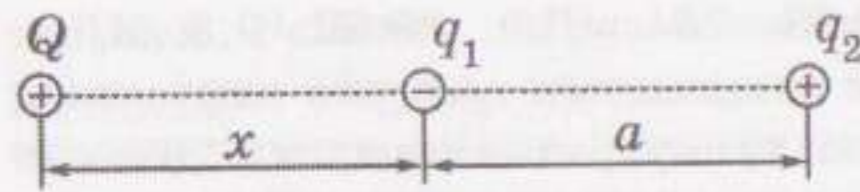


Рис. 14

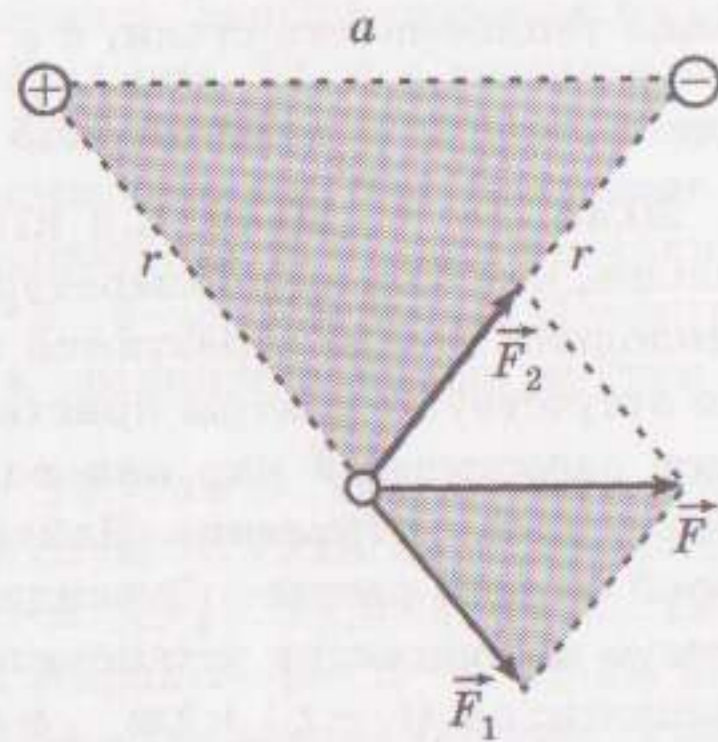


Рис. 15

сил представляет собой ромб. Из подобия выделенных на рисунке треугольников получаем $F = \frac{a}{r} F_1 = k \frac{Qqa}{r^3}$. 21.34. 0,14 мН. 21.35. -19 нКл. 21.36. 9,6 мКл. **Решение.** Количество молекул в капельке воды $N = \frac{m}{M} N_A$. Заряд капли $q = 10^{-3} \frac{m}{M} e N_A$. Разумеется, полученное значение заряда неправдоподобно велико (уже при гораздо меньшем заряде кулоновские силы разорвут капельку). 21.37. 830 кН. 21.38. В случае б. **Указание.** Необходимо учесть, что заряды неравномерно распределятся по поверхности каждого шара. 21.39. Могут, если тела расположены достаточно близко и заряд одного из них во много раз превышает заряд другого. 21.40. 0,67 и 2,67 нКл. 21.41. 40 и 120 нКл или -40 и -120 нКл. 21.42. $1,25 \cdot 10^9$ и $3,75 \cdot 10^9$ электронов. 21.43. 4,2 мКл. 21.44. $2,3 \cdot 10^{14} \text{ с}^{-1}$.

22.16. 2 кН/Кл. 22.17. 5 мН. 22.18. 4 мкН. 22.19. 1 нКл. 22.20. $3,8 \cdot 10^{12} \text{ м/с}^2$. 22.21. Уменьшается в 9 раз. 22.22. 56 кН/Кл; 14 кН/Кл. 22.23. 12 см; 27 мкН. 22.24. 86 кН/Кл. 22.25. 6 см. 22.26. 19 нКл. 22.27. 11° . 22.28. 200 кН/Кл. 22.30. См. рис. 16 для случая $\epsilon = 2$. 22.31. В точке, находящейся на расстоянии 4 см от меньшего заряда и 8 см от большего. 22.32. В точке, находящейся на расстоянии 12 см от положительного заряда и 24 см от отрицательного. 22.33. В точке, лежащей на 15 см ниже заряда. 22.34. $E_A = E_C = 15 \text{ кН/Кл}$; $E_B = 21 \text{ кН/Кл}$; $E_D = 3 \text{ кН/Кл}$.

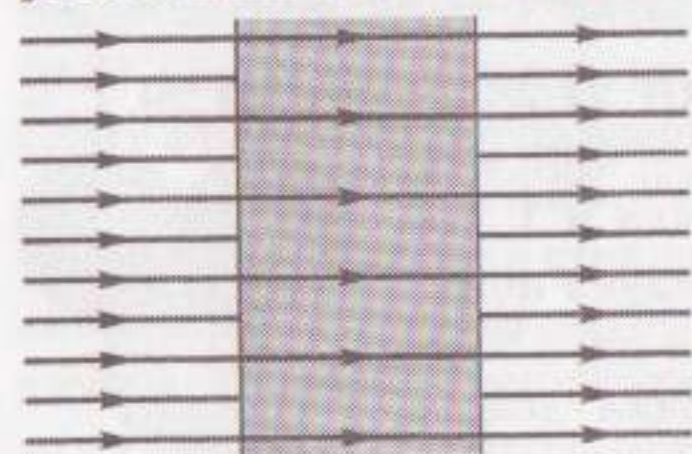


Рис. 16

22.35. $E = 4k \frac{q}{a^2}$. 22.36. 25 см. 22.37. $6,4 \times 10^{-7} \text{ м/с}^2$. 22.38. Зернышко может быть нейтральным или даже иметь небольшой

векторы \vec{E}_1 и \vec{E}_2 направлены в одну сторону). Чтобы выполнялось условие $E_1 = E_2$, искомая точка должна лежать ближе к меньшему по модулю заряду (рис. 14). Из соотношения $k \frac{|q_2|}{(a+x)^2} = k \frac{|q_1|}{x^2}$ получаем $x = a$. Найдем теперь заряд Q . Для этого можно использовать условие равновесия заряда 1: он находится посередине между зарядами Q и q_2 , откуда следует $Q = q_2$. 21.32. В 15 см от меньшего заряда и 45 см — от большего. 21.33. 0,11 мН. **Решение.** Силу $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$ можно найти, воспользовавшись правилом параллелограмма (рис. 15). Параллелограмм

отрицательный заряд. 22.39. **Решение.** Электрическое поле вызывает в шарике разделение зарядов. Справа на поверхности появляется положительный заряд q , слева — равный ему по модулю отрицательный заряд. Следовательно, в поле на шарик действует сила $\vec{F} = \vec{F}_+ + \vec{F}_- = q(\vec{E}_+ + \vec{E}_-)$. Здесь \vec{E}_+ и \vec{E}_- — напряженности поля в области концентрации соответственно положительного и отрицательного зарядов. На рис. 17 в качестве примера показан случай а. В этом случае $E_+ > E_-$ (справа линии напряженности сгущаются), поэтому сила \vec{F} направлена вправо. Рассуждая аналогично, получаем, что в случае б она направлена влево. Таким образом, в обоих случаях шарик втягивается в область более сильного поля (например, притягивается к создающему поле заряду). В однородном поле (случай в)

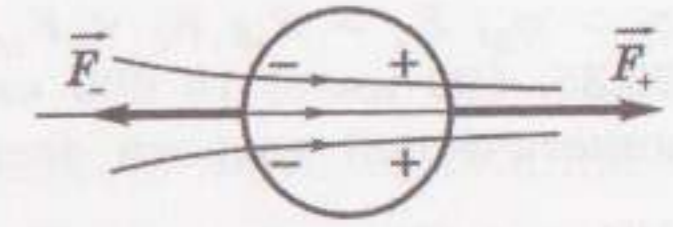


Рис. 17

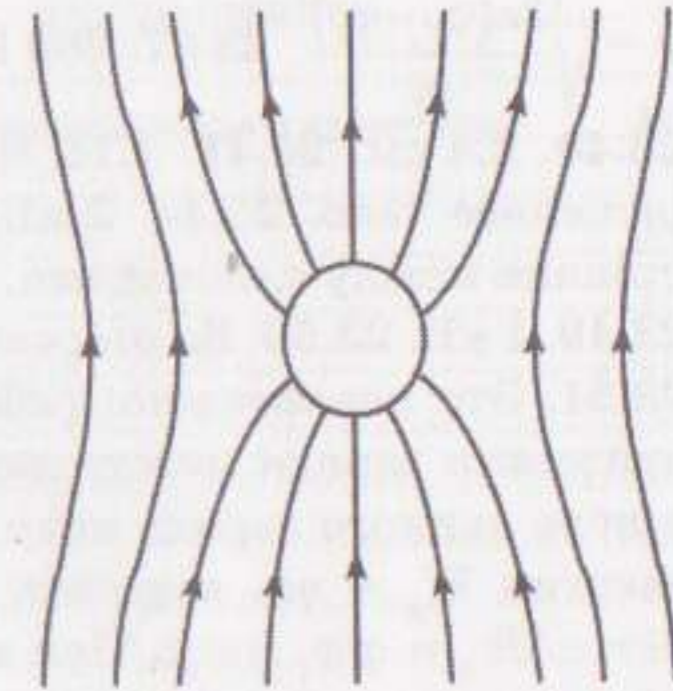


Рис. 18

$F = 0$. Проведенное рассуждение справедливо как для проводников, так и для диэлектриков (в проводнике разделение зарядов происходит вследствие электростатической индукции, в диэлектрике — вследствие поляризации). 22.40. См. рис. 18. 22.41. 115 кН/Кл. 22.42. 86,4 кН/Кл.

22.44. $E = k \frac{hQ}{(R^2 + h^2)^{3/2}}$. 22.45. 1500 кг/м³. **Решение.** На рис. 19 показаны силы, действующие на один из шариков после погружения в машинное

масло. Из условия равновесия получаем соотношение $\text{tg } \alpha = \frac{F_{\text{км}}}{mg - F_A}$.

Здесь $F_{\text{км}}$ — сила кулоновского отталкивания в масле, F_A — архимедова сила. В воздухе архимедова сила практически отсутствует, а кулоновская сила увеличивается в ϵ раз (ϵ — диэлектрическая проницаемость масла); поэтому $\text{tg } \alpha = \frac{\epsilon F_{\text{км}}}{mg}$. Отсюда $mg = \frac{\epsilon F_A}{\epsilon - 1}$. Учитывая соотношения $m = \rho V$ и $F_A = \rho_m g V$, находим $\rho = \frac{\epsilon \rho_m}{\epsilon - 1}$. Здесь ρ_m — плотность масла.

22.46. 3,2 мм. **Указание.** Движение электронов в конденсаторе аналогично движению тела, брошенного горизонтально, под действием силы тяжести.

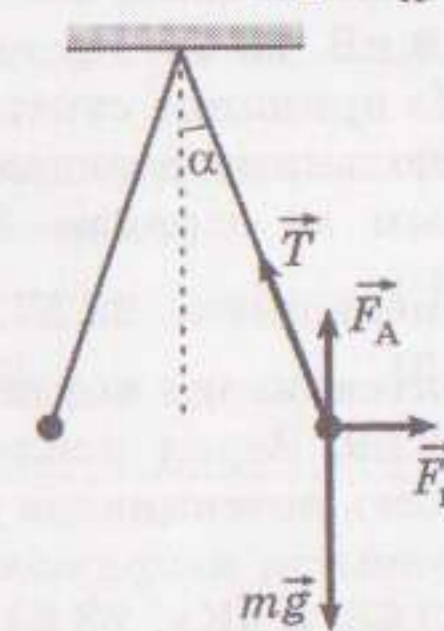


Рис. 19

23.11. 5 кВ. 23.12. 1,6 кВ. 23.13. -2 нКл. 23.14. 0,3 мкДж. 23.15. -0,8 мкДж. 23.16. 2 кВ. 23.17. -10 кВ. 23.18. 80 мДж. 23.20. 15 кВ. 23.21. -10 мкДж; увеличилась на 10 мкДж. 23.22. 2 кэВ; $3,2 \cdot 10^{-16} \text{ Дж}$. 23.23. 10 мкФ. 23.24. 50 мкКл. 23.25. 2 В. 23.26. 465 пФ. 23.27. 160 пФ; 48 нКл. 23.28. 0,04 Дж. 23.29. 0,1 мДж. 23.30. Положительную. 23.31. $\phi_A > \phi_B$.

$\varphi_c > \varphi_D$; $E_A > E_B$; $E_c < E_D$. 23.33. Работа во всех случаях одинакова. 23.35. 590 км/с; 19 000 км/с. 23.36. 8400 км/с. *Решение.* Изменение кинетической энергии электрона равно работе электрического поля:

$\Delta W_k = A$. Учитывая, что $W_k = \frac{mv^2}{2}$ и $A = q(\varphi_1 - \varphi_2) = e(\varphi_2 - \varphi_1)$, получим

$$v = \sqrt{\frac{2e(\varphi_2 - \varphi_1)}{m}}. \quad 23.37. 280 \text{ В. } 23.38. 68 \text{ В. } 23.39. -4,5 \cdot 10^{-25} \text{ Дж; } 2,8 \text{ мкВ.}$$

23.40. 2,4 см. 23.41. 4,15 МВ. 23.42. 110 000 км/с. 23.43. Поднести заряженное тело. 23.44. 2 кВ/м. 23.45. Можно; например, увеличив расстояние между пластинами. 23.46. 1,44 Дж. 23.47. 20 мкФ. 23.48. 300 В. 23.49. 1 кВ. 23.50. Во втором случае потребуется в 3 раза больше энергии. 23.51. Это невозможно; работа такого поля зависела бы от траектории движения заряда между двумя точками. 23.52. 3,6 кВ. *Решение.* Если в поле данного заряда находится другой заряд q , то его потенциальная энергия $W_p = q\varphi$, а работа кулоновских сил при перемещении заряда $A = -\Delta W_p = q(\varphi_1 - \varphi_2)$. При малом изменении расстояния между зарядами (от r до $r + \Delta r$) можно считать, что кулоновская сила почти не изменяется:

$$A \approx k \frac{Qq}{r(r+\Delta r)} \cdot \Delta r \approx k \frac{Qq}{r(r+\Delta r)} \cdot \Delta r \approx q \left(k \frac{Q}{r} - k \frac{Q}{r+\Delta r} \right).$$

Нетрудно проверить, что эта формула справедлива независимо от знаков обоих зарядов. Сопоставляя два полученных выражения для работы и учитывая, что при $r \rightarrow \infty$ потенциальную энергию принимают равной нулю, получаем $\varphi = k \frac{Q}{r}$. Заметим, что потенциальная энергия взаимодействия зарядов

$W_p = k \frac{Qq}{r}$ положительна для одноименных зарядов (т. е. в случае отталкивания) и отрицательна для разноименных зарядов. 23.53. 18 кВ; 18 кВ. 23.54. Потенциал меньшего шара выше. 23.55. 51 кВ. *Указание.*

Из принципа суперпозиции следует, что потенциал поля, созданного несколькими зарядами, равен сумме потенциалов полей, созданных каждым из зарядов. 23.56. Напряженность поля увеличится, потенциал уменьшится. 23.57. $E = 0$, $\varphi = k \frac{Q}{R}$. 23.58. Разность потенциалов не изменится, заряд конденсатора и напряженность поля уменьшатся в 2 раза. 23.59. Заряд конденсатора и напряженность поля не изменятся, разность потенциалов увеличится в 2 раза. 23.60. Заряд конденсатора не изменится, напряжение уменьшится в 2 раза. 23.61. 3,2 мм. 23.62. 11,3 В. 23.63. 5 нКл. 23.64. 3. 23.65. 425 нКл. 23.66. 0,23 мкДж.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие 3

МЕХАНИКА

1. Система отсчета. Траектория, путь, перемещение	4
2. Скорость. Сложение скоростей	8
3. Ускорение. Прямолинейное равноускоренное движение.....	10
4. Криволинейное движение	17
5. Силы в механике. Законы Ньютона	22
6. Всемирное тяготение	26
7. Сила упругости. Вес	29
8. Силы трения	33
9. Применение законов динамики	38
10. Импульс. Реактивное движение	41
11. Механическая работа и мощность. Энергия	45
12. Механические колебания	50
13. Механические волны. Звук	54

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА

14. Основные положения молекулярно-кинетической теории.....	57
15. Температура. Газовые законы. Уравнение состояния газа.....	61
16. Температура и средняя кинетическая энергия молекул	70
17. Состояния вещества	73
18. Внутренняя энергия. Первый закон термодинамики.....	76
19. Тепловые машины. Второй закон термодинамики.	82
20. Фазовые переходы. Насыщенный пар	86

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ

21. Взаимодействие электрических зарядов.....	92
22. Напряженность электрического поля. Проводники и диэлектрики в электростатическом поле.....	96
23. Потенциал и разность потенциалов. Емкость. Энергия электрического поля	100

НЕСКОЛЬКО ИНТЕРЕСНЫХ ЗАДАЧ С РЕШЕНИЯМИ 107

ОТВЕТЫ, УКАЗАНИЯ, РЕШЕНИЯ..... 111

Учебное издание

Генденштейн Лев Элевич,
Кирик Леонид Анатольевич,
Гельфгат Илья Маркович,
Ненашев Игорь Юрьевич

ФИЗИКА

10 класс

В двух частях

Часть 2

ЗАДАЧНИК

для общеобразовательных учреждений
(базовый уровень)

Генеральный директор издательства *М. И. Безвиконная*
Главный редактор *К. И. Куровский*
Редактор *А. И. Юдина*
Ответственный за выпуск *Н. В. Блейшмидт*
Художник *С. А. Сорока*

Оформление и художественное редактирование: *С. А. Сорока*
Технический редактор *И. Л. Ткаченко*
Корректоры *Л. В. Дьячкова, Л. А. Ключникова*
Компьютерная верстка: *А. Л. Бабабекова*

Санитарно-эпидемиологическое заключение
№ 77.99.60.953.Д.003577.04.09 от 06.04.2009.

Формат 60×90 ¹/₁₆. Бумага офсетная № 1. Гарнитура «Школьная».
Печать офсетная. Усл. печ. л. 8,0. Доп. тираж 20 000 экз. Заказ № 7086

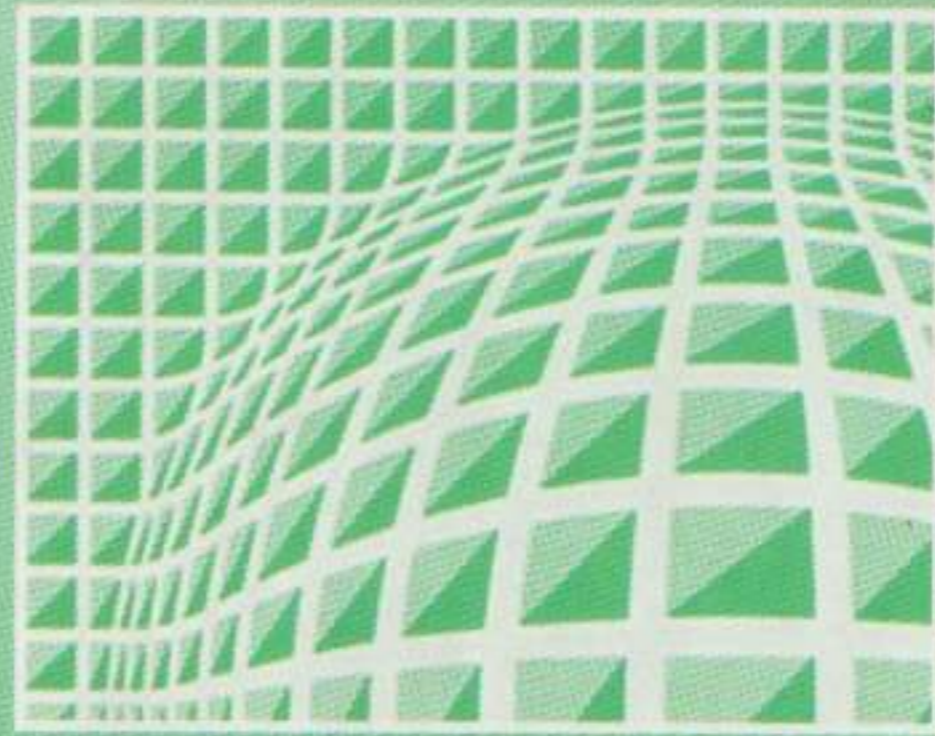
Издательство «Мнемозина». 105043, Москва, ул. 6-я Парковая, 29б.
Тел.: 8 (499) 367 5418, 367 5627, 367 6781; факс: 8 (499) 165 9218.
E-mail: ioc@mnemozina.ru www.mnemozina.ru

Магазин «Мнемозина»
(розничная и мелкооптовая продажа книг, «КНИГА — ПОЧТОЙ»):
105043, Москва, ул. 6-я Парковая, 29 б.
Тел./факс: 8 (495) 783 8284; тел.: 8 (495) 783 8285.
E-mail: magazin@mnemozina.ru

Торговый дом «Мнемозина» (оптовая продажа книг).
Тел./факс: 8 (495) 665 6031 (многоканальный).
E-mail: td@mnemozina.ru

Отпечатано с готовых файлов заказчика в ОАО «ИПК
«Ульяновский Дом печати». 432980, г. Ульяновск, ул. Гончарова, 14

ФИЗИКА · 10



ISBN 978-5-346-01257-3



9 785346 012573

