

СБОРНИК ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ



- 2200 задач
- 4 уровня сложности
- Все разделы школьного курса



СБОРНИК ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ

10–11 классы

Предисловие

Сборник включает в себя задачи по всем разделам физики, изучаемым в 10–11 классах средней школы. В задачнике содержится более 2200 задач различного уровня сложности. Расположение задач соответствует структуре программы как базовой школы, так и школы повышенного уровня обучения.

Задачи разделены на четыре уровня. В первом уровне представлены простые задачи, предназначенные для отработки элементарных навыков решения задач; во втором – базовые, соответствующие обязательному минимуму программы; в третьем – задачи повышенной сложности, в четвертом – олимпиадные и конкурсные задачи.

Пособие предназначено для учителей и учеников общеобразовательных и профильных школ. Наличие в сборнике задач разного уровня сложности позволит учителю использовать его не только на уроках, но и на факультативных занятиях, а также при подготовке учеников к ЕГЭ.

Сборник задач апробирован авторами-составителями в общеобразовательных классах и в классах с углубленным изучением физики.

В конце книги помещены краткие ответы.

10 КЛАСС

Раздел 1. МЕХАНИКА

КИНЕМАТИКА

1. Путь, перемещение, координаты движущегося тела

Первый уровень

1.1. Мяч отпустили с высоты 2 м, а после отскока он поднялся на высоту 1,5 м. Чему равны путь и модуль перемещения мяча?

1.2. Мяч с высоты 1 м над поверхностью земли был подброшен вертикально вверх еще на 2 м и упал на землю. Найдите путь и перемещение мяча.

1.3. Два тела, брошенные с поверхности земли вертикально вверх, достигли высот 10 м и 20 м и упали на землю. Во сколько раз отличаются пути, пройденные этими телами?

1.4. Человек обошел круглое озеро диаметром 1 км. Определите путь, пройденный человеком, и модуль перемещения.

1.5. Спортсмен дважды пробежал дистанцию 400 м по дорожке стадиона и вернулся к месту старта. Чему равны путь, пройденный спортсменом, и модуль его перемещения?

1.6. Камень брошен из окна второго этажа с высоты 4 м и упал на землю на расстоянии 3 м от стены дома. Чему равен модуль перемещения камня?

1.7. Спортсмен во время тренировки пробежал 100 м на восток, а затем повернул и пробежал еще 100 м на север. Найдите путь и модуль перемещения спортсмена.

1.8. Начальное положение тела соответствует координатам $x_0 = 0$, $y_0 = 2$ м; конечное положение: $x = 4$ м, $y = 0$.

Сделайте построение и найдите модуль перемещения и значения проекций перемещения на координатные оси.

1.9. Тело переместилось из точки с координатами $x_0 = -1$ м, $y_0 = 1$ м в точку с координатами $x = 3$ м, $y = -2$ м. Сделайте построение, найдите проекции вектора перемещения на координатные оси и его модуль.

1.10. Начало вектора перемещения находится в точке с координатами $x_1 = 2$ м и $y_1 = 1$ м. Проекция вектора перемещения на ось Ox равна 3 м, а на ось Oy – 5 м. Определите конечные координаты вектора.

Второй уровень

1.11. В начальный момент времени тело находилось в точке A , через некоторое время оказалось в точке B (рис. 1). Найдите начальные и конечные координаты тела, модуль перемещения и проекции перемещения на оси Ox и Oy .

1.12. На рис. 2 показана траектория движения материальной точки. Ее начальное положение – A , конечное – C . Найдите проекции перемещения точки на координатные оси, модуль перемещения и путь, пройденный точкой.

1.13. Чему равно перемещение точки, находящейся на краю диска радиусом 1 м при его повороте на 60° вокруг оси, проходящей через центр диска?

1.14. Автомобиль прошел путь 20 км, двигаясь на север, затем ему пришлось свернуть на восток и пройти еще 30 км, после чего он снова повернул на север и достиг конечного пункта, пройдя еще 10 км. Найдите путь и модуль перемещения этого автомобиля.

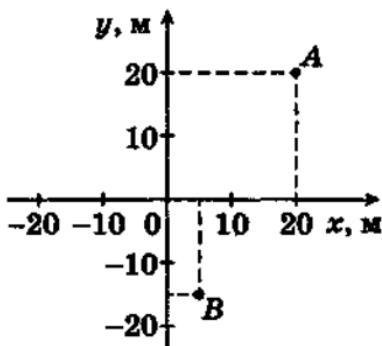


Рис. 1

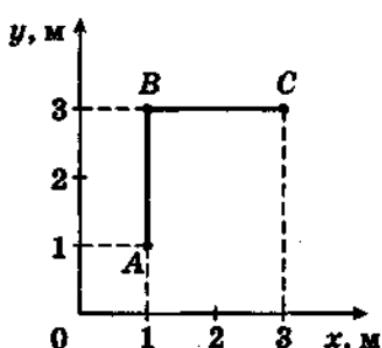


Рис. 2

1.15. Человек прошел по проспекту 240 м, затем повернул на перекрестке и прошел в перпендикулярном направлении еще 70 м. Во сколько раз путь, пройденный человеком, больше модуля его перемещения?

1.16. Тело движется по окружности радиусом 2 м. Через некоторое время его перемещение по модулю оказалось равным диаметру. Какой путь прошло тело?

1.17. Материальная точка движется по окружности радиусом 3 м. Чему равны путь и модуль перемещения через $\frac{1}{6}$ часть оборота точки?

1.18. Автомобиль преодолел подъем длиной 200 м с углом наклона к горизонту 30° . Найдите значения проекции перемещения автомобиля на координатные оси, если ось Ox направлена горизонтально, а ось Oy – вертикально.

1.19. Катер прошел из пункта A по озеру 5 км, затем развернулся и двигался под углом 30° к первоначальной траектории до тех пор, пока направление на пункт A не стало составлять угол 90° с направлением его движения. Каково перемещение катера? Какой путь он прошел?

2. Равномерное прямолинейное движение

Первый уровень

2.1. Для определения скорости течения воды в рекупущен поплавок, который за 50 с проходит расстояние 60 м между двумя вехами. Принимая скорость поплавка равной скорости течения, определите скорость течения воды.

2.2. Самолет пролетает 100 км за 5 мин. Определите скорость самолета в м/с и км/ч.

2.3. Что имеет большую скорость: самолет, пролетающий за час 1200 км, или пуля винтовки, вылетающая со скоростью 760 м/с?

2.4. За какое время плывущий по реке плот пройдет расстояние 150 м, если скорость движения 0,5 м/с?

2.5. Расстояние между двумя населенными пунктами 120 км. Автобус преодолевает это расстояние, двигаясь со средней скоростью 40 км/ч, а автомобиль – со средней скоростью 60 км/ч. На сколько часов пассажиры автобуса находятся в пути больше, чем пассажиры автомобиля?

2.6. С некоторого момента времени парашютист стал спускаться равномерно со скоростью 5 м/с. Двигаясь с такой скоростью, он за 5 мин достиг земли. Какой путь преодолел парашютист за это время?

2.7. Автобус в течение первого часа двигался со средней скоростью 60 км/ч, а в течение второго часа – 80 км/ч. На сколько километров больше составил путь автобуса за второй час движения, чем за первый?

2.8. Пешеход за минуту делает 100 шагов. Определите скорость движения пешехода, считая длину шага равной 80 см.

2.9. Автомобиль двигался со скоростью 40 км/ч в течение 30 мин, а следующие 0,5 ч со скоростью 60 км/ч. Какой путь прошел автомобиль за все время движения?

2.10. Мотоцикл за первые 2 ч проехал 90 км, а следующие 3 ч двигался со скоростью 50 км/ч. Какой была скорость мотоцикла на первом участке пути? Какой путь он прошел за все время движения?

2.11. Поезд в течение 1 ч шел со скоростью 20 м/с, затем еще 3 ч со скоростью 36 км/ч, а длина последнего участка пути составила 20 км. Какой путь прошел поезд?

2.12. Один велосипедист проехал некоторый путь за 3 с, двигаясь со скоростью 6 м/с, другой – этот же путь за 9 с. Какова скорость второго велосипедиста?

2.13. Молодой бамбук за сутки может вырасти на 86,4 см. На сколько сантиметров он может вырасти за 1 ч?

2.14. Расход воды в канале в секунду составляет $0,27 \text{ м}^3$. Ширина канала 1,5 м, глубина 0,6 м. Определите скорость воды в канале.

2.15. На графике (рис. 3) представлена зависимость координаты положения тела от времени. Напишите уравнение зависимости $x(t)$.

2.16. Координаты тела, движущегося равномерно и прямолинейно, с течением времени меняются по закону: $x = 3 + 4t$ (м) и $y = 5 + 3t$ (м). Определите скорость движения тела.

Второй уровень

2.17. На рис. 4 представлен график зависимости пройденного пути от времени для трех тел. Чему равна скорость третьего тела? Определите, во сколько раз скорость второго тела больше, чем первого.

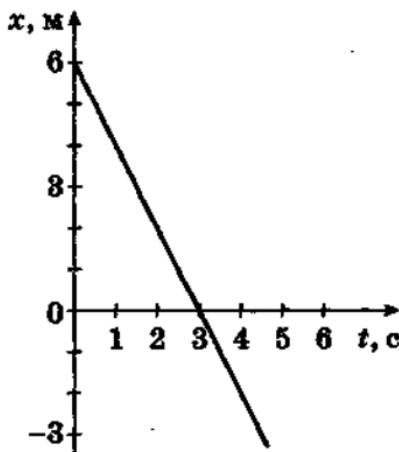


Рис. 3

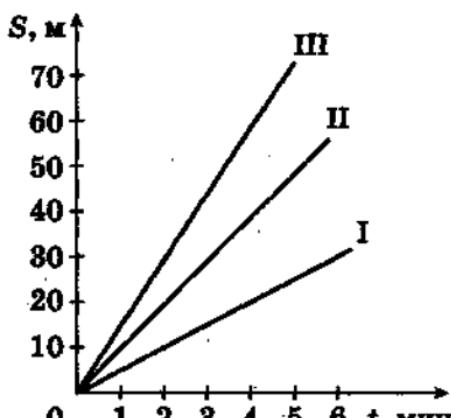


Рис. 4

2.18. За какое время поезд пройдет туннель длиной 200 м, если длина поезда 100 м, а его скорость 36 км/ч?

2.19. Движения двух велосипедистов заданы уравнениями: $x_1 = 5t$, $x_2 = 150 - 10t$. Найдите время и место встречи. Постройте графики зависимости $x(t)$.

2.20. В момент времени 1 с тело находилось в точке пространства с координатами $x_0 = -2$ м, $y_0 = 2$ м. К моменту времени 3 с тело переместилось в точку с координатами $x = 3$ м, $y = -3$ м. Определите скорость движения тела, если оно двигалось равномерно прямолинейно.

2.21. Радиолокатор ГАИ засек координаты машины: $x_1 = 60$ м; $y_1 = 100$ м. Через 2 с координаты машины изменились: $x_2 = 100$ м; $y_2 = 80$ м. Превысил ли водитель машины допустимую скорость в 60 км/ч?

2.22. Автомобиль движется со скоростью 54 км/ч. Ширина дороги равна 6 м. Скорость пешехода, переходящего через дорогу, 1 м/с. На каком минимальном расстоянии от автомобиля пешеход может начать движение?

2.23. Вагон поезда, движущегося со скоростью 36 км/ч, был пробит пулей, летевшей перпендикулярно движению вагона. Одно отверстие в стенках вагона смешено относительно другого на 3 см. Ширина вагона 2,7 м. Какова скорость движения пули?

2.24. По прямолинейной дороге навстречу друг другу равномерно движутся два автомобиля: один со скоростью 90 км/ч, другой со скоростью 72 км/ч. Автомобили встретились у заправочной станции и, не останавливаясь, про-

должили свое движение. Определите расстояние между автомобилями через 3 мин после встречи.

2.25. Из двух населенных пунктов, расстояние между которыми 120 км, одновременно навстречу друг другу выехали два автомобиля с постоянными скоростями 90 км/ч и 110 км/ч. Через какое время автомобили встретятся и какой путь пройдет каждый из них?

2.26. Спортсменка, которая обычно пробегала дистанцию со средней скоростью 5 м/с, после тренировок стала ту же дистанцию пробегать со средней скоростью 6 м/с, из-за чего время прохождения дистанции сократилось на 50 с. Найдите длину дистанции.

2.27. Автомобиль, двигаясь равномерно со скоростью 30 км/ч, проехал половину пути до места назначения. С какой скоростью должен двигаться автомобиль на оставшемся участке, чтобы за такое же время доехать до места назначения и вернуться туда, откуда он выехал?

2.28. Автомобилист, двигаясь равномерно со скоростью 20 м/с, проехал половину пути до места назначения за 1,25 ч. С какой скоростью он должен продолжить равномерное движение, чтобы за 3 ч достигнуть цели и вернуться обратно?

Третий уровень

2.29. Опишите движение двух автомобилей, представленное графиками зависимости координаты от времени (рис. 5). Найдите расстояние между автомобилями в момент начала движения; скорость каждого автомобиля; время, через которое они встретились; путь, пройденный каждым автомобилем до встречи.

2.30. На графике (рис. 6) представлена зависимость проекции скорости материальной точки от времени. Определите путь, пройденный телом за 10 с.

2.31. Из одного города в другой вышел пешеход. Когда он прошел 27 км, вслед за ним выехал автомобиль со скоростью в 10 раз большей, чем у пешехода. Второго города они достигли одновременно. Чему равно расстояние между городами?

2.32. Из пункта *A* в пункт *B* выехал велосипедист с постоянной скоростью 20 км/ч. Спустя 15 мин из пункта *B* в пункт *A* выехал второй велосипедист с постоянной

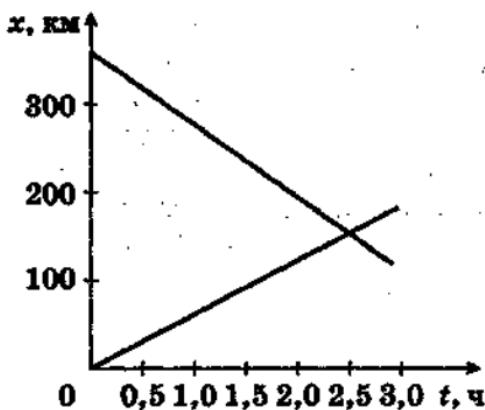


Рис. 5

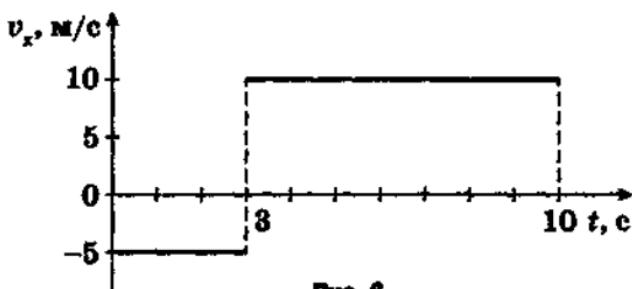


Рис. 6

скоростью 20 км/ч. Расстояние между пунктами 55 км. Через сколько времени после выхода второго велосипедиста они встретятся?

2.33. Расстояние между городом и дачным поселком 80 км. Из города в направлении поселка выехал автомобиль со скоростью 50 км/ч. Одновременно из поселка в том же направлении, что и автомобиль, выезжает мотоцикл со скоростью 30 км/ч. На каком расстоянии от города автомобиль догонит мотоцикл?

2.34. Толя и Оля одновременно вышли навстречу друг другу из двух поселков, расстояние между которыми 5 км. Толя шел со скоростью 5,6 км/ч, Оля со скоростью 5,4 км/ч. Между ними бегал щенок со скоростью 2 м/с. Щенок бегал до тех пор, пока дети не встретились. Какой путь пробежал щенок от момента выхода детей до момента их встречи?

2.35. Автобус, двигающийся со скоростью 50 км/ч, простоял перед закрытым железнодорожным переездом 1,5 мин. С какой скоростью он должен продолжить движение?

ние, чтобы не выбиться из расписания, если расстояние от перехода до ближайшей остановки маршрута 3,75 км?

2.36. Автобус и мотоцикл находятся на расстоянии 20 км друг от друга. Если они будут двигаться в одном направлении, то мотоцикл догонит автобус через 1 ч. Если будут двигаться навстречу друг другу с теми же скоростями, то встретятся через 10 мин. Каковы скорости мотоцикла и автобуса?

2.37. Мальчик ростом 1,5 м бежит со скоростью 3 м/с по прямой, проходящей под фонарем, который висит на высоте 3 м. Найдите скорость движения тени головы мальчика.

2.38. Пройдя $\frac{3}{8}$ длины моста, собака услышала сигнал догоняющего ее автомобиля. Если собака побежит назад, то встретится с автомобилем у одного конца моста, а если побежит вперед, то встретится с ним у другого конца моста. Во сколько раз скорость автомобиля больше скорости собаки?

2.39. Из пункта *M* в пункт *K* через интервалы времени 10 мин выезжает по одному автобусу. Расстояние между пунктами *M* и *K* равно 60 км. Скорость каждого автобуса 60 км/ч. Постройте график зависимости координаты от времени для каждого автобуса. Определите по этим графикам, сколько автобусов встретит в пути пассажир, который едет в автомобиле из пункта *K* в пункт *M* одновременно с одним из автобусов, отправляющихся из пункта *M*. Автомобиль с пассажиром движется со скоростью 60 км/ч.

3. Относительность движения

Первый уровень

3.1. Скорость движения катера в реке относительно воды 10 м/с, а скорость течения относительно берега 1,5 м/с. Какова скорость катера относительно берега в случаях, когда катер плывет по течению и против течения?

3.2. Две моторные лодки движутся навстречу друг другу в стоячей воде. Скорость первой лодки относительно второй 15 м/с. Чему будет равна скорость первой лодки относительно второй, если лодки будут двигаться по реке, скорость течения которой 2 м/с?

3.3. Катер движется вниз по течению реки. Скорость катера в стоячей воде 3 м/с, скорость течения реки 1 м/с. Какой путь преодолеет катер за 20 мин движения?

3.4. Моторная лодка движется по реке против течения. Собственная скорость лодки 4 м/с, скорость течения 1,5 м/с. Какое время понадобится лодке на преодоление расстояния в 9 км?

3.5. Колонна движется по шоссе со скоростью 10 м/с, растянувшись на расстояние 2 км. Из хвоста колонны выезжает мотоциклист со скоростью 20 м/с и движется к голове колонны. За какое время мотоциклист достигнет головы колонны?

3.6. Скорость катера относительно воды 3 м/с, а скорость течения 2 м/с. Во сколько раз отличаются пути, пройденные катером за 1 ч, по течению и против течения?

3.7. Теплоход идет по течению реки со скоростью 7 м/с, а против течения – со скоростью 4 м/с. Определите скорость течения и скорость теплохода относительно воды.

3.8. Сколько времени пассажир, стоящий у окна поезда, который идет со скоростью 54 км/ч, будет видеть проходящий мимо него встречный поезд, скорость которого 36 км/ч, а длина 250 м?

3.9. В течение какого времени скорый поезд длиной 280 м, следуя со скоростью 72 км/ч, будет проходить мимо встречного товарного поезда длиной 700 м, идущего со скоростью 54 км/ч?

3.10. Судно движется в спокойной воде со скоростью 16 км/ч. Рулевой направляет его поперек реки, скорость течения которой 6 км/ч. Какова скорость судна относительно берега?

3.11. Какое время потребуется для проезда расстояния в 1 км на катере туда и обратно: а) по реке; б) по озеру? Скорость катера относительно воды 8 км/ч, скорость течения 2 км/ч.

Второй уровень

3.12. Между двумя пунктами, расположенными на берегу реки на расстоянии 100 км один от другого, курсирует катер, который, идя по течению, проходит это расстояние за 4 ч, а против течения – за 10 ч. Определите скорость течения реки и скорость катера относительно воды.

3.13. Если два тела движутся навстречу друг другу, то расстояние между ними уменьшается на 16 м за 10 с. Если тела движутся в одном направлении, то расстояние между ними увеличивается на 3 м за 5 с. Каковы скорости каждого из тел?

3.14. Когда две лодки равномерно движутся навстречу друг другу – одна по течению, а другая против течения реки, то расстояние между ними сокращается на 20 м за каждые 10 с. Если же лодки, с прежними по модулю скоростями, будут двигаться по течению реки, то расстояние между ними за то же время увеличится на 10 м. Какова скорость лодок относительно воды?

3.15. По дороге, расположенной параллельно железнодорожному пути, движется велосипедист со скоростью 9 км/ч. В некоторый момент его догоняет движущийся равномерно поезд длиной 120 м и обгоняет его за 6 с. С какой скоростью шел поезд?

3.16. Поезд проходит по мосту длиной 171 м за 27 с, а мимо пешехода, идущего навстречу поезду со скоростью 1 м/с, за 9 с. Найдите скорость поезда и его длину.

3.17. Какую скорость должен иметь катер, чтобы при скорости течения реки, равной 1,5 м/с, двигался перпендикулярно берегу со скоростью 3,2 м/с?

3.18. Танк движется со скоростью 72 км/ч. С какой скоростью относительно земли движутся: нижняя часть гусеницы, верхняя часть гусеницы и часть гусеницы, которая в данный момент вертикальна относительно земли?

3.19. Дождевые капли, падающие отвесно, падают на окно автомобиля, движущегося со скоростью 45 км/ч, и оставляют след под углом 30° к вертикали. Определите скорость падающих капель.

Третий уровень

3.20. Катер проходит расстояние между двумя населенными пунктами вниз по реке за 8 ч, обратно за 12 ч. За сколько часов катер прошел бы то же расстояние в стоячей воде?

3.21. Пароход идет от Нижнего Новгорода до Астрахани 5 суток, а обратно 7 суток. Как долго будет плыть плот от Нижнего Новгорода до Астрахани?

3.22. Расстояние между двумя населенными пунктами, находящимися на берегу реки, 10 км. Против течения катер проходит это расстояние за 0,25 ч. Собственная скорость катера 60 км/ч. За какое время он пройдет это расстояние по течению?

3.23. От пристани *A* одновременно отчаливают плот и катер. Катер долывает до пристани *B* и, сразу же повернув обратно, встречает плот на расстоянии 9 км от пристани *B*. Во сколько раз скорость катера относительно воды больше скорости течения, если расстояние между пристанями 15 км?

3.24. Эскалатор в метро поднимает неподвижно стоящего на нем пассажира за 1 мин. По неподвижному эскалатору пассажир поднимается за 3 мин. Сколько времени будет подниматься идущий пассажир по движущемуся эскалатору?

3.25. Спуск пассажира, идущего по движущейся лестнице эскалатора, занимает 15 с. Спуск пассажира, стоящего на ленте работающего эскалатора, занимает 24 с. Сколько времени будет спускаться пассажир, идущий по ленте неработающего эскалатора?

3.26. Эскалатор в метро спускает идущего по нему человека за 1 мин. Если человек будет идти вдвое быстрее, то спустится за 45 с. Сколько времени спускается человек, стоящий на эскалаторе?

3.27. Два человека одновременно вступают на эскалатор с противоположных сторон и движутся навстречу друг другу с одинаковыми скоростями относительно эскалатора 2 м/с. На каком расстоянии от входа на эскалатор (вход там, где направление движения эскалатора совпадает с направлением движения человека) они встретятся? Длина эскалатора 100 м, его скорость 1,5 м/с.

3.28. Два автомобиля движутся по взаимно перпендикулярным дорогам: первый – на север со скоростью 70 км/ч, а второй – на восток со скоростью 90 км/ч. Какова скорость первого автомобиля относительно второго?

3.29. При скорости ветра 8 м/с капля дождя падает под углом 30° к вертикали. При какой скорости ветра капля будет падать под углом 60° к вертикали?

3.30. На какой угол надо отклониться от перпендикуляра к течению реки и сколько времени плыть на лодке,

чтобы переплыть реку перпендикулярно течению, если скорость лодки относительно воды 3 м/с, а скорость течения 1,5 м/с? Ширина русла реки 400 м.

3.31. Два рыбака переправляются на лодках через реку шириной 280 м, держа курс перпендикулярно берегу. Скорость течения реки 1 м/с. Скорость, сообщаемая лодкам усилиями каждого из рыбаков, – 1,4 м/с и 1,6 м/с. На каком расстоянии друг от друга причалят лодки к берегу, если они выплыли из одного пункта?

3.32. Теплоход, длина которого 300 м, движется по прямому курсу в неподвижной воде со скоростью v_t . Катер, имеющий скорость 90 км/ч, проходит вдоль движущегося теплохода от кормы до носа и обратно за 37,5 с. Определите скорость теплохода.

Четвертый уровень

3.33. Рыбак, плывя на лодке вверх по реке, уронил под мостом в воду багор. Через 1 ч он это обнаружил и, повернув назад, догнал багор на расстоянии 6 км от моста. Какова скорость течения реки, если рыбак двигался вверх и вниз по течению реки с одинаковой скоростью относительно воды?

3.34. По прямой реке с постоянной скоростью 5 м/с плывет баржа длиной 100 м. От кормы к носу и обратно по барже ходит матрос. Вперед он идет с постоянной относительно баржи скоростью 1 м/с, а назад – с постоянной относительно баржи скоростью 2 м/с. Какой путь пройдет матрос относительно берега реки, если пройдет по барже туда и обратно 10 раз?

3.35. При переправе через реку шириной 60 м надо попасть в точку, лежащую на 80 м ниже по течению, чем точка старта. Рулевой управляет моторной лодкой так, что она движется точно к цели со скоростью 8 м/с относительно берега. Какова при этом скорость лодки относительно воды, если скорость течения 2,8 м/с?

3.36. По спускающемуся эскалатору бежит вниз пассажир со скоростью 2 м/с относительно эскалатора. Скорость эскалатора равна 1 м/с. Сколько ступеней пройдет пассажир, если на неподвижном эскалаторе он прошел бы 90 ступеней?

3.37. Пассажир бежит вниз по спускающемуся эскалатору и считает ступеньки. Пробежав весь эскалатор, он насчитал 100 ступенек. Проделав то же самое на эскалаторе, идущем вверх, он насчитал 300 ступенек. Сколько ступенек он насчитал бы на неподвижном эскалаторе?

3.38. Мальчик, спускаясь спокойно по движущейся вниз ленте эскалатора, насчитал 40 ступеней. Во время следующего спуска мальчик увеличил скорость своего движения ровно в 2 раза и насчитал 60 ступеней. Сколько ступеней насчитал мальчик, спускаясь по ленте нерабочего эскалатора?

4. Средняя скорость неравномерного движения

Первый уровень

4.1. Автомобиль проходит по проселочной дороге 50 км за 4 ч, а оставшиеся 100 км по шоссе за 1 ч. Определите среднюю скорость автомобиля.

4.2. Вычислите среднюю скорость движения человека, если на прохождение первой части пути он затратил 20 мин, на прохождение второй – 40 мин, а общий путь, пройденный человеком, составил 5 км.

4.3. Автобус за первые 30 мин прошел путь 25 км, затем 5 мин стоял у переезда, а за следующие 25 мин прошел еще 30 км. Найдите среднюю скорость автобуса на всем пути.

4.4. На рис. 7 представлен график зависимости координаты движения тела от времени. Определите среднюю скорость движения тела за все время.

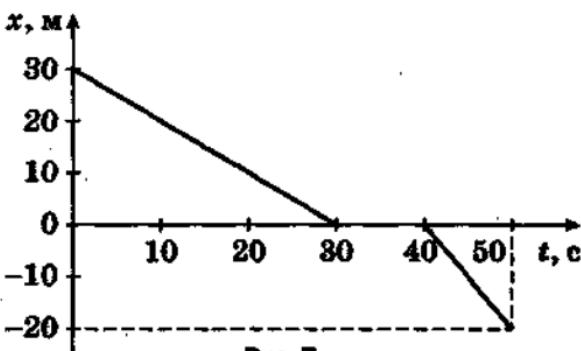


Рис. 7

Второй уровень

4.5. Мотоциклист за первые 2 ч проехал 90 км, а следующие 3 ч двигался со скоростью 50 км/ч. Какова его средняя скорость на всем пути?

4.6. В течение первых 5 ч поезд двигался со скоростью 60 км/ч, а затем в течение 4 ч – со скоростью 15 км/ч. Найдите среднюю скорость поезда за все время движения.

4.7. Трактор двигался 1 мин со скоростью 2,25 км/ч, 1 мин со скоростью 3,60 км/ч и 1 мин со скоростью 5,18 км/ч. Определите среднюю скорость за все время движения.

4.8. Автомобиль первые 100 м прошел со скоростью 18 км/ч, а следующие 200 м – за 10 с. Чему равна средняя скорость автомобиля на всем пути?

4.9. Трамвай первые 10 с двигался со скоростью 5 м/с, а следующие 500 м – со скоростью 10 м/с. Определите среднюю скорость трамвая на всем пути.

4.10. Велосипедист, проехав 4 км со скоростью 12 км/ч, остановился и отдыхал в течение 40 мин. Оставшиеся 8 км пути он проехал со скоростью 8 км/ч. Найдите среднюю скорость велосипедиста на всем пути.

4.11. Поезд шел между двумя станциями со скоростью 72 км/ч. В пути он сделал две остановки по 20 мин. Общее время в пути составило 2 ч. Определите среднюю скорость поезда.

4.12. Одну треть пути тело движется со скоростью 36 км/ч, а остальной путь, равный 300 м, проходит за 60 с. Определите среднюю скорость тела.

4.13. Поезд движется прямолинейно в гору со средней скоростью 10 м/с. Чему равна начальная скорость движения, если конечная скорость равна 5 м/с? С каким по модулю ускорением поезд двигался, если подъем длился 1 мин?

4.14. Материальная точка движется вдоль координатной оси Ox со скоростью, которая меняется по закону $v_x(t) = 10 + 2t$. Найдите среднюю скорость на пути, пройденном за время от 0 с до 10 с.

4.15. Спортсмен преодолел дистанцию 5 км. Первый километр он пробежал за 3 мин, а на каждый последующий километр у него уходило на t секунд больше, чем

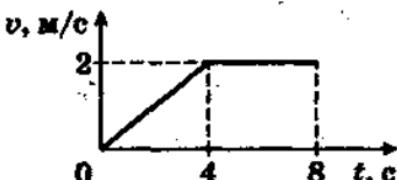


Рис. 8

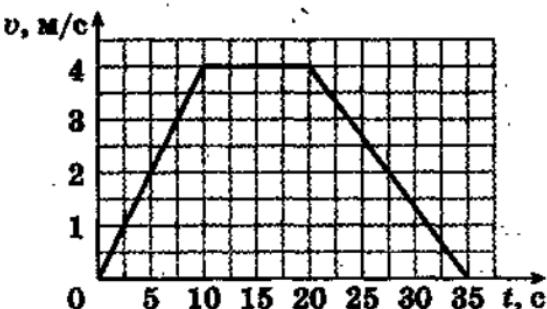


Рис. 9

на предыдущий. Найдите t , если известно, что средняя скорость на всем пути оказалась такой, как если бы спортсмен пробегал каждый километр за 3 мин 12 с.

4.16. По графику зависимости скорости от времени (рис. 8) определите среднюю скорость движения на первой половине пути.

4.17. На рис. 9 представлен график зависимости скорости движения тела от времени. Пользуясь графиком, определите среднюю скорость тела за все время движения.

4.18. Велосипедист выехал из одного города в другой. Половину времени он проехал со скоростью 12 км/ч, а вторую половину времени шел пешком со скоростью 4 км/ч. Определите среднюю скорость движения велосипедиста.

4.19. Автомобиль проехал первую половину пути со скоростью 20 м/с, а вторую половину – со скоростью 30 м/с. Найдите среднюю скорость на всем пути.

Третий уровень

4.20. Один поезд прошел первую половину пути со скоростью 80 км/ч, а вторую половину – со скоростью 40 км/ч. Второй поезд прошел половину времени со скоростью 80 км/ч, а оставшуюся часть времени со скоро-

стью 40 км/ч. Во сколько раз средняя скорость второго поезда больше, чем первого?

4.21. Три четверти пути автомобиль проехал со скоростью 20 м/с, а оставшуюся часть – со скоростью 10 м/с. Какова средняя скорость на всем пути?

4.22. Первую половину пути велосипедист проехал со скоростью 20 км/ч. Средняя скорость на всем пути оказалась равной 8 км/ч. С какой скоростью велосипедист проехал оставшуюся часть пути?

4.23. Катер прошел первую половину пути со средней скоростью в три раза большей, чем вторую. Средняя скорость на всем пути составила 6 км/ч. Какова средняя скорость катера на первой половине пути?

4.24. Первую половину пути поезд прошел со скоростью, которая была в 1,5 раза больше той скорости, с которой поезд прошел вторую половину пути. Средняя скорость движения поезда на всем пути составила 42 км/ч. С какой скоростью двигался поезд на первой и второй половинах пути? Ответы округлить до целых чисел.

4.25. Поезд прошел путь 200 км. В течение 1 ч он двигался со скоростью 100 км/ч, затем сделал остановку на 30 мин. Оставшуюся часть пути он шел со скоростью 40 км/ч. Какова средняя скорость движения поезда?

4.26. Велосипедист начал свое движение из состояния покоя и в течение первых 4 с двигался с ускорением 1 м/с^2 ; затем в течение 0,1 мин он двигался равномерно и последние 20 м – равнозамедленно до остановки. Найдите среднюю скорость за все время движения.

4.27. Двигаясь прямолинейно и равноускоренно, поезд преодолел участок склона со средней скоростью 15 м/с, увеличив на этом участке мгновенную скорость на 11 м/с. Вычислите мгновенную скорость, с которой поезд двигался на середине склона.

4.28. Катер, двигаясь без остановок, поднялся вверх по реке на некоторое расстояние, а затем повернул назад и вернулся в пункт отправления. Скорость катера в стоячей воде 4 м/с. Определите скорость течения реки, если известно, что средняя скорость движения составила $\frac{15}{16}$ от скорости катера в стоячей воде.

4.29. Из пункта *A* в пункт *B* вниз по течению реки отправился катер. Дойдя до пункта *B*, он мгновенно развернулся и направился в пункт *A*. Скорость течения реки 3 км/ч. Определите среднюю скорость катера за все время движения, если известно, что на путь из *A* в *B* катер затратил в 2 раза меньше времени, чем на обратный путь. Скорость катера относительно воды не изменяется.

4.30. Автомобиль проехал первую половину пути со скоростью 60 км/ч. Оставшуюся часть пути он половину времени ехал со скоростью 35 км/ч, а последний участок – со скоростью 45 км/ч. Найдите среднюю скорость автомобиля на всем пути.

Четвертый уровень

4.31. Найдите среднюю скорость самолета, если известно, что первую треть пути он летел со скоростью 700 км/ч, вторую треть пути – со скоростью 500 км/ч, а последнюю часть пути – со скоростью, вдвое большей средней скорости на первых двух участках пути.

4.32. Автомобиль едет все время по прямой. В первый час движения его скорость была 40 км/ч. В течение второго часа он «прибавил» и ехал равномерно, и средняя скорость за первые 2 ч составила 60 км/ч. Потом он снова прибавил скорость, и средняя скорость за первые 3 ч стала 70 км/ч. Найдите среднюю скорость движения на первой и второй половинах пути.

4.33. Пешеход треть всего пути бежал со скоростью 9 км/ч, третью всего времени шел со скоростью 4 км/ч, а оставшуюся часть пути – со скоростью, равной средней скорости на всем пути. Найдите среднюю скорость.

4.34. Расстояние между двумя станциями поезд прошел со средней скоростью 72 км/ч за 20 мин. Разгон и торможение длились 4 мин, а остальное время поезд двигался равномерно. Какой была скорость при равномерном движении?

4.35. Тело в течение времени t двигалось с постоянной скоростью 5 м/с. Затем его скорость равномерно возрасла так, что в момент времени $2t$ стала равной 10 м/с. Вычислите среднюю скорость тела на первой половине пути. Движение считать прямолинейным.

5. Прямолинейное равноускоренное движение

Первый уровень

5.1. Какой путь прошел вагон поезда за 15 с, двигаясь с ускорением $0,3 \text{ м/с}^2$, если его начальная скорость была 1 м/с ?

5.2. Автомобиль двигался со скоростью 54 км/ч , а затем тормозил в течение 7 с, двигаясь с ускорением 2 м/с^2 . Какой путь прошел автомобиль в процессе торможения?

5.3. Трамвай, двигаясь равномерно со скоростью 15 м/с , начинает торможение. Чему равен тормозной путь трамвая, если он остановился через 10 с?

5.4. Через 30 с после начала движения космическая ракета достигла скорости $1,8 \text{ км/с}$. С каким ускорением двигалась ракета?

5.5. Тело движется прямолинейно с ускорением 2 м/с^2 . Как изменится его скорость за 2 с?

5.6. Мотоцикл начал свое движение с ускорением $0,3 \text{ м/с}^2$. Какую скорость он разовьет через 15 с после начала движения?

5.7. Автомобиль, двигаясь с ускорением $0,6 \text{ м/с}^2$, через 10 с достиг скорости 36 км/ч . Какой была начальная скорость автомобиля?

5.8. С каким ускорением двигался автомобиль, если на пути 1 км его скорость возросла от 36 до 72 км/ч ?

5.9. Автомобиль начинает движение из состояния покоя с постоянным ускорением. За первые 10 с он проходит путь 150 м. Чему равно ускорение автомобиля?

5.10. Автомобиль, двигаясь равноускоренно с начальной скоростью 5 м/с , прошел за первую секунду путь 6 м. Найдите ускорение автомобиля.

5.11. Гору длиной 50 м лыжник прошел за 10 с, двигаясь с ускорением $0,4 \text{ м/с}^2$. Чему равна скорость лыжника в начале пути?

5.12. Пуля, летящая со скоростью 400 м/с , попадает в земляной вал и проникает в него на 40 см. С каким ускорением двигалась пуля?

5.13. Движение тела описывается уравнением $x = -5 + 6t - 8t^2$. Опишите движение этого тела. Запишите уравнение зависимости скорости от времени.

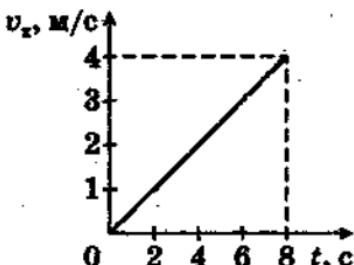


Рис. 10

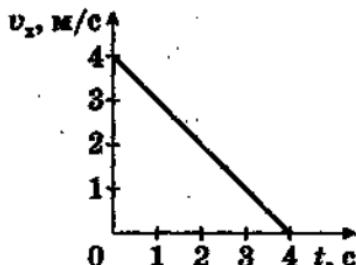


Рис. 11

5.14. По графику зависимости проекции скорости от времени (рис. 10) определите ускорение, с которым движется тело, и перемещение тела за 8 с.

5.15. По графику зависимости проекции скорости от времени (рис. 11) определите модуль ускорения, с которым движется тело, и перемещение тела за 4 с.

5.16. В начальный момент времени, когда тело находилось в точке с координатой 100 м и имело скорость 4 м/с, начался процесс торможения. За 2 с скорость тела уменьшилась на 2 м/с. Напишите уравнение зависимости координаты тела от времени и найдите координату тела через 6 с после начала торможения.

Второй уровень

5.17. Поезд длиной 90 м начинает движение из состояния покоя и движется равноускоренно. Головная часть поезда проходит мимо путевого обходчика, находящегося на расстоянии 130 м от точки начала движения поезда, со скоростью 25 м/с. Какова скорость последнего вагона, когда он проходит мимо обходчика?

5.18. Локомотив находился на расстоянии 400 м от светофора и имел скорость 72 км/ч, когда началось торможение. Определите положение локомотива относительно светофора через 1 мин после начала движения, если он двигался с ускорением 0,5 м/с².

5.19. Двигаясь равноускоренно вдоль прямой, за 20 с тело прошло путь 6 м. В процессе движения скорость тела возросла в 5 раз. Определите начальную скорость тела.

5.20. Тело движется по прямой сначала равномерно со скоростью 5 м/с в течение 10 с, а затем равноускорен-

но с ускорением 2 м/с^2 в течение 5 с. Определите путь, пройденный телом за все время движения.

5.21. Автомобиль начинает двигаться без начальной скорости и проходит первый километр с ускорением a_1 , а второй километр – с ускорением a_2 . При этом на первом километре его скорость возрастает на 10 м/с , а на втором – на 5 м/с . Найдите ускорение a_1 и a_2 на каждом километре пути.

5.22. Автомобиль трогается с места и первый участок пути проходит с ускорением a_1 , а второй, такой же по длине участок – с ускорением a_2 . При этом на первом участке его скорость возросла на 5 м/с , а на втором – на 3 м/с . Во сколько раз ускорение на втором участке пути больше, чем на первом?

5.23. Какой путь прошло тело за время своего движения, если оно сначала разгонялось из состояния покоя в течение 20 с , двигаясь с ускорением $0,1 \text{ м/с}^2$, а затем тормозило до полной остановки в течение 10 с ?

5.24. Кабина лифта поднимается в течение первых 7 с равноускоренно и достигает скорости 4 м/с . С этой скоростью она движется следующие 8 с , а последние 3 с – равнозамедленно. Определите перемещение кабины лифта за все время движения.

5.25. Шарик, скатываясь по наклонной плоскости из состояния покоя, за первую секунду прошел путь 10 см . Какой путь он пройдет за первые 3 с ?

5.26. Шайба скользит до остановки 5 м , если ей сообщить начальную скорость 2 м/с . Какой путь пройдет до остановки шайба, если ей сообщить начальную скорость 4 м/с . Ускорение шайбы постоянно.

5.27. В конце уклона лыжник развел скорость 8 м/с . Найдите начальную скорость лыжника и ускорение, с которым он двигался, если длину уклона в 100 м он прошел за 20 с ?

5.28. Участок длиной в 500 м автомобиль прошел с ускорением 2 м/с^2 . Определите время прохождения этого участка, если начальная скорость составляла 5 м/с .

5.29. Материальная точка, двигаясь равноускоренно по прямой, за некоторое время увеличила скорость в 3 раза, пройдя путь 20 м с ускорением 5 м/с^2 . Найдите это время.

5.30. К концу первой секунды равнозамедленного движения модуль скорости тела равен 2 м/с, а к концу второй – 1 м/с. Определите модуль ускорения тела.

5.31. Тело, имея начальную скорость 1 м/с, двигалось равноускоренно и приобрело, пройдя некоторый путь, скорость 7 м/с. Какой была скорость тела в середине этого пути?

5.32. От поезда, движущегося со скоростью 20 м/с, отцепляют последний вагон, который останавливается через 10 с. Определите расстояние между поездом и вагоном в этот момент. Движение вагона считать равнозамедленным.

5.33. Движение двух автомобилей описывается следующими уравнениями: $x_1 = 2t + 0,2t^2$ и $x_2 = 80 - 4t$. Определите, когда и где произойдет встреча автомобилей. Найдите расстояние между ними через 5 с после начала движения.

5.34. Два автомобиля выезжают из одного пункта в одном направлении. Первый автомобиль выезжает на 20 с раньше второго. Оба автомобиля движутся с одинаковым ускорением, равным 0,4 м/с². Через сколько времени, считая от начала движения первого автомобиля, расстояние между ними станет равным 240 м?

Третий уровень

5.35. Мимо наблюдателя, стоящего на платформе, проходит поезд. Первый вагон поезда прошел мимо наблюдателя за 1 с, второй – за 1,5 с. Найдите ускорение поезда, считая его движение равнопеременным. Длина каждого вагона 12 м.

5.36. Электропоезд из состояния покоя начинает двигаться с постоянным ускорением. Найдите отношение расстояний, пройденных за последовательные равные промежутки времени.

5.37. При равноускоренном движении тело проходит в первые два равных последовательных промежутка времени, по 4 с каждый, пути 24 м и 64 м. Определите начальную скорость и ускорение движения.

5.38. При равноускоренном движении по прямой с нулевой начальной скоростью тело за первую секунду прошло путь 2 м, а за последнюю секунду – 14 м. Вычислите время движения тела.

5.39. Самолет затрачивает на разбег 24 с. Рассчитайте длину разбега самолета и скорость в момент отрыва, если на половине длины разбега он имел скорость, равную 30 м/с.

5.40. Поезд, трогаясь из состояния покоя, движется равноускоренно. На первом километре скорость поезда возросла на 10 м/с. На сколько возрастет скорость на втором километре пути?

5.41. Путь разбит на равные отрезки. Автомобиль начинает двигаться равноускоренно и проходит первый отрезок за 1 с. За какой промежуток времени автомобиль пройдет девятый отрезок пути?

5.42. Тело, двигаясь равноускоренно с ускорением 2 м/с^2 без начальной скорости, в последнюю секунду своего движения прошло $\frac{1}{3}$ пути. Определите путь и время движения тела.

5.43. В течение 6 с тело движется равнозамедленно, причем в начале шестой секунды его скорость 2 м/с, а в конце равна нулю. Какова длина пути, пройденного телом?

5.44. За первую секунду равнозамедленного движения автомобиль прошел половину тормозного пути. Определите полное время торможения.

5.45. Пассажир первого вагона поезда длиной 80 м прогуливается по перрону. Когда он был рядом с последним вагоном, поезд начал движение с ускорением $0,02 \text{ м/с}^2$. Пассажир сразу же побежал со скоростью 3 м/с. Через какое минимальное время пассажир догонит свой вагон?

Четвертый уровень

5.46. По наклонной доске пустили шарик снизу вверх. На расстоянии 30 см от начала движения шарик побывал дважды: через 1 с и 2 с после начала движения. Определите начальную скорость и ускорение движения шарика, считая его постоянным.

5.47. Тело, которому была сообщена начальная скорость 10 м/с, двигается с ускорением 2 м/с^2 , направленным противоположно начальной скорости. Определите путь, пройденный телом за 8 с от начала движения.

5.48. За пятую секунду равнозамедленного движения тело проходит путь 5 см и останавливается. Какой путь тело проходит за вторую секунду этого движения?

5.49. Вдоль оси Ox движется тело. Проекция скорости на ось зависит от времени по закону $v_x = 40 - 20t$ (м/с). Какова длина пути, пройденного телом за первые 30 с движения?

6. Движение тела по вертикали под действием силы тяжести

Во всех задачах данного раздела сопротивлением воздуха пренебречь.

Ускорение свободного падения считать равным 10 м/с².

Первый уровень

6.1. С некоторой высоты без начальной скорости свободно падает тело. Длительность падения составляет 4 с. С какой высоты упало тело?

6.2. С высоты 80 м над поверхностью Луны тело свободно падает в течение 10 с. Определите ускорение свободного падения на Луне.

6.3. Сколько времени тело будет свободно падать с высоты 20 м над поверхностью Луны? Ускорение свободного падения на Луне 1,6 м/с².

6.4. С балкона вниз бросили монету, сообщив ей начальную скорость 1 м/с. Какой станет скорость монеты через 0,5 с?

6.5. Вертикально вверх с поверхности земли был брошен мяч, который поднимался вверх ровно 1 с. Какую начальную скорость сообщили мячу во время броска?

6.6. На некотором участке пути падающее вниз тело увеличило свою скорость на 15 м/с. За какое время был пройден этот участок?

6.7. Тело брошено вертикально вверх с начальной скоростью 6 м/с. Через сколько секунд мгновенная скорость подъема этого тела уменьшится вдвое?

6.8. Камень, брошенный вертикально вверх с поверхности земли со скоростью 30 м/с, упал обратно на землю. Определите время полета камня.

6.9. Через 2 с после того, как тело было брошено вертикально вверх, оно оказалось на высоте 3 м. Определите начальную скорость тела.

6.10. Мяч брошен вверх со скоростью 20 м/с. На какую максимальную высоту он может подняться?

6.11. Струя воды, направленная из брандспойта вертикально вверх, достигла высоты 20 м. С какой скоростью вытекает вода из брандспойта?

6.12. С крыши дома высотой 4,5 м упал кирпич. Какой скоростью он будет обладать перед ударом о землю?

6.13. Тело брошено вертикально вверх со скоростью 9 м/с. На какой высоте скорость тела уменьшится в 3 раза?

6.14. Два тела брошены вертикально вверх с поверхности земли. Начальная скорость первого тела в 2 раза больше начальной скорости второго. Найдите отношение высот максимального подъема этих тел.

6.15. Тело, брошенное вертикально вверх, упало на землю через 5 с. На какую максимальную высоту поднялось тело?

Второй уровень

6.16. Тело свободно падает с высоты 20 м. На какой высоте скорость тела равна половине максимальной скорости?

6.17. С высоты 2,4 м вертикально вниз брошен предмет со скоростью 1 м/с. Через какое время он достигнет поверхности земли?

6.18. Над колодцем глубиной 10 м бросают вертикально вверх камень с начальной скоростью 14 м/с. Через сколько времени камень достигнет дна колодца?

6.19. Подъемный кран поднимает равномерно вверх со скоростью 0,8 м/с поддон с кирпичами. На высоте 12 м над землей с поддона упал кирпич. С какой скоростью и через какое время кирпич упадет на землю?

6.20. Тело брошено вертикально вверх с начальной скоростью 30 м/с. Через какой промежуток времени оно будет на высоте 25 м?

6.21. Тело свободно падает с высоты 29 м. За какое время оно пройдет последний метр своего пути?

6.22. Тело, брошенное вертикально вверх с начальной скоростью 20 м/с, достигло высоты H . Чему была равна скорость тела на высоте $\frac{3}{4}H$?

6.23. Какой путь пройдет свободно падающее тело за шестую секунду своего падения, если его начальная скорость равна нулю?

6.24. Камень, брошенный вертикально вверх, на некоторой высоте побывал 2 раза: через 1 с и 3 с после старта. Определите начальную скорость камня.

6.25. Тело брошено вертикально вверх со скоростью 10 м/с. Сколько времени оно будет находиться выше уровня, соответствующего высоте 3,5 м?

6.26. Тело падает с некоторой высоты и проходит последние 200 м пути за 4 с. С какой высоты и сколько времени падало это тело?

6.27. Тело свободно падает с высоты 180 м. Разделите эту высоту на два таких участка, чтобы тело проходило их за равные промежутки времени. Чему равны длины этих участков?

6.28. С какой начальной скоростью нужно бросить вертикально вниз тело с высоты 20 м, чтобы оно упало на 1 с раньше, чем при свободном падении?

6.29. С достаточно высокой башни бросают одновременно два тела: первое вертикально вверх с начальной скоростью 25 м/с, а второе – вниз с такой же по модулю скоростью. На каком расстоянии друг от друга они будут находиться через 2 с.

6.30. Ракета для фейерверка на высоте 100 м разрывается в воздухе на два осколка. Скорость первого осколка 60 м/с, и он направлен вертикально вверх, скорость второго осколка 40 м/с, и он направлен вертикально вниз. На каком расстоянии друг от друга окажутся осколки через 0,5 с?

6.31. С высоты 1000 м падает тело без начальной скорости. Одновременно с высоты 1100 м падает другое тело с некоторой начальной скоростью. Оба тела достигают земли в один и тот же момент времени. Найдите начальную скорость второго тела.

6.32. Одно тело бросили с высоты 10 м вертикально вверх, другое отпустили с высоты 20 м без начальной

скорости. Определите начальную скорость первого тела, если тела упали на землю одновременно.

6.33. Звук выстрела и пуля одновременно достигают высоты 680 м. Какова начальная скорость пули, если выстрел произведен вертикально вверх. Сопротивление движению пули не учитывать. Скорость звука принять равным 340 м/с.

Третий уровень

6.34. Тело свободно падает с высоты 80 м. Какой путь оно пройдет в последнюю секунду своего падения?

6.35. Тело брошено вертикально вверх со скоростью 30 м/с. Найдите длину пути, пройденного телом за 5 с.

6.36. Ныряльщик прыгает со скалы высотой 20 м и погружается на глубину 10 м. Сколько времени он двигался в воде до полной остановки? Движение в воде считать равнозамедленным.

6.37. Определите время равноускоренного движения снаряда в вертикальном стволе орудия, если снаряд достигает после выстрела высоты 4,5 км. Длина ствола 3 м.

6.38. Ракета, запущенная вертикально вверх, во время работы двигателя имела постоянное ускорение 50 м/с^2 . Спустя 1 мин после старта двигатель ракеты отключился. Через какое время после отключения двигателя ракета упала на Землю?

6.39. Тяжелый шарик, свободно падая с некоторой высоты, на половине пути пробил стеклянную пластинку и потерял половину своей скорости. Во сколько раз уменьшилась скорость падения на землю этого шарика?

6.40. Камень, свободно падающий с некоторой высоты без начальной скорости, за 1 с после начала движения проходит путь в 5 раз меньший, чем за такой же промежуток времени в конце движения. Найдите полное время движения.

6.41. Свободно падающее тело прошло последние 30 м за 0,5 с. С какой высоты падало тело?

6.42. Тело, свободно падающее с высоты 7,8 м, первый участок пути от начала движения проходит за время t , а такой же участок в конце – за время $0,5t$. Найдите значение t .

6.43. Тело, брошенное вертикально вверх с некоторой начальной скоростью, проходит высоту 10 м дважды с промежутком в 4 с. Найдите начальную скорость тела.

6.44. Два тела запущены одновременно навстречу друг другу с одинаковой скоростью. Одно – вертикально вверх с поверхности земли, а другое – вертикально вниз с высоты 30 м. Определите скорость тел, если известно, что к моменту встречи одно из тел пролетело треть высоты.

6.45. Два тела падают с различных высот и достигают земли одновременно. Время падения первого тела 4 с, а второго 1 с. На какой высоте от поверхности земли было первое тело, когда второе начало падать?

6.46. Два тела брошены вертикально вверх из одной точки, одно вслед за другим, с интервалом времени в 2 с и одинаковыми начальными скоростями 15 м/с. Через сколько времени после начала движения первого тела они встретятся?

6.47. Тело брошено вертикально вверх с начальной скоростью 3 м/с. Когда оно достигло верхней точки положения, из того же пункта с такой же начальной скоростью брошено второе тело. На каком расстоянии от точки бросания тела встретятся?

6.48. С высокой башни вертикально вниз бросили два камня с интервалом времени в 2 с. Определите расстояние между камнями через 8 с после бросания второго камня, если начальная скорость камней одинакова и равна 2 м/с.

Четвертый уровень

6.49. На тонкой нити подвешивают три металлических шарика, причем верхний из них находится на высоте $h = 3150$ мм над полом (рис. 12). Нить с шариками пережигают, и те со стуком падают. На каких высотах h_1 и h_2 должны находиться два других шарика, чтобы удары трех шариков об пол были слышны через равные промежутки времени?

6.50. Тело свободно падает с высоты 270 м. Разделите эту высоту на три части так, чтобы на прохождение каждой из них потребовалось одно и то же время.

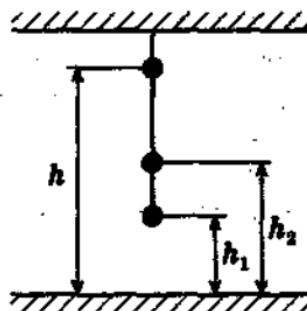


Рис. 12

6.51. Камень падает в шахту. Через 6 с слышен стук камня о дно шахты. Определите глубину шахты, если скорость звука составляет 300 м/с.

6.52. Мячик брошен вертикально вверх из точки, находящейся на высоте $h = 2$ м. Определите время движения мячика, если известно, что он пролетел путь, равный $3h$.

6.53. Жонглер бросает шарик, а когда тот достигает половины своей максимальной высоты, бросает следующий. Сколько шариков будет в полете в момент приземления первого?

6.54. Лифт начинает подниматься с ускорением $2,3 \text{ м/с}^2$. Когда его скорость достигла $2,4 \text{ м/с}$, с потолка кабины лифта начал падать болт. Чему равны время падения болта и модуль перемещения болта при падении относительно земли? Высота кабины лифта 2,5 м.

7. Движение тела, брошенного горизонтально

Во всех задачах данного раздела сопротивлением воздуха пренебречь.

Ускорение свободного падения считать равным 10 м/с^2 .

Первый уровень

7.1. Мячик бросили горизонтально со скоростью 6 м/с. Через 2 с он упал на землю. С какой высоты был брошен мячик? Какова его дальность полета?

7.2. Предмет брошен горизонтально с высоты 10 м. Определите время его падения.

Второй уровень

7.3. Тело брошено горизонтально со скоростью 5 м/с на высоте 20 м над землей. Найдите горизонтальную дальность полета.

7.4. Камень, брошенный горизонтально с обрыва высотой 10 м, упал на расстоянии 14 м от точки бросания. Какова начальная скорость камня?

7.5. Вертолет летит горизонтально на высоте 125 м с постоянной скоростью 20 м/с. С вертолета нужнобросить груз на корабль, движущийся встречным курсом со скоростью 5 м/с. На каком расстоянии от корабля летчик долженбросить груз?

7.6. Дальность полета тела, брошенного в горизонтальном направлении со скоростью 10 м/с, равна высоте бросания. С какой высоты брошено тело?

7.7. Во сколько раз увеличится дальность полета тела, брошенного горизонтально, при увеличении высоты места бросания в 4 раза? Скорость бросания при этом не меняется.

7.8. Какую минимальную скорость должен иметь мяч, брошенный горизонтально с высоты 8 м, чтобы перелететь через препятствие высотой 3 м, расположенное на расстоянии 10 м по горизонтали от точки бросания?

7.9. Определите скорость тела, брошенного горизонтально с начальной скоростью 60 м/с, через 8 с после начала движения.

7.10. Камень брошен горизонтально. Через 2 с после броска направление его скорости составило угол 45° с горизонтом. Определите начальную скорость камня.

7.11. Тело брошено горизонтально с начальной скоростью 15 м/с. Какой угол с горизонтом будет составлять его скорость через 1,5 с полета?

7.12. С вертолета, летящего горизонтально со скоростью 20 м/с, падают один за другим через 6 с два груза. Через сколько времени от начала падения первого груза расстояние между ними по вертикали будет 300 м? На каком расстоянии друг от друга они упадут на землю?

Третий уровень

7.13. Тело падает на землю с высоты $H = 10$ м без начальной скорости (рис. 13). На высоте $h = 0,5H$ тело встречает на своем пути площадку, закрепленную под

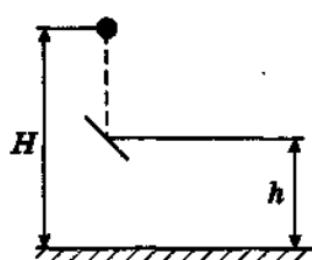


Рис. 13

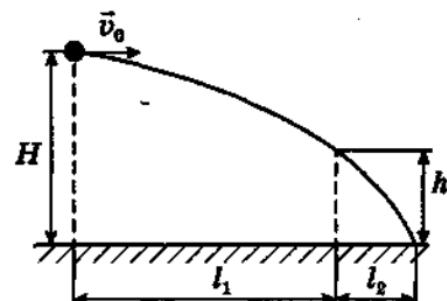


Рис. 14

углом 45° к горизонту. В результате удара направление скорости тела становится горизонтальным. Найдите время падения тела с высоты H .

7.14. Камень, брошенный горизонтально с высоты $H = 8$ м, должен перелететь через препятствие, расположенное на расстоянии $l_1 = 10$ м от точки бросания по горизонтали. Высота препятствия $h = 3$ м (рис. 14). Найдите расстояние l_2 от препятствия до места падения на землю.

7.15. С вершины горы, образующей угол 60° с горизонтом, в горизонтальном направлении брошен камень, который упал на склон горы на расстоянии 20 м от вершины. Определите начальную скорость камня.

7.16. Тело брошено с обрыва в горизонтальном направлении со скоростью 10 м/с. Высота обрыва 20 м. Определите величину перемещения тела за время полета.

7.17. Камень, брошенный горизонтально с вышки, через 3 с упал на землю на расстоянии 60 м от основания вышки. Чему равна конечная скорость камня?

7.18. Скорость камня, брошенного горизонтально, через 1,7 с увеличилась по модулю в 2 раза. Найдите начальную скорость камня.

7.19. С крутого берега реки высотой 20 м бросили горизонтально камень со скоростью 15 м/с. Чему равен модуль скорости камня в момент падения?

7.20. Камень, брошенный горизонтально с высоты 5 м, упал на землю со скоростью, направленной под углом 60° к горизонту. Определите начальную скорость камня.

7.21. Спортсмен прыгает в воду с трамплина высотой 5 м, имея после разбега горизонтально направленную скорость, равную 6 м/с. Каково направление скорости к горизонту при достижении спортсменом воды?

7.22. Из окна, расположенного на высоте 5,5 м от земли, горизонтально брошен предмет так, что он подлетел к земле под углом 45° . Сколько метров пролегел камень по горизонтали?

7.23. С вертолета, летящего горизонтально на высоте 125 м со скоростью 72 км/ч, сбросили груз. На какой высоте его скорость будет направлена под углом 45° к горизонту?

Четвертый уровень

7.24. В мишень, расположенную на расстоянии 50 м, сделано два выстрела в горизонтальном направлении при одинаковой наводке винтовки. Скорость первой пули равна 320 м/с, второй – 350 м/с. Определите расстояние между отверстиями, оставленными на мишени.

7.25. Из винтовки, установленной горизонтально, производят два выстрела в мишень, расположенную перпендикулярно к плоскости стрельбы на расстоянии 100 м. Вследствие неодинаковости зарядов вторая пуля попала на 1,7 см ниже первой. Определите скорость второй пули, если первая пуля имела скорость 700 м/с.

7.26. Два стальных бруска высотой 40 см образуют вертикальную щель шириной 2 см. Перпендикулярно щели подкатывается стальной шарик с горизонтальной скоростью 1 м/с, проваливается в нее и падает на пол, ударившись об стенки щели некоторое количество раз. Найдите число ударов шарика об стенки щели. Диаметром шарика пренебречь. Удары считать упругими.

8. Движение тела, брошенного под углом к горизонту

Во всех задачах данного раздела сопротивлением воздуха пренебречь.

Ускорение свободного падения считать равным 10 м/с^2 .

Первый уровень

8.1. Мальчик бросает мяч со скоростью 20 м/с под углом 30° к горизонту. Спустя 0,5 с мяч ударяется об стенку. Определите расстояние между мальчиком и стенкой.

8.2. Струя воды вытекает из шланга со скоростью 8 м/с под углом 60° к горизонту. На какую максимальную высоту она поднимается?

8.3. Шарик, брошенный с поверхности земли со скоростью 12 м/с под углом 45° к горизонту, упал на землю. Определите время полета шарика.

Второй уровень

8.4. Тело брошено с поверхности земли под некоторым углом к горизонту так, что проекция начальной скорости на ось Ox составила 5 м/с, на ось Oy – 8,7 м/с. С какой скоростью было брошено тело?

8.5. Стрела, выпущенная с ровной горизонтальной поверхности земли под углом к горизонту, упала через 4 с полета. На каком расстоянии от места выстрела упала стрела, если через 2 с после выстрела ее скорость имела значение 50 м/с?

8.6. Тело, брошенное под углом к горизонту, пролетело по горизонтали 20 м. Через какое время после броска скорость тела была направлена горизонтально, если она в этот момент составляла 5 м/с?

8.7. Из шланга, установленного на земле, бьет под углом 30° к горизонту струя воды, вылетая со скоростью 15 м/с. Определите дальность полета струи.

8.8. Пружинный пистолет установлен на горизонтальной поверхности так, что его ствол направлен под некоторым углом к горизонту. Угол наклона ствола можно регулировать. Найдите максимальную дальность полета пули при скорости вылета 7 м/с.

8.9. Какую минимальную скорость после толчка должен иметь мальчик, чтобы прыгнуть в длину на 3,6 м?

8.10. Двое играют в мяч, бросая его друг другу под некоторым углом к горизонту. Какой наибольшей высоты достигает мяч во время игры, если от одного игрока к другому он летит 2 с?

8.11. Камень, брошенный с башни вверх под углом 60° к горизонту, имел начальную скорость 10 м/с. Чему равна высота башни, если камень упал на землю через 3 с?

8.12. Баскетболист бросает мяч в кольцо. Скорость мяча в момент бросания имела значение 8 м/с и была

направлена под углом 60° к горизонту. С какой скоростью мяч влетел в кольцо, если он долетел до него за 1 с?

8.13. Тело бросили со скоростью 10 м/с под углом 45° к горизонту. Определите перемещение тела через 1 с после начала движения.

8.14. Определите дальность полета мяча, брошенного с земли под углом 45° к горизонту, если время полета оказалось равным 3 с.

8.15. Найдите дальность полета тела, запущенного с земли со скоростью 20 м/с под некоторым углом к горизонту, если время полета составило 3 с.

8.16. Камень бросили с балкона высотой 30 м со скоростью 20 м/с под углом 30° к горизонту. Через какое время камень упадет на землю?

8.17. Тело бросают со скоростью 10 м/с под углом 45° к горизонту. Каков радиус кривизны траектории в верхней точке?

Третий уровень

8.18. Начальная скорость брошенного под углом к горизонту камня равна 10 м/с. Через 0,5 с после начала движения скорость камня равна 7 м/с. На какую высоту над начальным уровнем поднимется камень?

8.19. Под каким углом к горизонту надо бросить тело, чтобы максимальная высота его подъема была равна дальности полета?

8.20. Тело, брошенное под углом 30° к горизонту со скоростью 10 м/с, через некоторое время оказалось на высоте 1 м. Найдите это время.

8.21. Копье брошено с начальной скоростью 40 м/с под углом 30° к горизонту. Через какое минимальное время оно поднялось на половину максимальной высоты?

8.22. Камень, брошенный под углом к горизонту, упал на землю со скоростью 15 м/с. Чему равна максимальная высота подъема камня, если известно, что во время полета его наибольшая скорость была втрое больше, чем наименьшая?

8.23. Камень, брошенный под углом к горизонту, упал на землю со скоростью 10 м/с. Чему равна дальность полета камня, если известно, что во время дви-

жения его максимальная скорость была вдвое больше минимальной?

8.24. Тело, брошенное с поверхности земли под углом 60° к горизонту, через 4 с после начала движения имело вертикальную проекцию скорости 10 м/с. Определите расстояние между точкой бросания и точкой падения тела на землю.

8.25. Камень, брошенный под углом 30° к горизонту, дважды побывал на одной и той же высоте: спустя 3 с и 5 с после начала движения. Найдите начальную скорость камня и эту высоту.

8.26. Какое расстояние по горизонтали пролетит мяч, брошенный со скоростью 10 м/с под углом 60° к горизонту, если он ударится об потолок? Высота потолка 3 м, удар упругий.

8.27. Камень был брошен под углом 45° к горизонту с высоты 2,1 м и упал на расстоянии 42 м от места бросания по горизонтали. Какова начальная скорость камня?

8.28. При рытье траншеи с глубины 2 м под углом 79° к горизонту выбрасывается земля со скоростью 7 м/с. Какое расстояние по горизонтали пролетает ком земли?

8.29. Тело брошено под некоторым углом к горизонту так, что максимальная высота подъема в 4 раза меньше дальности полета. Определите угол бросания.

8.30. Под каким углом к горизонту необходимо бросить шарик со скоростью 8 м/с, чтобы он пролетел по горизонтали расстояние 3,2 м?

8.31. Какую минимальную скорость, направленную под углом 30° к горизонту, нужно сообщить гранате, чтобы перебросить ее через стену высотой 6 м, если точка бросания находится на высоте 2 м от поверхности земли, а стена удалена от нее на 10 м?

8.32. Футболист наносит удар по мячу, после чего мяч летит со скоростью 13 м/с под углом 30° к горизонту. Попадет ли мяч в ворота, если удар производится с расстояния 11 м, а высота ворот 2,2 м?

8.33. На какое максимальное расстояние по горизонтали можно бросить от пола мяч с начальной скоростью 20 м/с в спортивном зале высотой 8 м, чтобы во время полета он не ударился об потолок?

8.34. Снаряд вылетел из орудия со скоростью 200 м/с под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. Через какое минимальное время вектор скорости будет составлять с горизонтом угол $\beta = 45^\circ$?

8.35. Тело брошено под углом 45° к горизонту с начальной скоростью 20 м/с. При этом на тело действует попутный горизонтальный ветер, сообщающий телу постоянное ускорение 2 м/с^2 . Найдите наибольшую дальность полета.

8.36. Тело бросили с горизонтальной поверхности земли под углом 60° к горизонту. Определите максимальную высоту подъема тела над землей, если радиус кривизны траектории тела в точке падения на землю равен 4 м.

8.37. Максимальная дальность прыжка лягушонка составляет 0,6 м. На какую максимальную высоту он может подпрыгнуть, если начальная скорость прыжка в обоих случаях одинаковая?

8.38. Два тела брошены с поверхности земли под углами 60° и 30° к горизонту. Определите отношение начальных скоростей, если известно, что тела упали на землю в одном и том же месте.

8.39. Шарик, брошенный с поверхности земли со скоростью 12 м/с под углом 45° к горизонту, упал на землю на некотором расстоянии от места бросания. С какой высоты над первоначальной точкой бросания надо бросить шарик в горизонтальном направлении, чтобы при той же начальной скорости он упал на то же место?

8.40. На некоторой высоте одновременно из одной точки брошены два тела под углом 45° к вертикали с одинаковыми по модулю скоростями 20 м/с: одно – вверх, другое – вниз. Определите разность высот, на которых будут тела через 2 с.

Четвертый уровень

8.41. Из отверстия шланга, прикрытоего пальцем, бьют две струи воды под углами 60° и 45° к горизонту. На каком расстоянии по горизонтали струи пересекутся, если их начальные скорости 5 м/с?

8.42. Камень брошен из начала координат со скоростью 14 м/с. Под каким углом к горизонту нужно его бросить, чтобы он попал в точку с координатами $x = 10$ м, $y = 7,5$ м? Ускорение свободного падения считать равным 9,8 м/с².

8.43. Из шланга под углом 30° к горизонту бьет струя воды с начальной скоростью 15 м/с. Площадь сечения шланга 1 см². Определите массу воды в струе, находящейся в воздухе.

8.44. Максимальная дальность полета стрелы, выпущенной из лука, составляет 150 м. Какой будет дальность полета, если из того же лука при прочих равных условиях стрелять с горки высотой 5 м? (Рост лучника не учитывать.)

8.45. С высоты 20 м свободно падает стальной шарик. Через 1 с после начала падения он сталкивается с неподвижной плитой, плоскость которой наклонена под углом 30° к горизонту. На какую высоту над поверхностью земли поднимется шарик после удара? Удар шарика считать абсолютно упругим.

8.46. На наклонной плоскости с углом наклона 30° к горизонту бросают мяч вниз по наклонной плоскости под углом 60° к ее поверхности. С какой скоростью надо бросить мяч, чтобы он попал в цель, расположенную на расстоянии 10 м от точки бросания?

8.47. Маленький шарик падает сверху на наклонную плоскость и упруго отражается от нее. Найдите угол между направлением движения шарика и наклонной плоскостью непосредственно перед вторым ударом шарика о плоскость. Угол наклона плоскости к горизонту равен 30°. Скорость шарика в момент первого удара направлена вертикально вниз и равна 1 м/с.

8.48. Цель и пушка находятся на одном уровне на расстоянии 5 км друг от друга. Через какое минимальное время снаряд, вылетевший со скоростью 240 м/с, достигнет цели?

8.49. Пожарный направляет струю воды на крышу дома высотой 20 м. На каком расстоянии по горизонтали от пожарного падает струя на крышу дома, если максимальная высота подъема струи 30 м и из ствола брандспойта она вырывается со скоростью 25 м/с?

9. Движение тела по окружности с постоянной по модулю скоростью

Первый уровень

9.1. Колесо, равномерно вращаясь, делает 150 оборотов за 3 с. Определите период и частоту вращения колеса.

9.2. Во сколько раз период вращения часовой стрелки больше, чем минутной?

9.3. Во сколько раз частота вращения секундной стрелки больше, чем минутной?

9.4. Длина секундной стрелки настенных часов 20 см. С какой скоростью перемещается конец стрелки по циферблату?

9.5. Найдите частоту вращения шлифовального круга диаметром 40 см, если скорость точек рабочей поверхности круга 100 м/с.

9.6. Автомобиль движется на повороте по круговой траектории радиусом 50 м с постоянной по модулю скоростью 10 м/с. Определите ускорение автомобиля.

9.7. Космонавт проходит тренировку на центрифуге радиусом 18 м. С какой скоростью движется космонавт, если его центростремительное ускорение $40,5 \text{ м/с}^2$?

9.8. Два тела движутся с одинаковыми скоростями по двум различным окружностям. Радиус первой окружности в 2 раза больше, чем второй. Во сколько раз ускорение второго тела больше ускорения первого?

9.9. Луна вращается вокруг Земли по орбите радиусом $384 \cdot 10^3$ км. Найдите центростремительное ускорение Луны, если время одного полного оборота вокруг Земли составляет 27,3 суток.

9.10. Тело вращается равномерно по окружности радиусом 2 м, совершая два оборота за 12,56 с. Определите ускорение тела.

9.11. Определите угловую скорость секундной, минутной и часовой стрелок часов.

9.12. Поезд выезжает на закругленный участок пути и проходит 600 м за 30 с, двигаясь с постоянной по модулю скоростью. Определите ускорение поезда, если радиус закругления 1000 м.

Второй уровень

9.13. Равномерно движущаяся по окружности точка делает полный оборот за 5 с. На какой угол поворачивается точка за 2 с?

9.14. Вычислите путь, который проехал за 30 с велосипедист, двигавшийся с угловой скоростью 0,1 рад/с по окружности радиусом 100 м.

9.15. Минутная стрелка часов на Спасской башне Кремля имеет длину 3,5 м. На сколько метров передвигается конец стрелки за 1 мин?

9.16. Определите скорость точек на поверхности маховика, если за 1 мин он совершает 3000 оборотов, а его радиус равен 40 см.

9.17. Велосипедист ехал со скоростью 8 м/с. Сколько полных оборотов совершило колесо диаметром 70 см за 1 мин?

9.18. Угловая скорость лопастей вентилятора 20π рад/с. Определите число полных оборотов за 10 мин.

9.19. К барабану, диаметр которого 0,5 м, прикреплен трос. Через 5 с после начала равномерного вращения барабана на него намоталось 10 м троса. Чему равен период вращения барабана?

9.20. Тело совершает 40 оборотов за 10 с. На каком расстоянии от оси вращения находится точка, движущаяся со скоростью 10π м/с?

9.21. Материальная точка движется по окружности с постоянной скоростью 50 см/с. Вектор скорости изменяет направление на угол 30° за 2 с. Определите центростремительное ускорение точки.

9.22. На какой угол (в радианах) поворачивается секундная стрелка за 10 с движения?

9.23. Минутная стрелка часов в 3 раза длиннее часовой. Во сколько раз линейная скорость конца минутной стрелки больше скорости конца часовой?

9.24. Минутная стрелка часов на 20% длиннее секундной. Во сколько раз линейная скорость конца секундной стрелки больше линейной скорости конца минутной?

9.25. Одно колесо равномерно вращается, совершая 50 оборотов в секунду. Второе колесо, равномерно вращаясь, делает 500 оборотов за 30 с. Во сколько раз угловая скорость первого колеса больше угловой скорости второго?

Третий уровень

9.26. Пуля, выпущенная из винтовки, попадает во вращающийся с частотой 50 оборотов в секунду тонкостенный цилиндр диаметром 20 см. Найдите скорость пули, если выстрел произведен в направлении диаметра цилиндра, а к моменту вылета пули из цилиндра входное отверстие сместилось на 1 см.

9.27. На станке производится сверление отверстия диаметром 20 мм при скорости внешних точек сверла 400 мм/с и подаче 0,5 мм на один оборот сверла. Сколько времени потребуется, чтобы просверлить отверстие в детали глубиной 150 мм?

9.28. Каков радиус вращающегося колеса, если скорость точек его обода равна 0,5 м/с, а скорость точек, находящихся на 4 см ближе к оси вращения, равна 0,3 м/с?

9.29. С какой угловой скоростью вращается колесо, если линейная скорость точек его обода равна 0,5 м/с, а линейная скорость точек, находящихся на 4 см ближе к оси вращения, равна 0,3 м/с?

9.30. Два шкива соединены ременной передачей. Ведущий шкив делает 600 оборотов в минуту. Ведомый шкив делает 3000 оборотов в минуту. Каким должен быть диаметр ведущего шкива, если диаметр ведомого 10 см?

9.31. Диаметр колеса велосипеда равен 70 см, ведущая звездочка имеет 48 зубьев, а ведомая – 18 зубьев. С какой скоростью движется велосипедист на этом велосипеде при частоте вращения педалей 1 оборот в секунду?

9.32. Циркулярная пила имеет диаметр 600 мм. На ось пилы наложен шкив диаметром 300 мм, который приводится во вращение посредством ременной передачи от шкива диаметром 120 мм, наложенного на вал электродвигателя. Какова скорость зубьев пилы, если вал электродвигателя совершает 1200 оборотов в минуту?

Четвертый уровень

9.33. Кошка бежит за мышкой по окружности радиусом 5 м с постоянной скоростью 11 м/с. Когда расстояние по дуге между ними было равно $\frac{1}{8}$ длины окружности, мышка начала убегать со скоростью 14 м/с. Через какое время мышка удалится от кошки на расстояние, равное половине длины окружности?

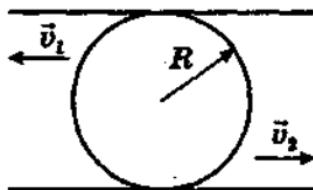


Рис. 15

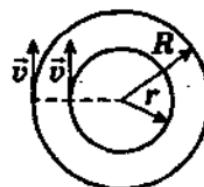


Рис. 16

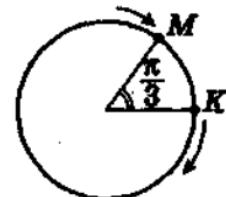


Рис. 17

9.34. Цилиндр радиусом $R = 20$ см зажат между движущимися со скоростями $v_1 = 15$ см/с и $v_2 = 5$ см/с параллельными рейками (рис. 15). С какой угловой скоростью вращается цилиндр? Прокальзывания нет.

9.35. Минутная и часовая стрелки стоят на отметке 12. Через какой минимальный промежуток времени они будут направлены в противоположные стороны?

9.36. Две материальные точки одновременно начинают двигаться по окружности из одного положения в противоположных направлениях. Через какое время от начала движения они встретятся, если время одного полного оборота первой точки 3 с, а второй – 6 с?

9.37. Две точки одновременно начали движение с одинаковой постоянной скоростью 0,5 см/с по двум концентрическим окружностям, одна по окружности радиусом 5 см, другая – 10 см. Найдите угол между направлениями ускорений точек через 1 мин после начала движения, если в начальный момент точки находились на одном радиусе (рис. 16).

9.38. Две точки M и K движутся по окружности с постоянными угловыми скоростями 0,2 рад/с и 0,3 рад/с соответственно. В начальный момент времени угол между радиусами этих точек $\frac{\pi}{3}$ (рис. 17). В какой момент времени точки встретятся?

ДИНАМИКА

10. Второй закон Ньютона

Первый уровень

10.1. С каким ускорением двигался при разбеге реактивный самолет массой 6 т, если сила тяги двигателей 9 кН? Силой сопротивления пренебречь.

10.2. Буксируя тросом перемещают автомобиль массой 2 т по прямолинейному участку дороги с ускорением 0,5 м/с². Определите силу, сообщающую автомобилю ускорение.

10.3. Под действием силы 8 Н тело движется с ускорением 2 м/с². Найдите массу тела.

10.4. Скорость автомобиля изменяется по закону $v_x = 0,5t$. Найдите результирующую силу, действующую на него, если масса автомобиля 1 т.

10.5. Уравнение движения тела под действием силы 2 кН имеет вид $x = 2t + 0,1t^2$. Чему равна масса тела?

10.6. На рис. 18 представлен график зависимости равнодействующей силы, действующей на тело вблизи поверхности земли, от массы тела. Пользуясь графиком, определите ускорение тела.

10.7. Тело массой 4 кг под действием некоторой силы приобретает ускорение 2 м/с². Какое ускорение приобретет тело массой 10 кг под действием такой же силы?

10.8. При действии на тело силы в 12 Н оно приобретает ускорение 1 м/с². Какую силу надо приложить к этому телу, чтобы оно приобрело ускорение 0,2 м/с²?

Второй уровень

10.9. С каким максимальным ускорением можно поднимать груз массой 800 кг с помощью троса, прочность которого на разрыв равна 9 кН?

10.10. Тело массой 6 кг начинает двигаться под действием постоянной силы 20 Н. Какую скорость оно приобретет через 3 с?

10.11. Поезд массой 500 т после начала торможения останавливается под действием силы трения 0,1 МН че-

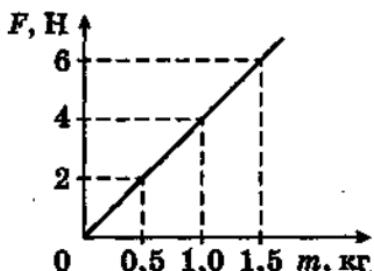


Рис. 18

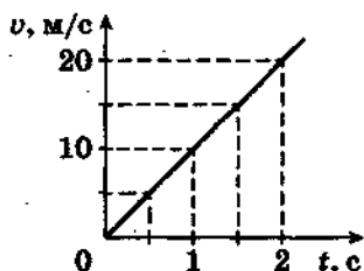


Рис. 19

рез 1 мин. Какую скорость имел поезд до начала торможения?

10.12. Под действием некоторой силы скорость тела массой 20 кг изменилась с 5 м/с до 15 м/с за 20 с. Определите величину силы.

10.13. С балкона дома выпал мячик для настольного тенниса массой 2,5 г. На рис. 19 представлен график зависимости скорости движения мячика от времени. Пользуясь графиком, определите равнодействующую силу, действующую на мячик.

10.14. Тележка массой 10 кг под действием силы в 40 Н пришла в движение. Какой путь она пройдет за 1 с? Силой сопротивления пренебречь.

10.15. Постоянная сила приводит тело массой 6 кг в движение. Чему равна величина этой силы, если за первую секунду своего движения тело прошло путь 15 м?

10.16. Сколько времени действовала на тело массой 2 кг постоянная сила 40 Н, если скорость тела увеличилась на 2 м/с?

10.17. Снаряд массой 22 кг вылетел из ствола орудия, длина которого 4,5 м, со скоростью 900 м/с. Найдите силу давления пороховых газов на снаряд, считая, что она была постоянна.

10.18. Автомобиль массой 2 т, двигавшийся со скоростью 36 км/ч, останавливается, пройдя после начала торможения путь 25 м. Определите величину тормозящей силы.

10.19. Тело массой 10 кг передвигают вдоль гладкой горизонтальной поверхности, действуя на него силой 40 Н, направленной под углом 60° к горизонту. Найдите ускорение тела.

10.20. Поезд, масса которого 4000 т, проезжая мимо светофора со скоростью 36 км/ч, начал торможение. Сила трения постоянна и равна 20 кН. На каком расстоянии от светофора находился поезд через 1 мин после начала торможения?

10.21. Порожний грузовой автомобиль массой 4 т начинает движение с ускорением $0,3 \text{ м/с}^2$. После загрузки при той же силе тяги он трогается с места с ускорением $0,2 \text{ м/с}^2$. Какую массу груза принял автомобиль? Сопротивлением движению пренебречь.

10.22. Троллейбус массой 10 т, трогаясь с места, приобрел на пути 50 м скорость 10 м/с. Найдите силу трения, если сила тяги 14 кН.

10.23. Тело массой 3 кг падает в воздухе с ускорением 8 м/с². Определите силу сопротивления воздуха.

10.24. Тело массой 0,1 кг, брошенное вертикально вверх со скоростью 40 м/с, достигло высшей точки подъема через 2,5 с. Определите среднее значение силы сопротивления воздуха.

10.25. Парашютист массой 60 кг совершил прыжок с воздушного шара и при скорости 30 м/с раскрыл парашют. Через какое время скорость парашютиста достигнет величины 5 м/с, если средняя сила сопротивления воздуха составляет 650 Н?

10.26. Парашютист, достигнув в затяжном прыжке скорости 55 м/с, раскрыл парашют, после чего его скорость в течение 2 с уменьшилась до 5 м/с. Найдите силу, с которой действуют на парашютиста стропы парашюта. Масса парашютиста 80 кг.

10.27. На нити, выдерживающей натяжение 20 Н, поднимают груз массой 1 кг из состояния покоя вертикально вверх. Считая движение равноускоренным, найдите предельную высоту, на которую можно поднять груз за 1 с так, чтобы нить не оборвалась.

10.28. Брусок массой 400 г, прикрепленный к динамометру, двигают равномерно по горизонтальной поверхности. При этом динамометр показывает силу, равную 1 Н. В другой раз брусок двигали по той же поверхности с ускорением. В этом случае динамометр показывал силу в 2 Н. Каким было ускорение?

Третий уровень

10.29. К телу, лежащему на горизонтальной плоскости, в течение 10 с прикладывают силу 10 Н, направленную вдоль плоскости. После прекращения действия силы тело движется до остановки 20 с. Найдите величину силы трения.

10.30. На небольшое тело массой 200 г, движущееся со скоростью 4 м/с, в течение 0,3 с действует постоянная по величине и направлению сила 2 Н. Направление силы перпендикулярно первоначальному направлению дви-

жения тела. Найдите скорость тела после прекращения действия силы.

10.31. Тележка с песком движется по горизонтальной плоскости под действием постоянной силы 35 Н, совпадающей по направлению с ее скоростью. При этом песок высыпается через отверстие в дне с постоянным расходом 0,5 кг/с. Найдите ускорение тележки через 1 мин после начала ее движения, если в момент начала движения масса тележки с песком составляла 100 кг. Трением пренебречь.

10.32. Некоторая сила сообщает телу массой 3 кг ускорение a_1 . Эта же сила сообщает телу массой 2 кг ускорение a_2 . Телу какой массы эта сила сможет сообщить ускорение $(a_1 + a_2)$?

10.33. С каким ускорением поднимается груз на веревке, если ее натяжение увеличилось вдвое по сравнению с натяжением, создаваемым неподвижным грузом?

10.34. Веревка выдерживает груз 110 кг при вертикальном подъеме его с некоторым ускорением и груз массой 690 кг при опускании его с таким же по модулю ускорением. Какова максимальная масса груза, который можно поднимать на этой веревке с постоянной скоростью?

Четвертый уровень

10.35. Тело, брошенное вертикально вверх, возвратилось в точку бросания. Определить отношение времени спуска ко времени подъема, если масса тела равна 0,5 кг, а сила сопротивления 3 Н.

10.36. Через сколько времени тело, брошенное вертикально вверх со скоростью 45 м/с, упало на землю, если сила сопротивления воздуха в среднем составляла $\frac{1}{7}$ силы тяжести?

10.37. Два рыбака тянут к берегу лодку, действуя на нее с постоянными силами. Если бы ее тянул лишь первый рыбак, она подошла бы к берегу со скоростью 0,3 м/с, если бы ее тянул только второй – со скоростью 0,4 м/с. С какой скоростью подойдет лодка к берегу, когда ее потянут оба рыбака? Сопротивление воды не учитывать. Во всех случаях лодка проходит одинаковый путь в направлении действия сил.

10.38. К покоящемуся на горизонтальной поверхности телу приложена равномерно возрастающая сила, направленная под углом 30° к горизонту. Определите модуль ускорения тела в момент отрыва от поверхности.

10.39. Автомобиль трогается с места с ускорением 2 м/с^2 . При скорости 50 км/ч ускорение автомобиля стало равным 1 м/с^2 . С какой установившейся скоростью будет двигаться автомобиль, если сила сопротивления движению пропорциональна скорости? Силу тяги двигателя при движении считать постоянной.

11. Закон всемирного тяготения. Движение искусственных спутников

Первый уровень

11.1. Масса Земли $6 \cdot 10^{24} \text{ кг}$, масса Луны $7,3 \cdot 10^{22} \text{ кг}$, расстояние между их центрами $384\,000 \text{ км}$. Определите силу тяготения между Землей и Луной.

11.2. Два шара, находящиеся на расстоянии 1 м друг от друга, притягиваются с силами $33,35 \cdot 10^{-10} \text{ Н}$. Масса первого шара 10 кг . Определите массу второго шара.

11.3. Какой должна быть масса каждого из двух одинаковых тел, чтобы на расстоянии 1 км они притягивались с силой 1 Н ?

11.4. Тело притягивается к Земле с силой 20 Н . Какова масса этого тела?

11.5. На некоторой планете сила тяжести, действующая на тело массой 4 кг , равна 8 Н . Найдите по этим данным ускорение свободного падения на планете.

11.6. Каким будет вес космонавта на Луне, если в земных условиях его вес 700 Н ? Ускорение свободного падения на Земле считать равным 10 м/с^2 , на Луне — $1,7 \text{ м/с}^2$.

11.7. Штангу какой массы спортсмен может поднять на Луне, если на Земле он поднимает штангу массой 120 кг ? Ускорение свободного падения на Луне в 6 раз меньше, чем на Земле.

11.8. Определите ускорение свободного падения на поверхности планеты Марс, если ее масса $64 \cdot 10^{22} \text{ кг}$, а радиус планеты 3400 км .

11.9. Каково ускорение свободного падения на высоте, равной двум радиусам Земли? Радиус Земли 6400 км, масса Земли $6 \cdot 10^{24}$ кг.

11.10. Оцените массу Земли по ее полярному радиусу 6370 км и ускорению свободного падения на полюсе 9,83 м/с².

11.11. Определите отношение силы тяжести, действующей на ракету на поверхности Земли, к силе тяжести на высоте, равной радиусу Земли.

11.12. Масса некоторой планеты в 8 раз больше массы Земли, а радиус в 2 раза больше радиуса Земли. Найдите отношение ускорения свободного падения у поверхности планеты к ускорению свободного падения у поверхности Земли.

Второй уровень

11.13. Радиус некоторой планеты в $\sqrt{2}$ раза меньше радиуса Земли, а ускорение свободного падения на поверхности планеты в 3 раза меньше, чем на поверхности Земли. Во сколько раз масса планеты меньше массы Земли?

11.14. Во сколько раз увеличится сила гравитационного притяжения между двумя телами, если массу одного из тел и расстояние между телами уменьшить в 2 раза?

11.15. Человек, находясь на Земле, притягивается к ней с силой 750 Н. С какой силой он будет притягиваться к планете, находясь на ее поверхности, если радиус планеты меньше радиуса Земли в 4 раза, а масса меньше массы Земли в 80 раз?

11.16. Пластиинка, имеющая форму квадрата со стороной 50 см, притягивается к Земле с силой 50 Н. Какова плотность материала, из которого изготовлена эта пластиинка, если ее толщина 4 мм?

11.17. Два кубика с ребрами 20 см и 30 см сделаны из одного материала. Во сколько раз сила притяжения второго кубика к Земле больше, чем первого?

11.18. Из алюминия и железа сделаны два тела одинакового объема. Найдите силу притяжения алюминиевого тела к Земле, если масса железного 7,8 кг.

11.19. Во сколько раз уменьшится сила тяготения между двумя одинаковыми шарами, если вначале шары

соприкасаются друг с другом, а затем один из шаров отодвигают на расстояние, равное диаметру шаров?

11.20. Два шара радиусами 20 см и 80 см соприкасаются друг с другом. Во сколько раз уменьшится сила тяготения между шарами, если их раздвинуть на 100 см?

11.21. Определите модуль силы взаимодействия тела массой 2 кг и Земли, если тело удалено от поверхности на расстояние, в 3 раза превышающее радиус планеты. Ускорение свободного падения на поверхности Земли считать равным 10 м/с^2 .

11.22. Определите силу тяжести, действующую на тело массой 1 т на высоте 100 км над поверхностью Земли. Радиус Земли 6400 км, ускорение свободного падения на поверхности земли считать равным $9,8 \text{ м/с}^2$.

11.23. Вычислите первую космическую скорость у поверхности Луны. Радиус Луны 1760 км. Ускорение свободного падения $1,6 \text{ м/с}^2$.

11.24. Определите первую космическую скорость у поверхности Луны, если радиус Луны 1760 км, а ускорение свободного падения у поверхности Луны в 6 раз меньше ускорения свободного падения у поверхности Земли.

11.25. Чему равна первая космическая скорость для планеты, масса и радиус которой в 3 раза больше, чем у Земли? Радиус Земли 6400 км, ускорение свободного падения на поверхности Земли 10 м/с^2 .

Третий уровень

11.26. Ускорение свободного падения на поверхности некоторой планеты $12,2 \text{ м/с}^2$, а ее радиус 8200 км. Определите скорость спутника, движущегося по круговой орбите вокруг этой планеты на высоте, равной радиусу планеты.

11.27. На какой высоте над поверхностью Земли ускорение свободного падения в 16 раз меньше, чем на поверхности Земли?

11.28. Определите, на какой высоте от поверхности Земли ускорение свободного падения равно 5 м/с^2 . Радиус Земли 6400 км. Ускорение свободного падения на поверхности Земли считать равным 10 м/с^2 .

11.29. Средняя плотность Венеры 4900 кг/м^3 , а радиус планеты 6200 км. Найдите ускорение свободного падения на поверхности Венеры.

11.30. Плотность некоторой планеты такая же, как у Земли, а радиус этой планеты в 2 раза меньше, чем у Земли. Найдите значение ускорения свободного падения на поверхности этой планеты. На поверхности Земли ускорение свободного падения считать равным 10 м/с^2 .

11.31. Расстояние между центрами Земли и Луны равно 60 земным радиусам, а масса Луны в 81 раз меньше массы Земли. В какой точке прямой (расстояние от центра Земли), соединяющей их центры, тело будет притягиваться к Земле и Луне с одинаковыми силами? Радиус Земли 6400 км.

11.32. Космический корабль движется по круговой орбите радиусом 13 000 км около некоторой планеты со скоростью 10 км/с . Каково ускорение свободного падения на поверхности этой планеты, если ее радиус $10\,000 \text{ км}$?

11.33. Масса некоторой планеты в 4,5 раза больше массы Земли, а ее радиус в 2 раза больше радиуса Земли. Во сколько раз первая космическая скорость на этой планете больше, чем на Земле?

11.34. Определите радиус круговой траектории спутника Земли, для которой скорость спутника будет вдвое меньше первой космической скорости на Земле. Радиус Земли 6400 км.

11.35. Спутник движется вокруг планеты по орбите радиусом $6 \cdot 10^9 \text{ м}$ со скоростью 40 км/с . Какова плотность планеты, если ее радиус $4 \cdot 10^8 \text{ м}$?

11.36. Каким должен быть радиус круговой орбиты искусственного спутника Земли, чтобы он все время находился над одной и той же точкой земной поверхности на экваторе? Масса Земли $6 \cdot 10^{24} \text{ кг}$.

11.37. Найдите период обращения спутника, движущегося вокруг Луны вблизи ее поверхности, если средняя плотность Луны 3300 кг/м^3 .

11.38. Радиус орбиты Нептуна в 30 раз больше радиуса орбиты Земли. Определите период обращения Нептуна вокруг Солнца, если период обращения Земли 1 год.

Четвертый уровень

11.39. Сколько метров пройдет тело, свободно падая без начальной скорости, в течение первых 3 с у поверхности планеты, радиус которой меньше земного на одну

треть, а средняя плотность планеты на 10% меньше, чем у Земли? Ускорение свободного падения на поверхности Земли считать равным 10 м/с^2 .

11.40. Средняя высота спутника над поверхностью Земли 1700 км. Определите его период вращения. Радиус Земли 6400 км, ускорение свободного падения на поверхности Земли считать равным 10 м/с^2 .

11.41. На какой высоте должен вращаться спутник в плоскости экватора, чтобы за земные сутки совершил 14 оборотов вокруг Земли? Радиус Земли 6400 км, ускорение свободного падения на поверхности Земли считать равным 10 м/с^2 , продолжительность суток 24 часа.

11.42. С увеличением высоты полета спутника его скорость уменьшилась с $7,79 \text{ км/с}$ до $7,36 \text{ км/с}$. На сколько секунд увеличился период обращения спутника? Масса Земли $6 \cdot 10^{24} \text{ кг}$.

11.43. На экваторе некоторой планеты тело весит вдвое меньше, чем на полюсе. Плотность вещества этой планеты 3 г/см^3 . Определите период вращения планеты вокруг своей оси.

11.44. В свинцовом шаре радиусом R сделана сферическая полость, поверхность которой касается поверхности шара и проходит через его центр. Масса шара M . С какой силой свинцовый шар будет притягивать шарик массой m , находящийся на расстоянии $d > R$ от центра свинцового шара на прямой, соединяющей центры шара и полости, со стороны полости?

12. Вес тела

Первый уровень

12.1. Мяч, притягиваясь к Земле, давит на горизонтальную опору силой в 5 Н. Какова масса мяча?

12.2. Масса первого тела 3 кг, второго – 6 кг. Во сколько раз вес второго тела больше, чем первого?

12.3. Объем точильного бруска 150 см^3 . Плотность точильного камня 2200 кг/м^3 . Определите вес бруска.

12.4. Три тела, притягивающиеся к Земле с силами 19,6 Н, 39,2 Н и 9,8 Н, последовательно связаны нитями по вертикали. Каков общий вес этих тел?

12.5. Папа, масса которого 80 кг, держит на плечах сына массой 20 кг. С какой силой папа давит на Землю?

12.6. Два шарика одинакового объема сделаны из разных материалов: первый – из меди, второй – из мрамора. Во сколько раз вес первого шарика больше, чем второго? Плотность меди $8900 \text{ кг}/\text{м}^3$, плотность мрамора $2700 \text{ кг}/\text{м}^3$.

12.7. Башенный кран равномерно поднимает в горизонтальном положении стальную балку длиной 5 м и сечением $0,01 \text{ м}^2$. С какой силой действует балка на трос? Плотность стали $7800 \text{ кг}/\text{м}^3$.

12.8. Мраморная колонна имеет высоту 5 м, площадь ее основания $0,4 \text{ м}^2$. С какой силой она давит на Землю? Плотность мрамора $2700 \text{ кг}/\text{м}^3$.

12.9. Каков вес нефти, перевезенной в 40 железнодорожных цистернах, если вместимость каждой – 50 м^3 ? Плотность нефти $800 \text{ кг}/\text{м}^3$.

12.10. Спортсмен массой 70 кг держит на поднятой руке гирю весом 50 Н. С какой силой он давит на Землю?

12.11. Вес пустой десятилитровой канистры 12 Н. Каким будет вес этой же канистры, наполненной бензином? Плотность бензина $710 \text{ кг}/\text{м}^3$.

Второй уровень

12.12. Вес четырех пассажиров лифта 2400 Н. Какова масса четвертого пассажира, если у первого она 50 кг, у второго 60 кг, а у третьего 55 кг?

12.13. Найдите вес десяти алюминиевых кубиков с ребром 20 см. Плотность алюминия $2700 \text{ кг}/\text{м}^3$.

12.14. Определите объем бензина, налитого в канистру, если вес пустой канистры 12 Н, а вместе с бензином 97,2 Н. Плотность бензина $710 \text{ кг}/\text{м}^3$.

12.15. На сколько уменьшится вес автомобиля после прохождения 300 км пути, если на 100 км пути его двигатель расходует 10 л бензина? Плотность бензина $710 \text{ кг}/\text{м}^3$.

12.16. Чему равен вес летчика-космонавта массой 80 кг при старте ракеты с поверхности Земли вертикально вверх с ускорением $15 \text{ м}/\text{с}^2$?

12.17. Груз массой 150 кг лежит на дне кабины движущегося вниз лифта и давит на дно с силой 1800 Н. Определите модуль и направление ускорения лифта.

12.18. На тело массой 2 кг, находящееся на гладком горизонтальном столе, действует сила 30 Н, направленная вверх под углом 30° к горизонту. С какой силой тело давит на стол?

12.19. Канат удерживает тело весом не более 2500 Н. На канате поднимают груз массой 200 кг. При каком ускорении канат разорвется?

12.20. Какое минимальное ускорение нужно сообщить космическому кораблю, движущемуся вверх, чтобы вес космонавта был $4P$? Вес космонавта в состоянии покоя – P .

12.21. Во сколько раз вес тела, поднимающегося с ускорением 2 м/с^2 на горизонтальной опоре вертикально вверх, больше, чем его вес при спуске с таким же ускорением?

12.22. Лифт в начале движения и при остановке имеет одинаковое по абсолютной величине ускорение. Чему равна величина этого ускорения, если вес человека, находящегося в лифте, в первом и во втором случаях отличаются в 3 раза?

12.23. В начале подъема лифта вес человека увеличился на 10% от первоначального значения. Чему равна величина ускорения лифта?

12.24. Груз массой 15 т опускают в трюм корабля. График изменения скорости дан на рис. 20. Определите вес груза в следующие промежутки времени: а) от начала движения до пятой секунды; б) от начала шестой секунды до конца двенадцатой; в) от конца двенадцатой до конца четырнадцатой.

12.25. Подъем груза массой 75 кг с помощью каната на высоту 15 м продолжался 3 с. Определите вес груза, если подъем происходил с постоянным ускорением.

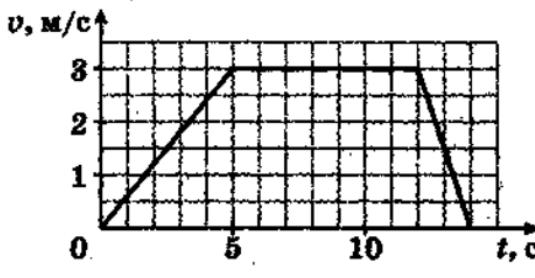


Рис. 20

12.26. В шахту опускается равноускоренно бадья, вес которой в покое 2800 Н. В первые 10 с она проходит 35 м. Каков вес бадьи в движении?

12.27. Динамометр вместе с прикрепленным к нему грузом сначала поднимают вертикально вверх, затем опускают. В обоих случаях движение происходит с ускорением 6 м/с^2 . Чему равна масса груза, если разность показаний динамометра равна 24 Н? Массой динамометра пренебречь.

12.28. В лифте установлен бак с водой. Высота уровня воды относительно дна бака 1 м. Определите давление воды на дно бака, если лифт движется вверх замедленно с ускорением 2 м/с^2 . Атмосферное давление 10^5 Па . Плотность воды 1000 кг/м^3 .

13. Сила упругости. Закон Гука

Первый уровень

13.1. Какую силу надо приложить, чтобы пружину жесткостью 100 Н/м растянуть на 3 см?

13.2. Найдите жесткость пружины, которая под действием силы 5 Н удлинилась на 10 см.

13.3. Динамометр, к пружине которого подведен груз, показывает силу 2 Н. Определите удлинение пружины, если ее коэффициент жесткости 40 Н/м.

13.4. Тело массой 1 кг висит на пружине, растягивая ее на 1 см. Определите коэффициент жесткости пружины.

13.5. Груз какой массы надо подвесить к динамометру, жесткость пружины которого 40 Н/м, чтобы удлинение пружины составило 2,5 см?

13.6. Шарик массой 100 г висит на резиновом шнуре, жесткость которого 1 Н/см. Определите величину растяжения шнура.

13.7. Длина недеформированной пружины 20 см, ее жесткость 10 Н/м. Какой станет длина пружины, если ее растянуть с силой 1 Н?

13.8. Длина деформированной пружины 40 см, ее жесткость 20 Н/м. Определите длину недеформированной пружины, если деформация произошла под действием силы, равной 2 Н.

Второй уровень

13.9. На рис. 21 представлен график зависимости изменения длины резинового жгута от модуля приложенной к нему силы. Определите жесткость жгута.

13.10. На рис. 22 приведены графики зависимости удлинения стальной (1) и медной (2) проволок от модуля приложенной силы. Во сколько раз жесткость первой проволоки больше жесткости второй? Начальная длина проволок и их диаметры одинаковые.

13.11. Для сжатия на 2 см буферной пружины железнодорожного вагона требуется сила 60 кН. Какая сила потребуется для сжатия этой пружины на 5 см?

13.12. Чтобы растянуть пружину на 4 см, к ней необходимо приложить силу 8 Н. Какую силу нужно приложить к этой же пружине, чтобы сжать ее на 3 см?

13.13. Две пружины растягивают одинаковыми силами F . Жесткость первой пружины в 1,5 раза больше жесткости второй пружины. Чему равно удлинение первой пружины, если удлинение второй пружины оказалось равным 6 см?

13.14. С какой силой растянута пружина, к которой подвешен брускок из латуни размером $10 \times 8 \times 5$ см? Какова жесткость пружины, если известно, что она растянута на 3,4 см?

13.15. К пружине динамометра подвешен груз массой 0,1 кг. При этом пружина удлинилась на 2,5 см. Каким будет удлинение пружины, если к динамометру подвесить груз 0,4 кг?

13.16. Пружина жесткостью 100 Н/м с грузом 100 г прикреплена к потолку лифта, движущегося с ускорением вниз. Определите величину ускорения лифта, если удлинение пружины составляет 0,8 см.

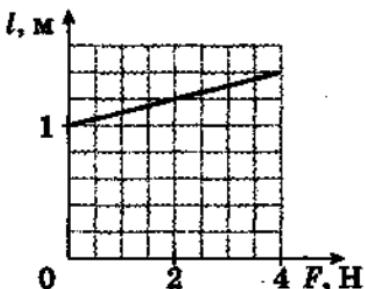


Рис. 21

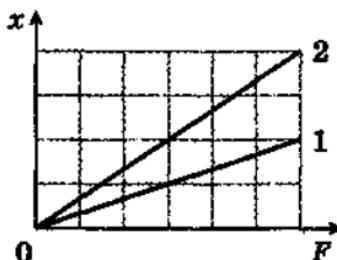


Рис. 22

13.17. Груз массой 1 кг подвешен к пружине жесткостью 100 Н/м. Длина пружины в нерастянутом состоянии 0,2 м. Какой будет длина пружины, если пружина с грузом будет находиться в лифте, движущемся с ускорением 5 м/с², направленным вверх?

13.18. Тело, подвешенное к крюку неподвижного динамометра, растягивает его пружину на 1 см. Когда динамометр поднимается вертикально вверх, пружина растягивается на 3 см. С каким ускорением движется тело, если его масса равна 100 г?

Третий уровень

13.19. Две идеальные пружины жесткостью 300 Н/м и 700 Н/м крепятся последовательно. Получите формулу, позволяющую найти жесткость образованной идеальной пружины. Определите жесткость полученной системы.

13.20. Определите суммарное удлинение системы из двух последовательно соединенных пружин жесткостью 1000 Н/м и 2000 Н/м, закрепленных вертикально, если масса груза, подвешенного к пружинам, 1 кг.

13.21. Шарик соединен со стенками пружинами жесткостью $k_1 = 100$ Н/м и $k_2 = 150$ Н/м и находится в равновесии (рис. 23). Каждую стенку медленно передвигают в направлении от шарика на расстояние 1 см. На какое расстояние от первоначального положения сдвинется шарик? Силу тяжести не учитывать.

13.22. К потолку подвешена легкая пружина с маленьким шариком, имеющим массу 100 г. К нему прикреплена вторая легкая пружина с еще одним таким же шариком. Длина каждой из недеформированных пружин равна 10 см и 20 см, а жесткость пружин – 200 Н/м и 100 Н/м соответственно. Найдите расстояние от потолка до нижнего шарика.

13.23. Два одинаковых груза массой по 0,2 кг каждый соединены пружиной, жесткость которой 230 Н/м. На сколько растянется пружина, если за один груз тянуть



Рис. 23

всю систему вверх силой 4,6 Н? Массой пружины пренебречь.

13.24. Два тела одинаковой массы соединены невесомой пружиной жесткостью 200 Н/м. Тела находятся на гладкой горизонтальной поверхности. К одному из тел приложена горизонтальная сила 20 Н. Определите удлинение пружины.

13.25. Пружина динамометра под действием силы 1 Н удлинилась на 2 мм. Если к этому динамометру подвесить медный шар, то пружина удлинится на 5 мм. Чему равен объем шара? Плотность меди $8900 \text{ кг}/\text{м}^3$.

13.26. Грузовик взял на буксир легковой автомобиль массой 2 т и, двигаясь равноускоренно, за 50 с проехал 400 м. На сколько при этом удлинился трос, соединяющий автомобили, если его жесткость $2 \cdot 10^6 \text{ Н}/\text{м}$? Трением пренебречь.

13.27. Груз массой 1 кг начинает подниматься вертикально вверх при помощи троса. В течение 2 с равноускоренного движения груз поднялся на высоту 5 м. Определите удлинение троса, если его коэффициент упругости 400 Н/м. Деформацию считать упругой. Массой троса и сопротивлением среды пренебречь.

13.28. Вертикально расположенная пружина соединяет два груза. Масса верхнего груза равна 2 кг, а нижнего – 3 кг. Когда система подвешена за верхний груз, длина пружины равна 10 см. Если систему поставить на подставку на нижний груз, длина пружины окажется равной 4 см. Определите длину нерастянутой пружины.

13.29. На подставке находится шарик массой 500 г, подвешенный к потолку на пружине жесткостью 100 Н/м. Подставка начинает опускаться с ускорением $1 \text{ м}/\text{с}^2$. Через какое время шарик оторвется от подставки? В начальный момент пружина была не деформирована.

14. Сила трения

Второй уровень

14.1. Автомобиль массой 2 т движется равномерно по горизонтальному шоссе. Найдите силу тяги автомобиля, если коэффициент трения 0,02.

14.2. Бруск массой 2 кг равномерно тащат по горизонтальной площадке, прикладывая к нему горизонтальную силу 1 Н. Определите коэффициент трения.

14.3. После удара клюшкой шайба начала скользить равнозамедленно по ледяной площадке с ускорением 3 м/с^2 . Определите коэффициент трения шайбы об лед.

14.4. Тело массой 2 кг движется по горизонтальной поверхности с ускорением 2 м/с^2 под действием горизонтальной силы. Найдите величину этой силы, если коэффициент трения между телом и поверхностью 0,2.

14.5. Определите наибольшую массу саней с грузом, которые можно равномерно перемещать по горизонтальной дороге, прикладывая силу тяги 500 Н. Коэффициент трения 0,1.

14.6. Определите массу состава, который может вести электровоз с ускорением $0,1 \text{ м/с}^2$, развивая тяговое усилие 350 кН. Коэффициент трения равен 0,05.

14.7. К находящемуся на горизонтальной плоскости бруски массой 10 кг приложена сила 15 Н, направленная горизонтально. Определите ускорение тела, если коэффициент трения равен 0,1.

14.8. Определите коэффициент трения между бруском массой 3 кг и горизонтальной плоскостью, если в результате действия горизонтальной силы 3,6 Н он приобретает ускорение $0,2 \text{ м/с}^2$.

14.9. Бруск массой 2 кг, лежащий на шероховатой горизонтальной плоскости, приходит в движение с ускорением 3 м/с^2 , когда на него действуют горизонтальной силой 11 Н. Какой минимальной по величине горизонтальной силой следует действовать на бруск, чтобы только сдвинуть его с места?

14.10. Тело массой 0,4 кг равномерно тянут по горизонтальной поверхности с помощью пружины, расположенной параллельно поверхности. Найдите жесткость пружины, если она растянулась на 0,8 см. Коэффициент трения равен 0,4.

14.11. При помощи динамометра ученик равномерно перемещал деревянный бруск массой 200 г по горизонтально расположенной доске. Каков коэффициент трения, если пружина динамометра жесткостью 40 Н/м растянулась в процессе перемещения на 1,5 см?

14.12. Деревянный брускок массой 2 кг тянут по деревянной доске, расположенной горизонтально, с ускорением 1 м/с² с помощью пружины жесткостью 200 Н/м. Коэффициент трения равен 0,3. Найдите удлинение пружины.

14.13. Груз массой 50 кг прижимают к вертикальной стенке силой 100 Н. Какая необходима сила, чтобы равномерно тянуть груз вертикально вверх? Коэффициент трения 0,3.

14.14. Брускок массой 0,3 кг прижимают к вертикальной стене с силой 3 Н, направленной перпендикулярно стене. Коэффициент трения скольжения бруска по стене 0,8. Найдите ускорение бруска.

14.15. Магнит массой 50 г приложили к железной вертикальной стенке. Чтобы магнит равномерно скользил вниз, на него необходимо воздействовать направленной вертикально вниз силой 2 Н. Какой минимальной силой надо воздействовать на магнит, чтобы он равномерно скользил вверх?

14.16. Два мальчика пытаются сдвинуть с места ящик массой 60 кг, толкая его во взаимно перпендикулярных направлениях. Сила, которую прикладывает один из них, равна 240 Н. Какую минимальную силу должен приложить к ящику другой мальчик, чтобы он сдвинулся с места? Коэффициент трения 0,5.

14.17. Тело массой 10 кг движется по горизонтальной плоскости. На тело действует сила 50 Н, направленная под углом 30° к горизонту. Определите силу трения, действующую на тело, если коэффициент трения 0,2.

14.18. На груз массой 1 кг, лежащий на горизонтальной поверхности, действуют силой, направленной под углом 30° к поверхности. При каком минимальном значении силы тело сдвинется с места, если коэффициент трения равен 0,5?

14.19. Тело массой 1 кг движется по горизонтальной поверхности под действием силы 10 Н, направленной под углом 30° к горизонту. Определите ускорение тела, если коэффициент трения равен 0,6.

14.20. Автоинспектор установил, что след торможения на асфальтовой дороге равен 40 м. С какой скоростью ехал автомобиль, если коэффициент трения колес об асфальт 0,5?

14.21. Под действием горизонтальной силы 12 Н тело движется по шероховатой поверхности по закону $x = 5 + t^2$. Определите массу тела, если коэффициент трения тела о поверхность 0,1.

14.22. Масса поезда 3000 т. Коэффициент трения 0,02. Какой должна быть сила тяги локомотива, чтобы поезд набрал скорость 60 км/ч через 2 мин после начала движения?

14.23. Мальчик массой 40 кг, соскользнув на санках с горки, проехал по горизонтальной дороге до остановки путь 20 м за 10 с. Найдите силу трения и коэффициент трения.

Третий уровень

14.24. Бруск массой 2,8 кг перемещают вдоль вертикальной стены с помощью силы, равной 70 Н и направленной под углом α к вертикали. Найдите ускорение бруска, если известно, что $\sin \alpha = 0,6$, а коэффициент трения между стеной и бруском 0,4.

14.25. К телу, первоначально покончившемуся на шероховатой горизонтальной плоскости, в течение 10 с прикладывают постоянную горизонтальную силу 5 Н. После прекращения действия силы тело движется до остановки в течение 40 с. Определите величину силы трения скольжения, считая ее постоянной на всем пути.

14.26. По горизонтальной плоскости прямолинейно движется тело массой 5 кг под действием горизонтальной силы 20 Н. Коэффициент трения скольжения 0,1. Сила действует в течение 10 с. Через какое время после прекращения действия силы тело остановилось?

14.27. На первоначально покоящееся на шероховатой горизонтальной плоскости тело массой 2 кг действует в течение 3 с горизонтальная сила 10 Н. Какой путь пройдет тело за все время движения до остановки? Коэффициент трения скольжения 0,2.

14.28. Тело массой 20 кг тянут с силой 120 Н по горизонтальной поверхности. Если эта сила приложена под углом 60° к горизонту, тело движется равномерно. С каким ускорением будет двигаться тело, если ту же силу приложить под углом 30° к горизонту?

Четвертый уровень

14.29. Санки массой 2 кг тянут за веревку с силой 32,56 Н, направленной горизонтально. На санках сидит ребенок массой 20 кг. Коэффициент трения полозьев о снег 0,1. Найдите силу трения, действующую на ребенка.

14.30. Сани тянут с силой F , направленной под углом $\alpha = 45^\circ$ к горизонту (рис. 24). В другом случае та же по величине сила направлена горизонтально. Оказалось, что в обоих случаях сани разгоняют по горизонтальной дороге до одинаковой скорости за одинаковое время. Найдите коэффициент трения.

14.31. Чтобы тянуть сани с постоянной скоростью по горизонтальной дороге, надо прикладывать силу 490 Н под углом 60° к горизонту или силу 330 Н под углом 30° к горизонту. Определите массу саней. Коэффициент трения скольжения саней по дороге неизвестен.

15. Наклонная плоскость

Второй уровень

15.1. По канатной дороге, имеющей уклон 20° к горизонту, равномерно спускается вагонетка, сила тяжести которой 4900 Н. Определите силу сопротивления, возникающую при движении вагонетки.

15.2. Тело весом 100 Н лежит на наклонной плоскости, длина которой 3 м, а высота 2 м. С какой силой оно давит на наклонную плоскость?

15.3. Ящик массой 100 кг удерживается неподвижно на наклонной плоскости пружиной, один конец которой прикреплен к ящику, а другой – к вершине наклонной плоскости (рис. 25). Определите жесткость пружины, если она удлинилась на 10 см. Трением пренебречь. Угол наклона плоскости к горизонту $\alpha = 60^\circ$.

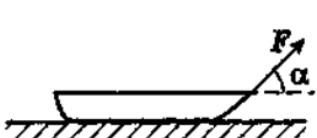


Рис. 24

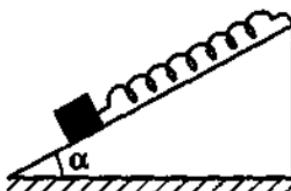


Рис. 25

15.4. Тело равномерно скользит по наклонной плоскости с углом наклона 45° под действием собственного веса. Найдите коэффициент трения между телом и плоскостью.

15.5. Крыша дома наклонена под углом 30° к горизонту. Каким должен быть коэффициент трения между подошвами ботинок трубочиста и поверхностью крыши, чтобы он смог пройти вверх по крыше?

15.6. Под каким минимальным углом к горизонту должен наклониться кузов самосвала, чтобы находящийся в нем груз полностью высыпался? Коэффициент трения скольжения принять равным 0,58.

15.7. Угол наклона плоскости доски к горизонту составляет 30° . На доску положили кирпич массой 2 кг. Коэффициент трения скольжения кирпича по доске 0,8. Вычислите величину силы трения, действующей на кирпич.

15.8. Тело лежит на наклонной плоскости, которая составляет с горизонтом угол 30° . Коэффициент трения тела о плоскость равен $\sqrt{3}$. С какой минимальной силой, направленной вдоль наклонной плоскости, необходимо действовать на тело, чтобы привести его в движение, если масса тела 1 кг?

15.9. Во сколько раз величина силы трения при движении тела по горизонтальной поверхности больше величины силы трения, действующей на это же тело при движении по наклонной плоскости, составляющей угол 60° с горизонтом? Коэффициент трения в обоих случаях одинаков.

15.10. С какой минимальной горизонтальной силой надо действовать на брускок массой 1 кг, находящийся на наклонной плоскости с углом наклона $\alpha = 30^\circ$, чтобы он покоялся (рис. 26)? Коэффициент трения бруска о наклонную плоскость 0,2.

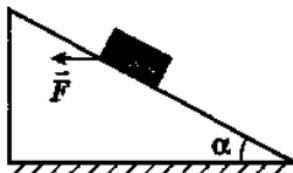


Рис. 26

15.11. С какой минимальной силой нужно прижать ящик к наклонной плоскости, прикладывая силу перпендикулярно наклонной плоскости, чтобы он оставался в покое? Сила тяжести ящика 200 Н, длина наклонной плоскости 1 м, высота 60 см, коэффициент трения 0,4.

15.12. На наклонной плоскости с углом наклона 30° лежит небольшой брускок массой 1 кг. Коэффициент трения между бруском и поверхностью наклонной плоскости 0,8. Какую минимальную горизонтальную силу надо приложить к брускому, чтобы он начал скользить?

15.13. По наклонной плоскости длиной 0,5 м и высотой 0,1 м с помощью динамометра, расположенного параллельно плоскости, сначала равномерно втащили вверх, а затем равномерно стащили вниз брускок массой 2 кг. Найдите модуль разности показаний динамометра.

15.14. Санки с седоком общей массой 100 кг съезжают с горы высотой 8 м и длиной 100 м. Какова средняя сила сопротивления, действующая на санки, если в конце горы они имеют скорость 10 м/с? Начальная скорость санок равна нулю.

15.15. Лыжник съезжает с горы, составляющей угол 60° с горизонтом. Пройденный путь определяется выражением $S = 3,5t^2$. Найдите коэффициент трения лыж о снег.

15.16. Санки съезжают с горки длиной 50 м за 5 с. Вычислите коэффициент трения скольжения саней по поверхности горки. Поверхность горки составляет угол 45° . Начальная скорость равна нулю.

15.17. На наклонной плоскости с углом наклона 45° на расстоянии 50 см от вершины находится небольшой брускок. Коэффициент трения скольжения бруска по плоскости 0,4. Какую минимальную по величине начальную скорость надо сообщить брускому, чтобы он «добрался» до вершины?

15.18. С вершины наклонной плоскости высотой 5 м с углом наклона к горизонту 45° начинает соскальзывать тело. Определите скорость тела в конце спуска, если коэффициент трения тела о плоскость 0,19.

15.19. Для удержания тела на наклонной плоскости нужна сила 11 Н, а для равномерного подъема – 17 Н.

Определите массу тела, если угол наклона плоскости составляет 30° .

Третий уровень

15.20. Тело соскальзывает с наклонной плоскости высотой 5 м и длиной 13 м. Коэффициент трения 0,4. Найдите время движения тела вдоль наклонной плоскости.

15.21. Маленький брускок находится на вершине наклонной плоскости длиной 26 м и высотой 10 м. Коэффициент трения между бруском и плоскостью 0,45. Какую минимальную скорость надо сообщить брускому, чтобы он достиг основания плоскости?

15.22. Ледяная гора составляет с горизонтом угол 30° . По ней снизу вверх пускают шайбу, которая за 2 с проходит расстояние 16 м, после чего останавливается и скользит вниз. Каков коэффициент трения скольжения шайбы по льду? Сколько времени длится скользование?

15.23. Лыжник, идущий по горизонтальной лыжне со скоростью 12,6 м/с, достигает подножия горы, склон которой составляет угол 30° с горизонтом, а затем проезжает по инерции вверх по склону путь 11,4 м и останавливается. Чему равен коэффициент трения скольжения лыж по склону?

15.24. На наклонной плоскости длиной 5 м и высотой 3 м находится груз массой 50 кг. Какую силу, направленную вдоль плоскости, надо приложить к грузу, чтобы втаскивать его с ускорением 1 м/с^2 ? Коэффициент трения равен 0,2.

15.25. С кузова автомобиля по наклонной доске спускают ящик массой 100 кг, придерживая его веревкой, параллельной доске. Днище кузова находится на высоте 1,5 м от земли, длина доски 3 м, коэффициент трения ящика о доску 0,2. Скорость груза у поверхности земли 1 м/с. Определите величину силы натяжения веревки, считая эту силу постоянной.

15.26. С каким ускорением начнет спускаться тело с наклонной плоскости, если за привязанную к нему нить потянуть в горизонтальном направлении с силой, вдвое меньшей действующей на него силы тяжести? Высота наклонной плоскости 3 м, а ее длина 5 м. Коэффициент трения 0,8.

15.27. По наклонной плоскости скользит кубик массой 200 г с ускорением 1 м/с². С какой силой нужно прижать кубик перпендикулярно наклонной плоскости, чтобы он начал двигаться равномерно? Коэффициент трения кубика о наклонную плоскость 0,1.

15.28. Тело скользит равномерно по наклонной плоскости с углом наклона 30°. С каким ускорением будет двигаться тело, если угол наклона увеличить до 45°?

15.29. Шайба, пущенная вверх по наклонной плоскости с углом наклона 45°, со временем останавливается и соскальзывает вниз. Время спуска в 2 раза больше времени подъема. Определите коэффициент трения.

15.30. По наклонной плоскости вверх пускают тело с начальной скоростью 3 м/с. Поднявшись на некоторую высоту, тело соскальзывает по тому же пути вниз. Какова будет скорость тела, когда оно вернется в исходную точку? Коэффициент трения 0,8. Угол наклона плоскости к горизонту 45°.

15.31. Санки массой 4 кг равномерно съезжают с горки с углом наклона 30°. Определите, с какой силой нужно тянуть санки за веревку, угол наклона которой относительно поверхности горки также равен 30°, чтобы затаскивать их на горку с постоянной скоростью.

15.32. При скоростном спуске с горы с углом наклона 30° лыжник набрал скорость 72 км/ч. Коэффициент трения скольжения лыж о снег 0,1. Сила сопротивления воздуха пропорциональна квадрату скорости. С какой максимальной скоростью будет двигаться тот же лыжник по склону с углом наклона 45°? Считать длину склона достаточно большой.

15.33. В кабине лифта установлена гладкая наклонная плоскость. Если лифт неподвижен, то тело, предоставленное самому себе, спускается с вершины наклонной плоскости за время 1,7 с. За какое время это тело спустится с наклонной плоскости, если лифт будет подниматься вверх с ускорением 5 м/с²?

15.34. На шероховатой наклонной плоскости с углом наклона $\alpha = 30^\circ$ лежит бруск массой 1 кг (рис. 27). Коэффициент трения бруска о плоскость 0,7. С какой горизонтальной боковой силой F надо действовать на бруск, чтобы он начал скользить по поверхности?

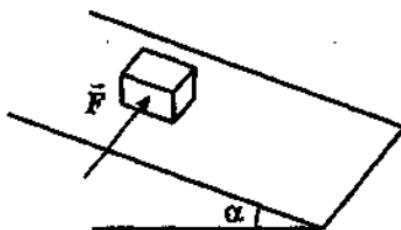


Рис. 27

15.35. С каким ускорением следует перемещать в горизонтальном направлении наклонную плоскость с углом 45° , чтобы находящееся на ней тело оставалось в покое? Трением пренебречь.

15.36. На горизонтальной поверхности лежит клин с углом наклона $\alpha = 30^\circ$ и массой 30 кг. По верхней грани клина может скользить без трения груз массой 1 кг (рис. 28). Каким должен быть коэффициент трения между клином и горизонтальной поверхностью, чтобы клин мог сдвинуться с места?

15.37. Брускок массой 0,2 кг находится на гладкой поверхности наклонной плоскости с углом наклона $\alpha = 60^\circ$ и удерживается с помощью невесомой нити (рис. 29). Определите силу давления груза на наклонную плоскость, если вся система движется вертикально вверх с ускорением 2 м/с^2 .

15.38. С наклонной плоскости длиной 4 м и углом наклона 45° соскальзывает тело, размерами которого можно пренебречь. После соскальзывания оно проходит некоторый путь по горизонтали. Коэффициент трения 0,1. Чему равна скорость тела на расстоянии 0,7 м от основания наклонной плоскости?

15.39. С горки высотой 2 м и длиной основания 5 м съезжают санки, которые останавливаются, пройдя по горизонтали путь 85 м от основания горки. Найдите

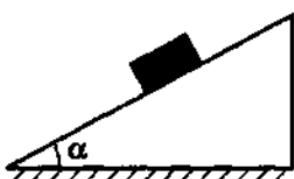


Рис. 28

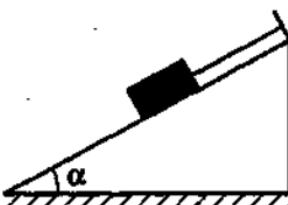


Рис. 29

коэффициент трения, считая его одинаковым на всем пути.

Четвертый уровень

15.40. Призма находится на горизонтальной поверхности шероховатого стола. На поверхность призмы, наклоненной под углом 45° к горизонту, поставили брускок массой 200 г и отпустили. Брускок начал соскальзывать, а призма осталась в покое. Коэффициент трения скольжения между бруском и призмой 0,5. Найдите силу трения между призмой и столом.

15.41. Санки можно удержать на шероховатой ледяной горке минимальной силой 60 Н, направленной вдоль поверхности горки, а предоставленные сами себе, они скатываются с ускорением 3 м/с^2 . Поверхность горки образует с горизонтом угол 30° . Какую силу, направленную вдоль поверхности горки, надо приложить к санкам, чтобы равномерно втачивать их на горку?

15.42. Сила 20 Н приводит в движение клин 1 и штифт 2 (рис. 30). Угол наклона клина $\alpha = 30^\circ$, масса 2 кг, масса штифта также 2 кг; трение отсутствует. Найдите ускорение клина.

15.43. Определите силу, действующую на вертикальную стенку со стороны клина, если на него положили груз массой 2 кг (рис. 31). Угол при основании клина $\alpha = 30^\circ$. Коэффициент трения между грузом и поверхностью клина 0,4. Трения между полом и клином нет.

15.44. На горизонтальном столе находится клин массой 300 г с углом при основании 60° . Длина наклонной плоскости клина 50 см. У вершины клина кладут брускок массой 200 г. Пренебрегая трением, найдите расстояние, пройденное клином к моменту соскальзывания бруска с его поверхности. Размерами бруска пренебречь.

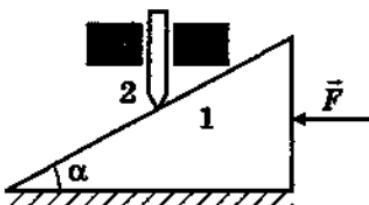


Рис. 30

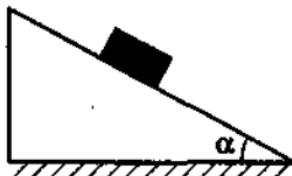


Рис. 31

16. Совместное движение тел

Второй уровень

16.1. К телу массой 10 кг подвешено на невесомой веревке тело массой 5 кг. Вся система движется ускоренно вверх под действием силы 300 Н, приложенной к первому телу. Найдите силу натяжения веревки.

16.2. Два тела массами 50 г и 100 г связаны нитью и лежат на гладкой горизонтальной поверхности. С какой силой можно тянуть первое тело, чтобы нить, способная выдержать силу натяжения 5 Н, не оборвалась?

16.3. Два тела массами 100 г и 200 г, связанные нитью, лежат на гладком горизонтальном столе. Найдите силу натяжения нити и ускорение грузов, если к первому телу приложена горизонтальная сила 5 Н, а ко второму – 14 Н, направленная в противоположную сторону.

16.4. Одноковые бруски движутся под действием внешней силы F по гладкой горизонтальной поверхности (рис. 32). Во сколько раз увеличится сила натяжения нити, связывающей бруски, если бруск 2 переложить на бруск 1?

16.5. Два груза массами 2,5 кг и 3,5 кг, связанные нитью массой 0,5 кг, движутся с постоянным ускорением 1 м/с² по гладкой горизонтальной поверхности под действием некоторой силы, приложенной к первому телу. Найдите эту силу и силы, с которыми нить действует на первый и второй груз.

16.6. Три тела, связанные невесомыми нитями, лежат на гладкой горизонтальной поверхности (рис. 33). К телу массой $m_1 = 300$ г приложена сила 3 Н, направленная вдоль плоскости, а к телу массой $m_3 = 100$ г – сила 5 Н, направленная в противоположную сторону. Найдите силу натяжения нити между телами массами m_1 и $m_2 = 200$ г.

16.7. По идеально гладкой горизонтальной поверхности толкают с горизонтальной силой 6 Н три бруска

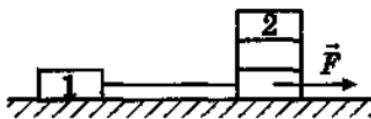


Рис. 32



Рис. 33

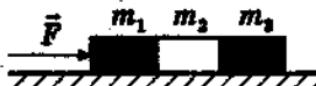


Рис. 34

массами $m_1 = 1$ кг, $m_2 = 2$ кг и $m_3 = 3$ кг (рис. 34). Найдите силу, с которой брусков массой m_2 действует на брусков массой m_3 .

16.8. Два тела массами 80 г и 100 г прикреплены к концам невесомой нерастяжимой нити, перекинутой через неподвижный блок. Какое ускорение приобретут тела, если их отпустить?

16.9. Найдите ускорение, с которым будет двигаться система грузов, изображенная на рис. 35, если масса всех грузов одинакова.

16.10. Две гири неравной массы висят на концах нити, перекинутой через невесомый блок. Более легкая гиря расположена на 2 м ниже более тяжелой. Если предоставить гирам возможность двигаться под действием силы тяжести, то через 2 с они будут на одной высоте. Определите отношение масс гиры.

16.11. Два тела массой $m = 2$ кг подвешены на невесомом блоке при помощи легкой нити и находятся в равновесии. К одному из них подвесили груз массой $2m$, и система пришла в движение (рис. 36). С какой силой груз массой $2m$ действует нить, соединяющую грузы m и $2m$?

16.12. Через легкий блок, прикрепленный к потолку спортивного зала, перекинута легкая веревка. По свешивающимся концам веревки поднимаются два гимнаста. Первый гимнаст массой 68 кг приближается к потолку с постоянной скоростью. С каким ускорением относительно земли поднимается второй гимнаст, если его масса 60 кг?

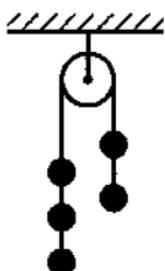


Рис. 35

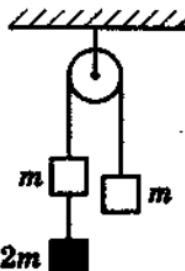


Рис. 36

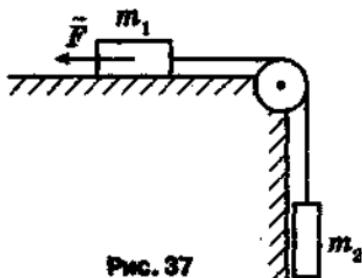


Рис. 37

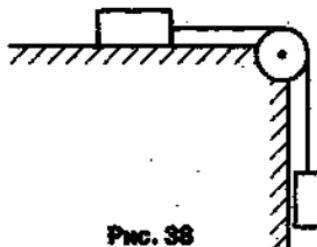


Рис. 38

16.13. Две гири, каждая массой 600 г, прикреплены к концам невесомой нерастяжимой нити, перекинутой через легкий неподвижный блок. Какой массы дополнительный груз нужно положить на одну из гирь, чтобы она стала спускаться вниз с ускорением 2 м/с^2 ? Влиянием блока на движение грузов пренебречь.

16.14. Груз массой $m_1 = 1 \text{ кг}$, лежащий на гладком столе, связан легкой нерастяжимой нитью, переброшенной через идеальный блок, с грузом массой $m_2 = 0,5 \text{ кг}$ (рис. 37). На груз массой m_1 действует горизонтальная сила $F = 2 \text{ Н}$. С каким ускорением движется система грузов?

16.15. На гладком столе находится груз массой 2 кг. К нему с помощью нити, перекинутой через неподвижный блок, установленный на краю стола, подвешена гиря массой 1 кг (рис. 38). Найдите вес гири во время равноускоренного движения системы тел.

16.16. Три тела соединены перекинутой через блок нерастяжимой и невесомой нитью (рис. 39). Массы грузов $m_1 = 0,1 \text{ кг}$, $m_2 = 0,3 \text{ кг}$, $m_3 = 0,2 \text{ кг}$. При каком минимальном значении коэффициента трения между телами m_1 и m_2 и горизонтальной поверхностью возможно скольжение тел?

16.17. С каким ускорением движется система тел, изображенных на рис. 40, если коэффициент трения о горизонтальную поверхность составляет 0,2?

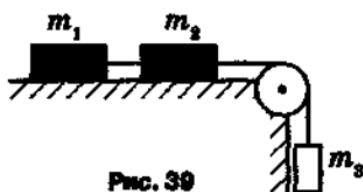


Рис. 39

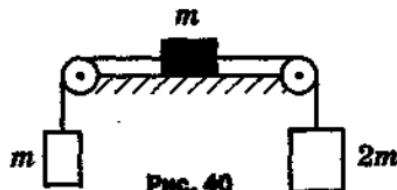


Рис. 40

Третий уровень

16.18. Два бруска массами M и m связаны нитью, перекинутой через блок (рис. 41). Коэффициент трения скольжения между бруском массой M и столом равен 0,2.

При каком отношении масс $\frac{M}{m}$ бруски будут скользить с ускорением, в 10 раз меньшим ускорения свободного падения?

16.19. Однородная цепочка длиной 20 см свешивается со стола и удерживается в равновесии силой трения. Найдите коэффициент трения, если известно, что наибольшая длина свисающего со стола конца, при которой цепочка еще не скользит, равна 4 см.

16.20. К стержню длиной $L = 1$ м приложена сила 40 Н, как показано на рис. 42. Найдите силу натяжения стержня в сечении, находящемся на расстоянии $x = 40$ см от нижнего конца, если стержень движется равноускоренно вверх.

16.21. Два тела массами 1 кг и 3 кг, скрепленные между собой невесомой пружиной жесткостью 10 Н/м, движутся вдоль гладкой плоскости под действием силы 10 Н, приложенной ко второму телу. Определите длину пружины, если ее длина в недеформированном состоянии 25 см.

16.22. Два груза массами 300 г и 200 г соединены нитью, перекинутой через неподвижный блок, подвешенный на динамометре. Определите показание динамометра после того, как грузы придут в движение под действием силы тяжести. Трением в блоке и его массой пренебречь.

16.23. Цепочка из 12 тел одинаковой массы m , соединенных упругими невесомыми нитями, движется по горизонтальной плоскости под действием горизон-

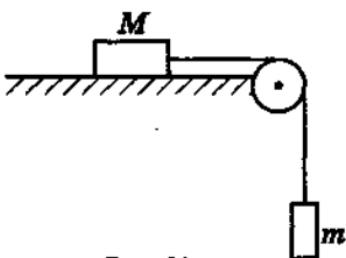


Рис. 41

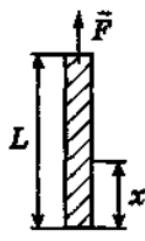


Рис. 42

тально направленной силы, модуль которой равен 20 Н. Чему равна сила упругости, действующая на девятое тело со стороны десятого?

16.24. Через неподвижный блок, подвешенный к крючку динамометра, перекинута нерастяжимая нить, к концам которой привязаны две гири. При движении гири под действием силы тяжести динамометр показывает силу 30 Н. Какова масса одной из гири, если масса другой 1 кг?

16.25. Найдите натяжение нити, использованной в системе, состоящей из подвижного и неподвижного блоков (рис. 43). Массы грузов $m_1 = 200$ г, $m_2 = 100$ г. Блок и веревка невесомы.

16.26. Невесомый блок укреплен на вершине двух наклонных плоскостей, составляющих с горизонтом углы $\beta = 30^\circ$ и $\alpha = 45^\circ$ (рис. 44). Два груза одинаковой массы соединены невесомой и нерастяжимой нитью, перекинутой через блок. Найдите ускорение, с которым будут двигаться грузы.

16.27. Груз массой $m_1 = 6$ кг, связанный нитью, перекинутой через неподвижный блок, с другим грузом массой $m_2 = 2$ кг, движется вниз по наклонной плоскости (рис. 45). Коэффициент трения между первым грузом и наклонной плоскостью 0,1. Найдите силу натяжения нити, считая ее невесомой и нерастяжимой. Угол наклона плоскости к горизонту $\alpha = 30^\circ$.

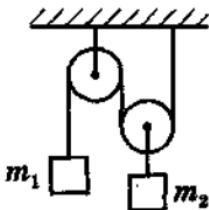


Рис. 43

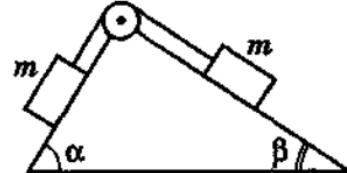


Рис. 44

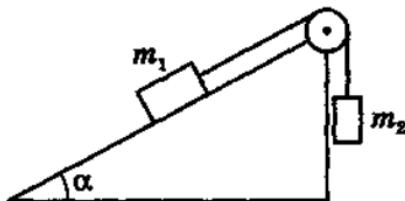


Рис. 45

16.28. С наклонной плоскости, угол наклона которой 45° , соскальзывают два груза массами 2 кг (движется первым) и 1 кг, соединенные пружиной жесткостью 100 Н/м. Коэффициенты трения между грузами и плоскостью равны соответственно 0,2 и 0,5. Найдите растяжение пружины при соскальзывании грузов.

16.29. Три тела массами $m_1 = 100$ г, $m_2 = 150$ г, $m_3 = 250$ г втаскивают на наклонную плоскость, прикладывая к первому телу силу 10 Н, направленную вдоль наклонной плоскости (рис. 46). Тела соединены одинаковыми пружинами жесткостью 100 Н/м. Найдите удлинение каждой пружины. Трением пренебречь.

16.30. Система из трех грузов m , $2m$, $3m$, расположенных вдоль одной прямой и скрепленных двумя легкими пружинами жесткостью 140 Н/м каждая, покоятся на гладкой горизонтальной поверхности. Затем систему кладут на гладкую наклонную плоскость с углом наклона $\alpha = 30^\circ$ и удерживают в покое за груз m (рис. 47). В результате этого длина всей системы увеличилась на 7 см. Найдите значение m .

16.31. Грузы массами $m_1 = 1,5$ кг и $m_2 = 0,5$ кг связаны нитью, перекинутой через неподвижный блок (рис. 48). Угол наклона плоскости к горизонту $\alpha = 30^\circ$, коэффициент трения между грузом и плоскостью 0,2. Найдите силу натяжения нити.

16.32. К нижнему концу легкой пружины (рис. 49) подвешены связанные невесомой нитью грузы: верхний массой $m_1 = 0,2$ кг и нижний массой $m_2 = 0,1$ кг. Нить, соединяющую грузы, пережигают. С каким ускорением начнет двигаться верхний груз?

16.33. Два бруска одинаковой массы 0,2 кг поставлены вплотную друг к другу на наклонную плоскость под углом $\alpha = 45^\circ$ (рис. 50). Коэффициент трения верхнего

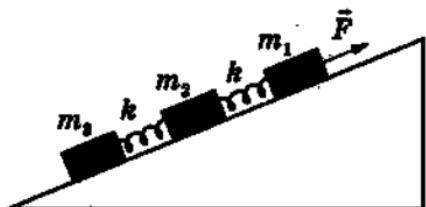


Рис. 46

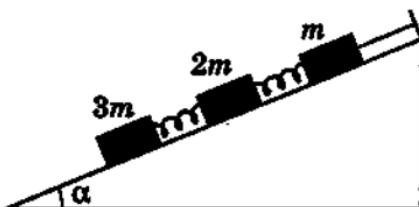


Рис. 47

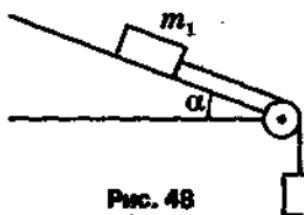


Рис. 48



Рис. 49

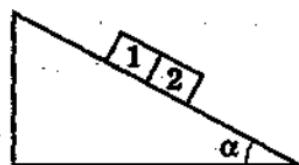


Рис. 50

бруска $\mu_1 = 0,01$, а нижнего $\mu_2 = 1$. Определите силу взаимодействия брусков при их совместном соскальзывании (брюски прижаты друг к другу) с наклонной плоскости.

Четвертый уровень

16.34. Доска массой $m_1 = 100$ г лежит на гладкой горизонтальной поверхности (рис. 51). На доске лежит тело массой $m_2 = 200$ г. Коэффициент трения между телом и доской равен 0,8. При каком максимальном значении силы F , приложенной к доске в горизонтальном направлении, тело еще не начнет скользить по доске?

16.35. Однородный канат массой $m = 1$ кг соединен с бруском массой $1,5m$ легкой нитью, переброшенной через блок. Канат находится на наклоненной под углом 45° к горизонту плоскости (рис. 52). Коэффициент трения скольжения между телом и плоскостью 0,2. Найдите ускорение каната и силу натяжения в середине каната. Массой блока и трением в его оси пренебречь.

16.36. На горизонтальном столе лежат два бруска, связанные нитью. Нить расположена в вертикальной плоскости, проходящей через центры брусков, и образует с горизонтом угол 30° . К первому бруску массой $m_1 = 250$ г приложена сила $F = 15$ Н, линия действия



Рис. 51

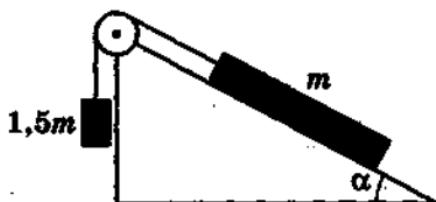


Рис. 52



Рис. 53

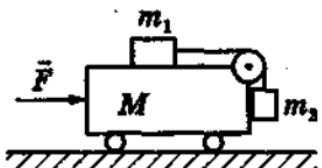


Рис. 54

которой горизонтальна и проходит через его центр (рис. 53). Определите силу натяжения нити при движении брусков, если коэффициент трения брусков о стол 0,8, а масса второго бруска $m_2 = 350$ г.

16.37. Какую горизонтальную силу нужно приложить к тележке массой $M = 1$ кг (рис. 54), чтобы грузы массами $m_1 = 0,4$ кг и $m_2 = 0,2$ кг относительно нее не двигались? Трением пренебречь.

16.38. На наклонной плоскости с углом наклона $\alpha = 30^\circ$ удерживаются неподвижно тележка и бруск, расположенные рядом (рис. 55). Их отпускают. Какое расстояние будет между тележкой и бруском к моменту, когда тележка пройдет расстояние 50 см? Коэффициент трения скольжения между бруском и наклонной плоскостью 0,3. Массой колес тележки и трением качения пренебречь.

16.39. Бруски массами m и $2m$ привязаны к концам легкой нити, перекинутой через невесомый блок (рис. 56). Система находится на наклонной плоскости с углом наклона $\alpha = 60^\circ$. При каком минимальном значении коэффициента трения между нижним бруском и наклонной плоскостью бруски будут покончиться? Трением между брусками и трением в блоке пренебречь.

16.40. Доску с находящимся на ней бруском удерживают в покое на наклонной плоскости с углом наклона к горизонту $\alpha = 60^\circ$. Расстояние от бруска до края доски $S = 49$ см (рис. 57). Доску и бруск одновременно отпускают, и доска начинает скользить по наклонной

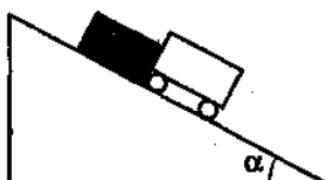


Рис. 55

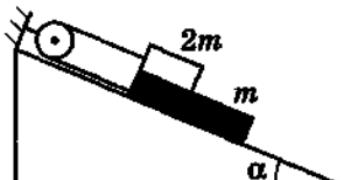


Рис. 56

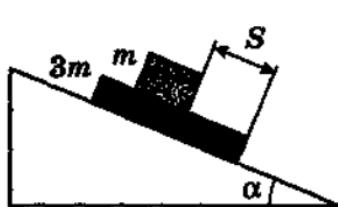


Рис. 57

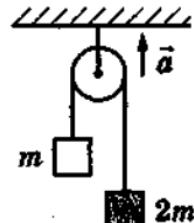


Рис. 58

плоскости, а брускок по доске. Коеффициент трения скольжения между бруском и доской 0,3, а между доской и наклонной плоскостью 0,4. Масса доски в три раза больше массы бруска. Через какое время брускок достигнет края доски?

16.41. Через невесомый блок перекинута легкая веревка с привязанными к ее концам грузами массами m и $2m$. Блок движется вверх с ускорением 2 м/с^2 (рис. 58). Пренебрегая трением, найдите силу давления блока на ось. Масса груза $m = 1 \text{ кг}$.

16.42. К одному концу нити, перекинутой через блок, подвесили тело массой 2 кг , а другой конец нити закреплен неподвижно (рис. 59). Какую силу надо приложить к оси блока, чтобы он двигался с ускорением 3 м/с^2 ? Массой блока пренебречь.

16.43. Найдите модули ускорений призмы массой $m_1 = 100 \text{ г}$ и куба массой $m_2 = 200 \text{ г}$ в системе, показанной на рис. 60. Трение отсутствует. Угол $\alpha = 60^\circ$.

16.44. Груз массой $m_1 = 2 \text{ кг}$ находится на столе, который движется горизонтально с ускорением 2 м/с^2 (рис. 61). К грузу прикреплена нить, перекинутая через блок. К другому концу нити подвешен второй груз массой $m_2 = 500 \text{ г}$. Найдите силу натяжения нити, если коэффициент трения груза m_1 о стол $0,5$.

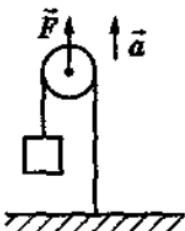


Рис. 59

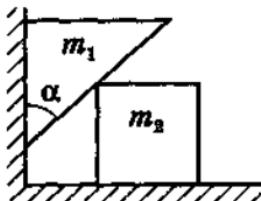


Рис. 60

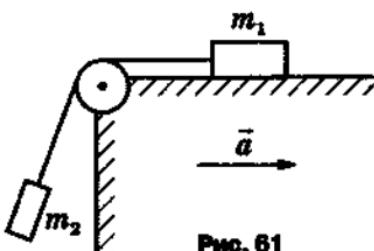


Рис. 61

16.45. Грузовой автомобиль с двумя ведущими осями массой 3 т тянет за нерастяжимый трос вверх по уклона легковой автомобиль массой 1 т, у которого выключен двигатель. С каким максимальным ускорением могут двигаться автомобили, если синус угла наклона $\sin \alpha = 0,1$, а коэффициент трения между шинами грузового автомобиля и дорогой 0,4? Силой трения качения, действующей на легковой автомобиль, и массой колес пренебречь.

17. Динамика движения по окружности

Второй уровень

17.1. Велосипедист массой 80 кг движется со скоростью 10 м/с по вогнутому мосту, траектория его движения является дугой окружности радиусом 20 м. Определите силу упругости, действующую на велосипедиста в нижней точке моста.

17.2. Мальчик массой 50 кг качается на качелях с длиной подвеса 4 м. С какой силой он давит на сиденье при прохождении положения равновесия со скоростью 6 м/с?

17.3. Автомобиль массой 1 т движется со скоростью 20 м/с по выпуклому мосту, представляющему собой дугу окружности радиусом 100 м. С какой силой давит автомобиль на мост в верхней точке?

17.4. На сколько уменьшится вес автомобиля в высшей точке выпуклого моста по сравнению с его весом на горизонтальной дороге, если радиус кривизны моста 100 м. Масса автомобиля 2 т, скорость его движения 72 км/ч.

17.5. Мальчик вращает шарик массой 50 г, прикрепленный к нити, в вертикальной плоскости с постоянной скоростью по окружности. Определите разность сил натяжения нити в нижней и верхней точках траектории.

17.6. При какой скорости движения автомобиля сила давления, оказываемого им на вогнутый мост, в 2 раза больше силы давления на выпуклый мост? Радиусы кривизны мостов 30 м.

17.7. Математический маятник имеет массу груза 1 кг и длину нити 20 см. В момент, когда нить образует угол 60° с вертикалью, скорость груза маятника равна 1 м/с. Какова в этот момент сила натяжения нити?

17.8. Автомобиль массой 1 т едет по выпуклому мосту, радиус кривизны которого 250 м, со скоростью 72 км/ч. С какой силой давит автомобиль на мост в точке, направление на которую из центра кривизны моста составляет 30° с вертикалью?

17.9. Ведро с водой вращается в вертикальной плоскости на веревке длиной 1 м. С какой наименьшей частотой его нужно вращать, чтобы при прохождении через верхнюю точку вода не выливалась из ведра?

17.10. Шарик подвешен на нити длиной 50 см. Во сколько раз увеличится сила натяжения нити, если шарик раскрутить по окружности радиусом 30 см в горизонтальной плоскости? (Рис. 62 – конический маятник.)

17.11. Два одинаковых шарика массой 250 г каждый, привязанные к нитям одинаковой длины, движутся по одной и той же горизонтальной окружности, постоянно занимая на ней диаметрально противоположные положения (рис. 63). Точка O подвеса нитей скреплена с пружинным динамометром. Найдите показание динамометра.

17.12. Грузик, подвешенный на нити к потолку, вращается на расстоянии 1 м от потолка в горизонтальной плоскости (конический маятник). Найдите период вращения.

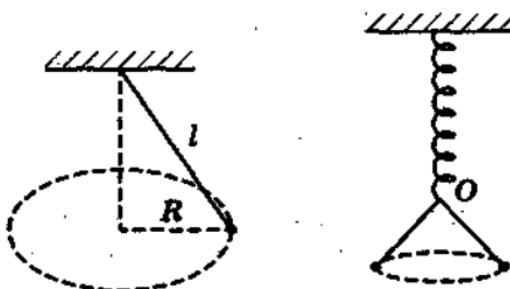


Рис. 62

Рис. 63

17.13. Шарик массой 100 г, подвешенный на легкой нити, равномерно вращается в горизонтальной плоскости с центростремительным ускорением $a = \frac{3}{4}g$ (конический маятник). Найдите силу натяжения нити.

17.14. Велосипедист движется по горизонтальной плоскости, описывая дугу окружности радиусом 80 м, с максимально возможной скоростью 64 км/ч. Определите коэффициент трения резины о почву.

17.15. Конькобежец движется со скоростью 12 м/с по окружности радиусом 50 м. Под каким углом к горизонту он должен наклониться, чтобы сохранить равновесие?

17.16. Самолет движется по окружности с постоянной горизонтальной скоростью 700 км/ч. Определите радиус этой окружности, если корпус самолета наклонен под углом 5° . Подъемная сила крыла перпендикулярна корпусу самолета.

17.17. На горизонтальной вращающейся платформе на расстоянии 10 см от оси вращения лежит груз. Коэффициент трения между грузом и платформой 0,01. При какой скорости вращения платформы груз начнет скользить?

17.18. По гладкому столу вращается груз, прикрепленный к центру вращения пружиной. Пружина деформируется на 10% при частоте вращения $0,5 \text{ c}^{-1}$. Определите радиус окружности, если известно, что тот же груз, подвешенный на пружине, растягивает ее в 2 раза.

17.19. При вращении шарика, прикрепленного к пружине длиной 20 см, по гладкому столу пружина удлинилась на 1 см. На сколько удлинится пружина по сравнению с первоначальной длиной, если увеличить число оборотов в 2 раза?

Третий уровень

17.20. Мотоциклист едет по шоссе со скоростью 36 км/ч. Коэффициент трения 0,5. За какое минимальное время мотоциклист может развернуться (изменить направление скорости на противоположное), не снижая скорости?

17.21. Автомобиль тормозит, двигаясь по выпуклому мосту, имеющему форму окружности радиусом 40 м. Какова величина максимального горизонтального (тангенциального) ускорения автомобиля в верхней точке моста,

если скорость его в этой точке 50,4 км/ч, а коэффициент трения скольжения колес автомобиля по мосту 0,6?

17.22. Два шарика массами $m_1 = 40$ г и $m_2 = 10$ г, надетые на горизонтальный стержень, связаны нитью длиной 20 см (рис. 64). Определите силу натяжения нити при вращении стержня с угловой скоростью 10 рад/с, если шарики не смещаются относительно оси вращения. Трением шарика о стержень пренебречь.

17.23. В вагоне поезда, идущего горизонтально и равномерно со скоростью 20 м/с по закруглению радиуса 200 м, производится взвешивание груза с помощью динамометра, подвешенного к потолку вагона. Масса груза 5 кг. Определите результат взвешивания.

17.24. Автомобиль движется со скоростью 80 км/ч по внутренней поверхности цилиндра радиусом 10 м по горизонтальному кругу. При каком минимальном коэффициенте трения между шинами автомобиля и поверхностью цилиндра это возможно?

17.25. Один конец пружины закреплен на оси стержня в горизонтальной плоскости. К другому концу пружины прикреплен шар, который может скользить по стержню без трения (рис. 65). Длина пружины в не деформированном состоянии 20 см, жесткость 40 Н/м. Какой будет длина пружины, если стержень равномерно вращать с частотой 2 с^{-1} ? Масса шара 50 г.

17.26. Гирька массой 100 г, привязанная к резиновому шнуру, вращается с угловой скоростью 10 рад/с по окружности в горизонтальной плоскости так, что шнур составляет угол 60° с вертикалью. Найдите длину нерастянутого шнура, если его жесткость 40 Н/м.

17.27. Грузик, привязанный к нити длиной 30 см, описывает в горизонтальной плоскости окружность радиусом 15 см. Определите частоту вращения грузика.

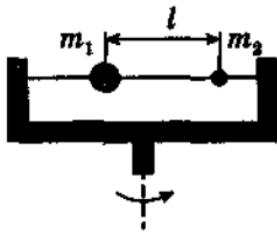


Рис. 64

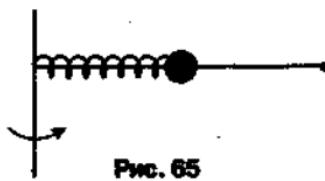


Рис. 65

17.28. Тело массой 200 г подвешивают на невесомой пружине жесткостью 100 Н/м с первоначальной длиной 20 см. Затем тело раскручивают с частотой 2 Гц так, что пружина с грузом описывает в пространстве конус (рис. 66). Определите возникающее при этом удлинение.

17.29. Точка подвеса конического маятника движется вверх с постоянным ускорением $2,5 \text{ м/с}^2$. Определите период обращения маятника, если нить отклонили от вертикали на 60° , а ее длина 1 м.

17.30. Шарик, подвешенный на легкой нерастяжимой нити, вращается по окружности в горизонтальной плоскости. Во сколько раз изменится расстояние между точкой подвеса и центром окружности при увеличении периода вращения в 2 раза?

17.31. На сколько должен быть поднят наружный рельс над внутренним на закруглении железнодорожного пути радиусом 300 м, если ширина колеи 1524 мм? Нормальную скорость, при которой сила давления на рельсы перпендикулярна, принять равной 54 км/ч.

17.32. С какой скоростью должен вращаться шарик внутри гладкой сферы радиусом 28 см, чтобы все время оставаться в горизонтальной плоскости на высоте 20 см от нижней точки сферы?

17.33. В конусе лежит шарик (рис. 67). Конус начинают вращать с угловой скоростью 5 рад/с. На каком расстоянии от вершины конуса будет находиться шарик в состоянии равновесия? Угол между поверхностью конуса и осью симметрии $\alpha = 45^\circ$.

17.34. На диске, вращающемся вокруг вертикальной оси, лежит шайба массой 100 г (рис. 68). Шайба соединена с осью горизонтальной пружиной. Коэффициент трения шайбы о диск 0,4. Если частота вращения 2 с⁻¹,

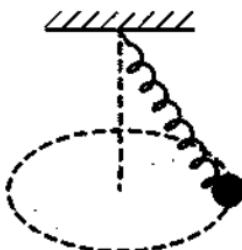


Рис. 66

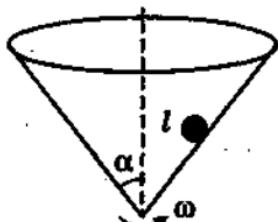


Рис. 67

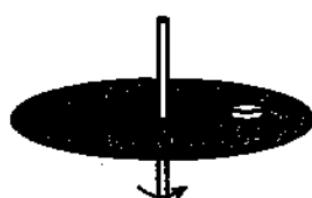


Рис. 68

пружина находится в недеформированном состоянии и шайба – на грани скольжения. Если же частота вращения диска возрастает до 5 с^{-1} , то длина пружины увеличивается в 2 раза. Найдите длину пружины в недеформированном состоянии и жесткость пружины.

Четвертый уровень

17.35. На диске, вращающемся вокруг вертикальной оси, укреплен вертикальный стержень. К верхнему концу стержня привязана нить, а к ней – металлический шарик (рис. 69). С какой угловой скоростью вращается диск, если нить составляет с вертикалью угол $\alpha = 45^\circ$? Длина нити $l = 6 \text{ см}$. Расстояние от стержня до оси $r = 10 \text{ см}$.

17.36. Металлический стержень, согнутый под углом $\Phi = 45^\circ$, вращается с угловой скоростью 6 рад/с вокруг вертикальной оси (рис. 70). К концу стержня прикреплен груз массой 0,1 кг на расстоянии $l = 0,1 \text{ м}$ от точки O . Определите силу, с которой стержень действует на груз.

17.37. Самолет летит по прямой в горизонтальном направлении со скоростью 720 км/ч. На сколько надо увеличить скорость самолета, чтобы он смог описать в горизонтальной плоскости окружность радиусом 8 км? Подъемная сила направлена перпендикулярно плоскости крыльев и пропорциональна квадрату скорости.

17.38. Расположенную на горизонтальном столе линейку вращают с частотой $0,5 \text{ с}^{-1}$ вокруг одного из ее концов, толкая по столу небольшой брускок (рис. 71). Найдите максимальное расстояние от бруска до оси вращения, при котором брускок и линейка будут двигаться как единое целое. Коэффициент трения между бруском и столом $\mu_1 = 0,5$, между бруском и линейкой $\mu_2 = 0,4$.

17.39. Металлическая цепочка длиной 62,8 см, концы которой соединены, насажена на деревянный диск,

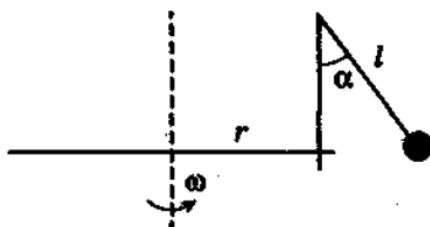


Рис. 69

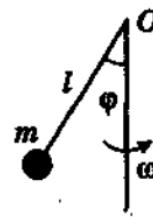


Рис. 70

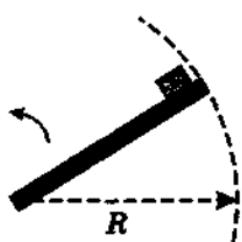


Рис. 71

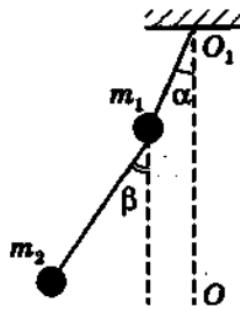


Рис. 72

расположенный горизонтально. Диск вращается, делая 60 оборотов в минуту. Определите натяжение цепочки, если ее масса 40 г.

17.40. Два маленьких шарика связаны нитью и прикреплены к другой нити, в 3 раза меньшей длины. Система вращается с постоянной угловой скоростью вокруг вертикальной оси OO_1 (рис. 72). Нити составляют углы $\alpha = 30^\circ$ и $\beta = 60^\circ$ с вертикалью. Найдите отношение масс $\frac{m_1}{m_2}$.

СТАТИКА. ГИДРОСТАТИКА

18. Условия равновесия тел. Центр масс

Первый уровень

18.1. На идеальный рычаг, расположенный горизонтально и имеющий точку опоры, действуют две вертикальные силы 40 Н и 10 Н. Меньшее плечо рычага 20 см. Найдите длину большего плеча, если рычаг находится в равновесии.

18.2. На рычаг действуют две перпендикулярные рычагу силы, плечи которых равны 10 см и 30 см. Сила, действующая на короткое плечо, равна 3 Н. Чему должна быть равна сила, действующая на длинное плечо, чтобы рычаг был в равновесии? Массой рычага пренебречь.

18.3. Рычаг, имеющий точку опоры, находится в равновесии. К середине меньшей части рычага приложена сила 300 Н, а к середине большей – 20 Н. Длина меньшей части рычага 5 см. Определите длину большей части рычага. Массой рычага пренебречь.



Рис. 73

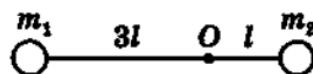


Рис. 74

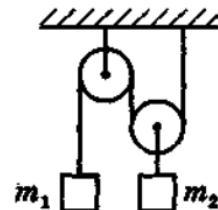


Рис. 75

18.4. Груз массой 100 кг поднимают с постоянной скоростью рычагом, длина плеча которого равна 0,2 м. Найдите длину другого плеча, если на него действуют силой 200 Н, направленной перпендикулярно рычагу. Массой рычага пренебречь.

18.5. На рис. 73 изображен невесомый стержень. В точках 1 и 3 к стержню приложены силы $F_1 = 100$ Н и $F_2 = 300$ Н. В какой точке надо расположить ось вращения, чтобы стержень находился в равновесии?

18.6. Два тела, закрепленные на концах невесомого стержня, могут вращаться относительно горизонтальной оси, проходящей через точку O . Расстояние от оси вращения до первого тела $3l$, а до второго l (рис. 74). Во сколько раз масса второго тела должна быть больше массы первого, чтобы стержень находился в равновесии?

18.7. Два груза подвешены с помощью системы неподвижных блоков и невесомой нити (рис. 75). Масса второго груза 5 кг. Какова масса первого груза, если система находится в равновесии?

Второй уровень

18.8. Какой груз может удержать мальчик массой 45 кг, пользуясь одним подвижным и одним неподвижным блоком?

18.9. К концам горизонтально расположенного рычага подвешены два груза массами 2 кг и 5 кг. Длина большего плеча 50 см. Какова длина всего рычага? Массой рычага пренебречь.

18.10. К концам однородного стержня длиной 1 м приложены вертикальные силы 20 Н и 80 Н. Точка опоры стержня расположена так, что стержень горизонтален. Определите длину плеч. Стержень считать невесомым.

18.11. Два груза уравновешены на концах рычага, плечи которого 50 см и 70 см. Найдите вес большего груза, если сила давления рычага на опору 72 Н. Весом рычага пренебречь.

18.12. Тело взвешивают на неравноплечных весах. При этом оказывается, что если его положить на одну чашу весов, то уравновесить надо гирей массой 100 г, а если на другую чашу – гирей массой 400 г. Найдите истинную массу тела.

18.13. На однородной доске длиной 4 м и массой 30 кг качаются два мальчика массами 30 кг и 40 кг. На каком расстоянии от центра доски должна находиться точка опоры, если мальчики сидят на ее концах?

18.14. Два шарика массами 3 кг и 5 кг скреплены стержнем, масса которого 2 кг. На каком расстоянии от середины стержня находится центр тяжести данной системы тел, если радиус первого шара 5 см, второго 7 см, длина стержня 30 см?

18.15. Однородный стержень с прикрепленным на одном из его концов грузом массой 1,1 кг находится в равновесии в горизонтальном положении на острой опоре, расположенной на расстоянии $\frac{1}{4}$ длины стержня от груза. Найдите массу стержня.

18.16. На краю стола, перпендикулярно его краю, лежит однородный стержень массой 600 г так, что $\frac{2}{3}$ его длины находится за краем стола. Какую минимальную силу надо приложить к концу свешивающегося стержня, чтобы удержать его в горизонтальном положении?

18.17. Однородная линейка массой 60 г лежит на краю стола, перпендикулярно его краю, так, что ее конец свешивается на $\frac{1}{3}$ длины. Какую минимальную силу нужно приложить к этому концу, чтобы противоположный конец линейки начал подниматься?

18.18. На столе, перпендикулярно его краю, лежит однородная линейка длиной 75 см. Часть линейки свешивается со стола. К свешивающемуся концу линейки подведен груз, масса которого в 2 раза больше массы линейки. Найдите длину свешивающейся части линейки, если вся система находится в равновесии.

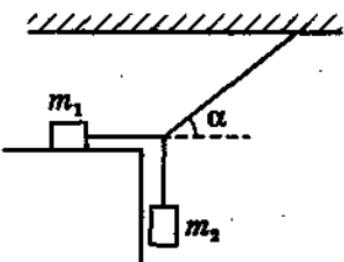


Рис. 76

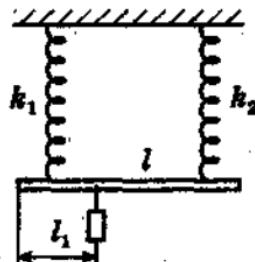


Рис. 77

18.19. Однородный стержень длиной 1 м и массой 12 кг подвешен на расстоянии 20 см от одного из его концов. С какой силой будет давить стержень на руку, если, взависившись за короткий конец, удерживать его в горизонтальном положении?

18.20. В системе, изображенной на рис. 76, масса груза $m_1 = 1,6$ кг, коэффициент трения между этим грузом и горизонтальной поверхностью $\mu = 0,25$. Одна нить горизонтальна, другая вертикальна, третья составляет с горизонтом угол $\alpha = 45^\circ$. При какой максимальной массе груза m_2 система будет находиться в равновесии?

18.21. На двух параллельно расположенных пружинах одинаковой длины горизонтально подвешен за концы стержень длиной $l = 1$ м с пренебрежимо малой массой (рис. 77). Коэффициенты жесткости пружин $k_1 = 2 \cdot 10^4$ Н/м и $k_2 = 3 \cdot 10^4$ Н/м. На каком расстоянии l_1 от места крепления первой пружины нужно подвесить груз, чтобы стержень оставался горизонтальным?

Третий уровень

18.22. Груз весит 100 Н. Какую силу надо приложить к концу веревки в точке А (рис. 78), чтобы равномерно поднять груз на некоторую высоту? Трение и вес блоков не учитывать.

18.23. Система состоит из подвижных и неподвижных блоков, грузов и легкой нерастяжимой нити. Трение в системе отсутствует. Масса крайнего груза 10 кг. Найдите массы остальных грузов, если система находится в равновесии (рис. 79).

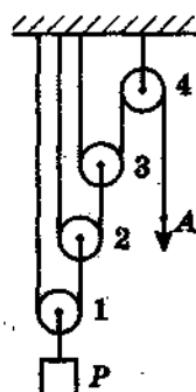


Рис. 78

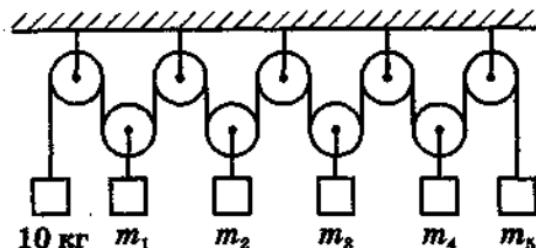


Рис. 79

18.24. Лестница массой 30 кг приставлена к гладкой вертикальной стене под углом 45° . Найдите силу давления лестницы на стену. Центр тяжести лестницы находится в ее середине.

18.25. К стене приставлена лестница массой 1,5 кг.

Центр тяжести лестницы находится на расстоянии $\frac{1}{3}$ длины от ее верхнего конца. Какую силу, направленную горизонтально, надо приложить к середине лестницы, чтобы ее верхний конец не оказывал давление на стену? Угол между лестницей и стеной 45° .

18.26. Составной стержень представляет собой два цилиндра разной длины и одинакового сечения, прижатые друг к другу торцами. Цилиндры изготовлены из материалов с плотностями $\rho_1 = \rho$ и $\rho_2 = 2\rho$. Оказалось, что стержень будет находиться в равновесии в горизонтальном положении, если его подвесить на нити, закрепленной на месте стыка. Определите отношение масс цилиндров.

18.27. Два строителя несут трубу длиной 8 м и массой 34 кг, держа ее на расстоянии 1 м и 0,6 м от краев. Какие силы прилагают строители?

18.28. Однородная балка массой 1400 кг находится на двух опорах. Одна из опор находится у конца балки, другая – на расстоянии $\frac{1}{3}$ длины от второго конца (рис. 80). Найдите силу реакции опоры в точке В.

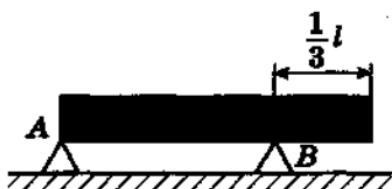


Рис. 80

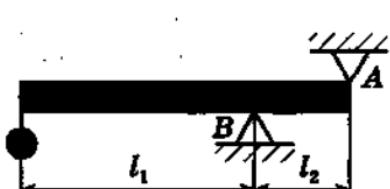


Рис. 81

18.29. Однородная горизонтальная балка массой 60 кг опирается на опоры в точках A и B (рис. 81). На конце балки висит груз массой 50 кг. Определите силы давления балки на опоры, если $l_1 = 2$ м, $l_2 = 0,5$ м.

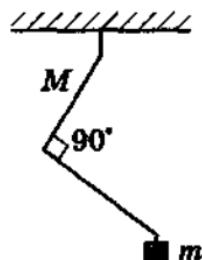


Рис. 82

18.30. Стержень массой $M = 4$ кг согнули посередине и подвесили на нити, привязанной к одному из его концов (рис. 82). Найдите массу груза, который следует прикрепить к другому концу стержня, чтобы середина нижней половины стержня оказалась на одной вертикали с точкой подвеса.

18.31. Стержень массой 100 г согнули посередине под углом 120° и подвесили на нити, привязанной к точке сгиба. Грузик какой массы надо прикрепить к концу одной из сторон угла, чтобы другая сторона заняла горизонтальное положение?

18.32. К коромыслу равноплечих весов подвешены два груза одинаковой массы. Если каждый из грузов поместить в жидкости: первый – с плотностью $1000 \text{ кг}/\text{м}^3$, второй – $800 \text{ кг}/\text{м}^3$, то сохранится равновесие. Найдите отношение плотностей грузов. Считать, что грузы полностью погружены в жидкость.

18.33. Два шара одинакового объема, цинковый и алюминиевый, закреплены в месте касания. На каком расстоянии от точки касания шаров находится центр тяжести системы? Плотность цинка $7100 \text{ кг}/\text{м}^3$, алюминия $2700 \text{ кг}/\text{м}^3$, радиусы шаров 10 см.

18.34. Пять шаров, массы которых равны $0,1$ кг, $0,2$ кг, $0,3$ кг, $0,4$ кг и $0,5$ кг, укреплены на стержне так, что их центры находятся на расстоянии 30 см друг от друга. На каком расстоянии от центра первого шара находится центр масс системы? Массой стержня пренебречь.

18.35. Определите расстояние от центра шара массой m_1 до центра тяжести системы, изображенной (рис. 83).



Рис. 83

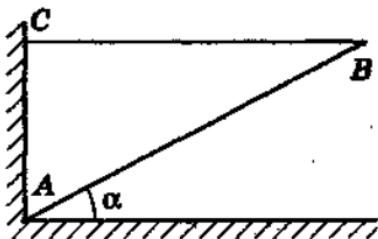


Рис. 84

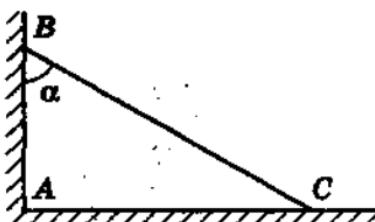


Рис. 85

Длина стержня 1 м, масса 1 кг. Расстояния между центрами шаров равные. Массы шаров: $m_1 = 1$ кг, $m_2 = 3$ кг, $m_3 = 4$ кг, $m_4 = 5$ кг.

18.36. Тонкий однородный стержень шарнирно укреплен в точке A и удерживается нитью BC (рис. 84). Масса стержня 1 кг, угол наклона $\alpha = 30^\circ$. Найдите на-
тжение нити и реакцию шарнира.

18.37. К гладкой вертикальной стене на нити длиной 8 см подвешен шар радиусом 5 см и массой 6 кг. Опреде-
лите силу давления шара на стену.

18.38. Кубик стоит у стены так, что одна из его граней образует угол 30° с полом. При каком минимальном зна-
чении коэффициента трения кубика о пол это возможно?
Трением о стенку пренебречь.

18.39. Однородная балка массой 120 кг и длиной 2 м опирается о гладкий пол и гладкий выступ B на высоте 1,5 м над полом (рис. 85). Балка составляет с верти-
калью угол $\alpha = 30^\circ$ и удерживается веревкой AC , натянутой
у пола. Найдите силу натяжения веревки.

18.40. К середине легкой нерастяжимой нити, при-
крепленной двумя концами к потолку, подвешен груз
массой 1 кг. Длина нити $L = 1$ м, расстояние между ее
концами $x = 0,6$ м. Определите модуль силы натяжения
нити.

Четвертый уровень

18.41. Для подъема тяжелого цилиндрического катка радиусом $R = \sqrt{2}$ м на прямоугольную ступеньку при-
шлось приложить к его оси горизонтально направленную
силу F (рис. 86), равную силе тяжести катка. Определи-
те максимальную высоту ступеньки.

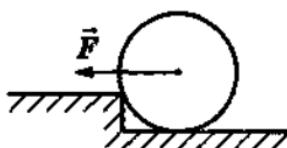


Рис. 86

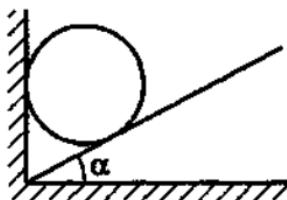


Рис. 87

18.42. На полу у стенки лежит клин с углом $\alpha = 30^\circ$ при основании (рис. 87). Сверху положили массивное бревно. При каком минимальном коэффициенте трения между клином и полом клин не сдвигается? Трением между бревном и клином пренебречь.

18.43. Однородная доска приставлена к стене. При каком наименьшем угле между доской и горизонтальным полом доска сохранит равновесие, если коэффициент трения между доской и полом 0,4, а между доской и стеной 0,5?

18.44. Нижние концы лестницы-стремянки массой 10 кг соединены веревкой. Каждая сторона лестницы составляет с полом угол 45° . Считая пол абсолютно гладким, найдите натяжение веревки.

18.45. Однородная пластина имеет форму круга радиусом $R = 60$ см, из которого вырезан круг вдвое меньшего радиуса, касающийся первого круга (рис. 88). Определите расстояние от геометрического центра пластины до центра масс.

18.46. Из плоской квадратной пластины со стороной $a = 40$ см вырезан круг диаметром $\frac{a}{2}$ (рис. 89). Найдите расстояние от геометрического центра квадрата до центра масс данной фигуры.

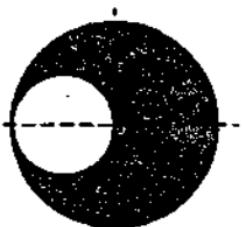


Рис. 88

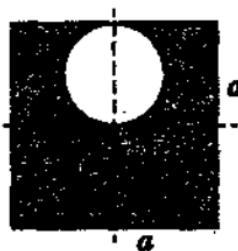


Рис. 89

19. Гидростатика

Плотность воды $1000 \text{ кг}/\text{м}^3$.

Первый уровень

19.1. Два тела, изготовленные из одного и того же материала, полностью погружены в воду. Во сколько раз отличаются выталкивающие силы, действующие на тела, если масса первого тела в 2 раза больше массы второго?

19.2. Кусок дерева плавает в воде, погрузившись на $0,6$ своего объема. Найдите плотность дерева.

19.3. Тело правильной геометрической формы, длиной 50 см, шириной 20 см и высотой 30 см плавает в воде, погрузившись в нее на $\frac{2}{3}$ своего объема. Найдите массу этого тела.

19.4. Льдинка объемом 800 см^3 плавает в ведре, наполненном водой до самых краев. Каковы объемы надводной и подводной частей льдинки? Что произойдет, если весь лед растает? Плотность льда $900 \text{ кг}/\text{м}^3$.

19.5. Колба из стекла вместимостью 1,5 л имеет массу 250 г. Какой минимальный груз надо поместить в колбу, чтобы она потонула в воде?

19.6. Судно, погрузившись в пресную воду до ватерлинии, вытесняет воду объемом $15\,000 \text{ м}^3$. Вес судна без груза равен $5 \cdot 10^6 \text{ Н}$. Чему равен вес груза?

19.7. Посередине большого озера прорубили прорубь. Толщина льда оказалась равной 8 м. Какой минимальной длины должна быть веревка, привязанная к ведру, чтобы зачерпнуть воду? Плотность льда $900 \text{ кг}/\text{м}^3$.

19.8. Серебряная ложка в воде весит 2 Н. Определите ее объем. Плотность серебра $10\,500 \text{ кг}/\text{м}^3$.

19.9. Деревянный шарик объемом 10 см^3 укреплен в воде с помощью нити (рис. 90). Найдите силу натяжения нити. Плотность воды $1000 \text{ кг}/\text{м}^3$, плотность дерева $400 \text{ кг}/\text{м}^3$.

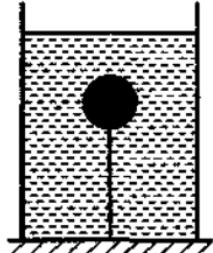


Рис. 90

Второй уровень

19.10. Чему равна плотность жидкости, если плавающий в ней кубик с длиной ребра 8 см выступает над поверхностью жидкости на 1 см? Плотность материала кубика $700 \text{ кг}/\text{м}^3$.

19.11. В жидкости плавает шар объемом 400 см^3 , погрузившись в жидкость на $\frac{3}{8}$ своего объема. Плотность жидкости в 2 раза больше плотности материала шара. Каков объем полости внутри шара?

19.12. Полый железный шар плавает в воде, полностью в нее погрузившись. Чему равна масса шара, если объем полости 20 см^3 ? Плотность железа $7800 \text{ кг}/\text{м}^3$.

19.13. Рассчитайте подъемную силу шара объемом 100 м^3 , наполненного водородом. Массой оболочки шара можно пренебречь. Плотность водорода $0,09 \text{ кг}/\text{м}^3$, плотность воздуха $1,29 \text{ кг}/\text{м}^3$.

19.14. Масса снаряжения воздушного шара (оболочка, сетка, корзина) составляет 450 кг. Объем шара 1600 м^3 . Какой подъемной силой будет обладать этот шар при наполнении его водородом? Плотность водорода $0,09 \text{ кг}/\text{м}^3$, плотность воздуха $1,29 \text{ кг}/\text{м}^3$.

19.15. Сколько человек весом по 700 Н каждый может поднять воздушный шар объемом 800 м^3 , наполненный гелием, если оболочка и балласт весят 5 кН ? Плотность гелия $0,18 \text{ кг}/\text{м}^3$, плотность воздуха $1,29 \text{ кг}/\text{м}^3$.

19.16. Однородное тело в воздухе весит $8,4 \text{ Н}$, а в воде – 5 Н . Чему равна плотность вещества, из которого оно сделано?

19.17. Вес тела в воде в 4 раза меньше, чем в воздухе. Чему равна плотность тела?

19.18. Найдите показания динамометра, к которому прикреплен алюминиевый цилиндр массой 540 г, полностью погруженный в керосин. Плотность керосина $800 \text{ кг}/\text{м}^3$, плотность алюминия $2700 \text{ кг}/\text{м}^3$.

19.19. Найдите вес алюминиевой детали массой 1 кг, полностью опущенной в воду. Плотность алюминия $2700 \text{ кг}/\text{м}^3$.

19.20. В сосуд с вертикальными стенками и площадью дна 75 см^2 налита вода. На сколько сантиметров увеличится уровень воды в сосуде, если в него поместить

тело массой 300 г, плотность которого меньше плотности воды?

19.21. В цилиндрический сосуд с водой опустили железную коробку, плавающую на поверхности. Уровень воды в сосуде в результате этого поднялся на 2 см. На сколько опустится уровень воды, если коробка утонет? Плотность железа $7800 \text{ кг}/\text{м}^3$.

19.22. Гирю, подвешенную к динамометру, опускают в воду до тех пор, пока уровень воды в сосуде с вертикальными стенками не поднимется на 5 см. Показания динамометра при этом изменятся на 0,5 Н. Определите площадь дна сосуда.

19.23. Деревянная деталь плавает в воде, погрузившись в воду на $\frac{2}{3}$ своего объема. Как изменится архимедова сила, действующая на деталь, если ее поместить в керосин? Какую минимальную силу нужно будет приложить, чтобы полностью «утопить» деталь в керосине? Масса детали 400 г, плотность керосина $800 \text{ кг}/\text{м}^3$.

19.24. При переходе корабля из соленой воды в пресную его осадка немного увеличилась. После того как из трюма корабля выгрузили 600 т груза, осадка приняла прежнее значение. Определите массу корабля с грузом, если плотность соленой воды на 3% больше плотности пресной.

19.25. Какой массы алюминиевый груз следует привязать к деревянному бруски массой 680 г, чтобы, будучи погруженным в воду, они оставались в воде во взвешенном состоянии? Плотность дерева $500 \text{ кг}/\text{м}^3$, плотность алюминия $2700 \text{ кг}/\text{м}^3$.

19.26. Плоская льдина толщиной 40 см плавает в воде. Когда на нее поставили груз массой 80 кг, она погрузилась в воду до верхней кромки (полностью). Определите площадь льдины. Плотность льда $900 \text{ кг}/\text{м}^3$.

19.27. Плот состоит из 12 сухих деревянных брусьев. Длина каждого бруса 4 м, ширина 30 см, толщина 25 см. Груз какой массы можно переправить через водоем с помощью такого плота? Плотность дерева $500 \text{ кг}/\text{м}^3$.

19.28. Однородный куб плавает в ртути, погрузившись на $\frac{1}{5}$ часть своего объема. Если на него поставить

куб такого же размера, то первый куб погрузится на $\frac{1}{2}$ часть своего объема. Какова плотность второго куба? Плотность ртути $13\ 600\ \text{кг}/\text{м}^3$.

19.29. В цилиндрический сосуд с площадью дна $100\ \text{см}^2$ налила вода. На сколько увеличится давление на дно сосуда, если на поверхности воды будет плавать кусок льда массой 300 г?

19.30. На наклонном дне сосуда, наполненного водой, покоятся на маленьких подставках алюминиевый кубик с ребром 10 см (рис. 91). Определите суммарную силу трения между кубиком и подставками. Угол наклона сосуда к горизонту $\alpha = 30^\circ$, плотность алюминия $2700\ \text{кг}/\text{м}^3$.

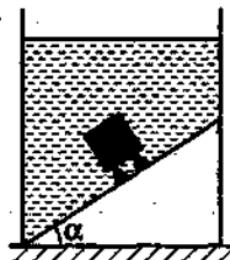


Рис. 91

Третий уровень

19.31. В стакан с водой, уравновешенный на рычажных весах, опустили подвешенный на нити стальной шарик массой 250 г так, чтобы он не касался дна. Определите массу гирьки, с помощью которой можно вновь уравновесить весы. Плотность стали $7800\ \text{кг}/\text{м}^3$.

19.32. Динамометр показывает, что шарик, подвешенный к нему на легкой нити, весит в воздухе 1,84 Н. Когда шарик наполовину погрузили в воду, то динамометр показал вес 1,34 Н. Какова плотность материала шарика?

19.33. Тело, находящееся в исследуемой жидкости, весит 0,71 Н, в воде – 0,66 Н, а в воздухе – 0,86 Н. Найдите плотность жидкости.

19.34. Стеклянный шарик весит в воздухе 0,5 Н, в воде – 0,32 Н, а в спирте – 0,35 Н. Определите плотность стекла и спирта.

19.35. Полый шар из алюминия, находясь в воде, растягивает пружину динамометра с силой 0,25 Н, в керосине – с силой 0,32 Н. Определите объем полости. Плотность керосина $800\ \text{кг}/\text{м}^3$, плотность алюминия $2700\ \text{кг}/\text{м}^3$.

19.36. Деревянный кубик плавает в воде так, что в воду погружено 90% его объема. Какая часть объема будет погружена в воду, если поверх воды налить слой

керосина, полностью закрывающий кубик? Плотность керосина $800 \text{ кг}/\text{м}^3$.

19.37. Доска толщиной 5 см плавает в воде, погрузившись на 70%. Поверх воды наливают слой керосина в 1 см. На сколько будет выступать доска над поверхностью керосина? Плотность керосина $800 \text{ кг}/\text{м}^3$.

19.38. Сплошной однородный шар, полностью погрузившись, плавает на границе двух несмешивающихся жидкостей. Плотность верхней жидкости $0,8 \text{ г}/\text{см}^3$, плотность нижней жидкости $1,2 \text{ г}/\text{см}^3$, плотность материала шара $1 \text{ г}/\text{см}^3$. Какая часть объема шара находится в нижней жидкости?

19.39. В цилиндрическом сосуде с водой (стенки сосуда вертикальные) плавает деревянная дощечка. Если на нее сверху положить стеклянную пластинку, то дощечка с пластинкой останется на плаву и уровень воды в сосуде увеличится на 2 см. На сколько увеличится уровень воды в сосуде с плавающей дощечкой, если ту же стеклянную пластинку бросить на дно сосуда? Плотность стекла $2500 \text{ кг}/\text{м}^3$.

19.40. Сплошной однородный деревянный кубик с длиной ребра 5 см плавает в банке с чистой водой. Длина части вертикального ребра над поверхностью воды равна 23 мм. Этот же кубик опустили в раствор поваренной соли в воде, при этом длина части вертикального ребра над поверхностью жидкости равна 25 мм. Объем раствора равен 1 л. Найдите массу поваренной соли в растворе. Объем раствора считать равным объему чистой воды.

19.41. В вертикальном цилиндрическом сосуде радиусом 10 см находится жидкость. В ней плавает шар радиусом 5 см. Плотность материала шара в 2 раза меньше плотности жидкости. На сколько сантиметров понизится уровень жидкости в сосуде, если шар из нее удалить? Объем шара $\frac{4}{3}\pi R^3$, площадь круга πR^2 .

19.42. Кусок льда, внутри которого находится свинцовая пластинка, плавает в цилиндрическом сосуде с водой. Диаметр сосуда 40 см. После полного таяния льда уровень воды в сосуде понизился на 3 см. Определите массу свинцовой пластины. Плотность свинца $11\,300 \text{ кг}/\text{м}^3$.

Четвертый уровень

19.43. Тонкая однородная палочка шарнирно укреплена за верхний конец (рис. 92). Нижняя часть палочки погружена в воду. Равновесие достигается, когда палочка расположена наклонно и погружена в воду на половину своей длины. Какова плотность материала, из которого сделана палочка?

19.44. Цилиндрический деревянный поплавок находится в наклонном положении и погружен в воду на $\frac{2}{3}$ своей длины (рис. 93). Определите величину силы натяжения нижней лески поплавка. Леску считать невесомой, плотность дерева – неизвестной.

19.45. Однородный куб плавает в воде, погрузившись на $\frac{3}{4}$ своего объема. Если с помощью тонкой нити прикрепить центр верхней грани к плечу рычага длиной 8 см и уравновесить его гирей массой 36 г, прикрепленной к другому плечу рычага длиной 4 см, то куб будет погружен только на $\frac{2}{3}$ своего объема. Найдите длину ребра куба. Массой рычага пренебречь.

19.46. С какими силами давит на гладкую боковую поверхность цилиндрического стакана однородная палочка массой 40 г, наполовину погруженная в воду (рис. 94)? Угол наклона палочки к горизонту равен $\alpha = 45^\circ$.

19.47. В сосуде, вертикальное сечение которого изображено на рис. 95, находятся в равновесном положении два невесомых поршня, соединенные нерастяжимой нитью. Пространство между поршнями заполнено во-

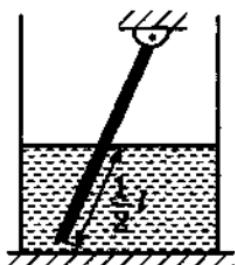


Рис. 92

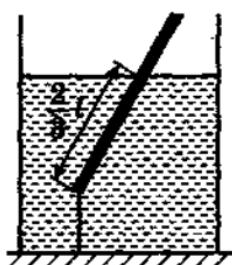


Рис. 93

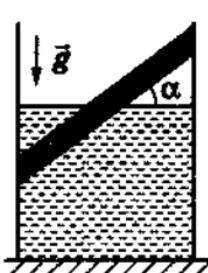


Рис. 94

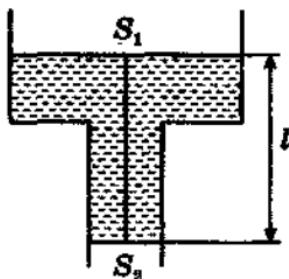


Рис. 95

дой. Найдите силу натяжения нити. Площади поршней: $S_1 = 0,1 \text{ м}^2$; $S_2 = 0,05 \text{ м}^2$; а длина нити 0,5 м. Трением поршня о стенки сосуда пренебречь.

ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ

20. Импульс тела. Закон сохранения импульса

Первый уровень

20.1. Шарик массой 0,2 кг равномерно вращается по окружности со скоростью 0,8 м/с. Чему равен модуль импульса шарика?

20.2. Определите массу пули, если при скорости движения 600 м/с, она обладает импульсом 6 кг · м/с?

20.3. Скорость автобуса массой 4 т на некотором прямолинейном участке пути возросла с 5 м/с до 10 м/с. Определите изменение импульса автобуса.

20.4. К тележке, которая может двигаться по горизонтали без трения, прикладывают силу в 6 Н. Определите импульс тележки через 2 с после начала движения.

20.5. Первый автомобиль имеет массу 1000 кг, второй – 500 кг. Скорости их движения изменяются в соответствии с графиками (рис. 96). Найдите отношение импульса второго автомобиля к импульсу первого через 10 с после начала движения.

20.6. На рис. 97 изображена зависимость импульса тела при равноускоренном прямолинейном движении от времени. Пользуясь графиком, определите равнодействующую силу, приложенную к телу.

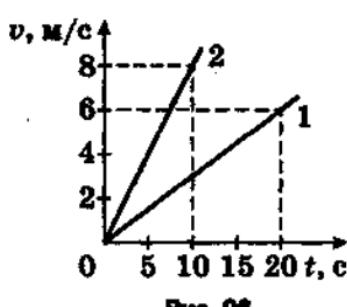


Рис. 96

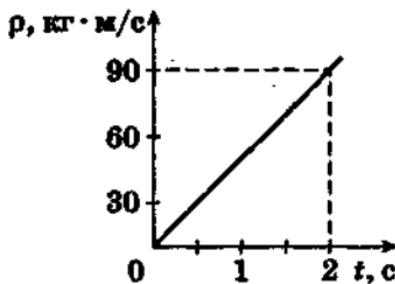


Рис. 97

20.7. Навстречу друг другу летят два пластилиновых шарика. Модули их импульсов равны соответственно $0,05 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$ и $0,03 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$. Столкнувшись, шарики слипаются. Определите импульс слипшихся шариков.

20.8. Пуля массой 6 г, летящая горизонтально со скоростью 300 м/с, попадает в бруск, лежащий на гладком полу, и пробивает его насеквость. Масса бруска 500 г, скорость пули после вылета 150 м/с. Определите скорость движения бруска после вылета пули.

20.9. Тепловоз массой 130 т приближается со скоростью 2 м/с к неподвижному составу массой 1170 т. С какой скоростью будет двигаться состав после сцепления с тепловозом?

20.10. Конькобежец, стоя на коньках на льду, бросает горизонтально груз массой 5 кг со скоростью 8 м/с, направленной горизонтально. Чему равна масса конькобежца, если после броска он приобрел скорость, равную 0,5 м/с?

20.11. Два тела массами 400 г и 200 г двигались навстречу друг другу и после удара остановились. Какова скорость второго тела, если первое двигалось со скоростью 0,8 м/с?

20.12. Шар массой 200 г, двигавшийся со скоростью 5 м/с, сталкивается абсолютно неупруго с шаром массой 300 г, двигавшимся в том же направлении со скоростью 4 м/с. Найдите скорость шаров после удара.

20.13. Снаряд массой 50 кг, летящий параллельно рельсам со скоростью 400 м/с, попадает в движущуюся платформу с песком и застревает в нем. Масса платформы с песком 20 т. С какой скоростью будет двигаться платформа со снарядом, если она катилась навстречу снаряду со скоростью 2 м/с?

Второй уровень

20.14. Движение тела массой 100 г описывается уравнением $x = 2 + 8t - 3t^2$. Определите модуль импульса тела в момент времени 2 с.

20.15. Шар массой 80 г налетает со скоростью 2 м/с на покоящийся шар массой 40 г. Считая удар абсолютно неупругим и центральным, найдите изменение импульса второго шара при столкновении.

20.16. Автомобиль массой 2 т равномерно движется по дороге, представляющей дугу окружности, со скоростью 36 км/ч. Найдите изменение импульса автомобиля при его повороте на 90° .

20.17. Небольшой шарик массой 300 г ударяется об стенку и отскакивает от нее. Определите импульс, полученный стенкой, если перед ударом шарик имел скорость 10 м/с, направленную перпендикулярно стенке. Удар считать абсолютно упругим.

20.18. Шар массой 0,1 кг движется со скоростью 0,5 м/с. После удара об стенку шар стал двигаться в противоположном направлении со скоростью 0,4 м/с. Чему равно изменение импульса шара в результате удара об стенку?

20.19. Автомобиль массой 2 т начинает разгоняться из состояния покоя по горизонтальному пути под действием постоянной силы. Определите величину импульса автомобиля через 10 с после начала движения, если он двигался с ускорением 1,2 м/с².

20.20. Тело массой 1 кг движется без начальной скорости прямолинейно с постоянным ускорением 6 м/с² и проходит расстояние 3 м. Чему равно изменение импульса за это время?

20.21. Тело массой 0,2 кг падает с высоты 1 м с ускорением 8 м/с². Чему равен импульс тела к концу падения?

20.22. С балкона высотой 20 м упал на землю мяч массой 0,2 кг. Из-за сопротивления воздуха скорость мяча у земли оказалась на 20% меньше скорости тела, свободно падающего с высоты 20 м. Найдите импульс мяча в момент падения.

20.23. Тело массой 1 кг равномерно вращается по окружности радиусом 1 м с центробежным ускорением 0,25 м/с². Определите модуль импульса тела.

20.24. На вагонетку массой 800 кг, катящуюся по горизонтальному пути со скоростью 0,2 м/с, насыпали сверху 200 кг щебня. На сколько уменьшилась скорость вагонетки?

20.25. Снаряд массой 40 кг, летевший в горизонтальном направлении со скоростью 600 м/с, разрывается на две части массами 30 кг и 10 кг. Большая часть стала двигаться в прежнем направлении со скоростью 900 м/с. Определите величину и направление скорости оставшейся части снаряда.

20.26. Два тела, двигаясь навстречу друг другу со скоростью 3 м/с каждое, после соударения стали двигаться вместе со скоростью 1,5 м/с в направлении движения первого тела. Найдите отношение массы первого тела к массе второго.

20.27. Два человека на роликовых коньках стоят друг против друга. Масса первого человека 70 кг, второго – 80 кг. Первый бросает второму груз массой 10 кг со скоростью 5 м/с, направленной горизонтально. Определите скорость первого человека после броска и второго, после того как он поймает груз. Трением пренебречь.

Третий уровень

20.28. Масса пушки 900 кг. Пушка выстреливает ядро массой 10 кг с начальной скоростью 200 м/с относительно земли под углом 60° к горизонту. Какова скорость отката пушки?

20.29. В ящик с песком массой 9 кг, соскальзывающий с гладкой наклонной плоскости, попадает горизонтально летящее ядро массой 3 кг и застревает в нем. Найдите скорость ящика сразу же после попадания ядра, если непосредственно перед попаданием скорость ящика была равна 6 м/с, а скорость ядра – 12 м/с. Угол наклона плоскости к горизонту 60° .

20.30. Шайба массой 150 г, летящая горизонтально со скоростью 20 м/с, ударяется о борт под углом 30° к поверхности борта и отскакивает от него. Определите среднюю силу удара шайбы о борт, если продолжительность удара составляет 0,01 с. Удар считать абсолютно упругим.

20.31. На какую высоту поднимется ракета массой 1000 г без учета топлива, если продукты горения массой

200 г вылетают из нее со скоростью 900 м/с? Сопротивление воздуха не учитывать. Топливо сгорает мгновенно.

20.32. Ракета, масса которой без заряда 400 г, при сгорании топлива поднялась на высоту 125 м. Масса топлива 50 г. Определите скорость выхода газов из ракеты, считая, что сгорание топлива происходит мгновенно.

20.33. Ракета, имеющая вместе с зарядом массу 250 г, взлетает вертикально вверх и достигает высоты 150 м. Масса заряда 50 г. Найдите скорость истечения газов из ракеты, считая, что сгорание заряда происходит мгновенно.

20.34. Человек, стоя на льду, бросает вдоль льда камень массой 0,5 кг. За 2 с камень прошел до остановки путь 20 м. С какой скоростью после броска камня начнет двигаться человек, если его масса 60 кг?

20.35. Два шарика массами 2 г и 3 г движутся в горизонтальной плоскости со скоростями 6 м/с и 4 м/с соответственно. Направление движения шариков составляет друг с другом 90° . Чему равен импульс шариков после их неупругого столкновения?

20.36. Вдоль берега плывет плот массой 200 кг со скоростью 0,8 м/с. На него в направлении, перпендикулярном берегу, прыгнул человек массой 60 кг со скоростью 5 м/с. Какой стала скорость плота вместе с человеком? Сопротивлением воды пренебречь.

20.37. Два пластилиновых шарика, отношение масс которых $\frac{m_1}{m_2} = 2$, вылетают навстречу друг другу под углами $\alpha_1 = 30^\circ$ и $\alpha_2 = 60^\circ$ к горизонту. Найдите отношение начальной скорости второго шарика к начальной скорости первого, если после неупругого соударения они упали точно под местом их соударения.

20.38. Снаряд, летящий со скоростью 200 м/с, разорвался на два осколка одинаковой массы. Скорость первого осколка сразу после взрыва была направлена перпендикулярно первоначальному направлению движения и равна 300 м/с. Определите модуль скорости второго осколка.

20.39. В результате взрыва камень разлетелся на три куска. Два куска полетели под прямым углом друг к другу: кусок массой 1 кг со скоростью 12 м/с, кусок массой

2 кг со скоростью 8 м/с. Третий кусок отлетел со скоростью 40 м/с. Какова масса третьего куска?

20.40. Четыре пластилиновых шарика массами m , $2m$, $3m$ и $4m$ (рис. 98), скользившие по гладкому горизонтальному столу с одинаковой скоростью 20 см/с, одновременно столкнулись и слиплись. Найдите скорость образовавшегося куска пластилина.

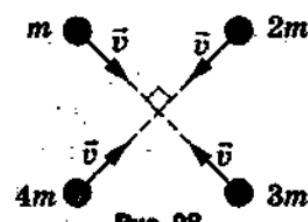


Рис. 98

20.41. Конькобежец массой 70 кг, стоя на коньках на льду, бросает в горизонтальном направлении камень массой 3 кг со скоростью 8 м/с. На какое расстояние при этом откатится конькобежец, если на него действует сила трения 14 Н?

20.42. На краю стола высотой 1 м лежит маленький шарик массой 100 г. В него попадает пуля массой 10 г, летящая горизонтально со скоростью 100 м/с, направленной в центр шарика. Пуля застревает в нем. На каком расстоянии от стола по горизонтали упадет шарик на землю?

20.43. Лодка длиной 3 м стоит в неподвижной воде. При переходе человека с носа на корму лодка сдвинулась на 0,75 м. Определите массу человека, если масса лодки 180 кг. Сопротивлением воды движению лодки пренебречь.

20.44. Тележка стоит на гладких рельсах. Человек переходит с одного ее конца на другой параллельно рельсам. На какое расстояние относительно земли переместится при этом тележка? Масса человека 60 кг, масса тележки 120 кг, а ее длина 6 м.

20.45. Стоящий на льду человек массой 60 кг ловит мяч массой 0,5 кг, который летит горизонтально со скоростью 20 м/с. На какое расстояние откатится человек с мячом по горизонтальной поверхности льда, если коэффициент трения 0,05?

Четвертый уровень

20.46. Кубик из пенопласта массой 100 г лежит на горизонтальной подставке. Высота кубика 10 см. Снизу кубик пробивает вертикально летящая пуля массой 10 г. Скорость пули при входе в кубик 100 м/с, при вылете —

95 м/с. Подпрыгнет кубик или нет в результате попадания в него пули?

20.47. Струя воды сечением 6 см^2 ударяет об стенку под углом 60° к нормали (перпендикуляру к стенке) и упруго отскакивает от стенки. Найдите силу, действующую на стенку, если известно, что скорость течения воды в струе 12 м/с . Плотность воды 1000 кг/м^3 .

20.48. Космонавт массой 80 кг находится на поверхности астероида, имеющего форму шара радиусом 1 км , и держит в руках камень массой 4 кг . С какой минимальной скоростью, направленной горизонтально, космонавту можно бросить камень, не рискуя самому стать спутником астероида? Плотность астероида 5 г/см^3 ?

20.49. Спортсмен, стоя на краю плота лицом к плоту, решил перепрыгнуть через плот в воду. Какую максимальную ширину плота он может преодолеть в прыжке, если его начальная скорость $3,5 \text{ м/с}$? Масса плота в 2 раза больше массы спортсмена.

20.50. Лодка длиной $3,4 \text{ м}$ и массой 200 кг стоит в неподвижной воде. На носу и на корме лодки сидят два рыбака, массы которых 60 кг и 80 кг . На сколько сдвинется лодка, если рыбаки пойдут по ней и поменяются местами? Сопротивлением воды пренебречь.

20.51. Снаряд массой 1 кг имел скорость 200 м/с , направленную горизонтально. В этот момент на высоте 125 м он разорвался на две части. Меньшая часть массой $0,3 \text{ кг}$ получила скорость 400 м/с в прежнем направлении. Найдите расстояние между точками падения осколков.

20.52. С какой силой давит на землю кобра при подготовке к прыжку, поднимаясь вертикально вверх с постоянной скоростью v ? Масса змеи m , ее длина l .

20.53. Граната, летевшая горизонтально со скоростью 20 м/с , разорвалась на две части. Скорость большего осколка 30 м/с направлена под углом 60° к горизонту. Скорость меньшего 60 м/с . Во сколько раз масса первого осколка больше второго?

20.54. Мяч ударяется о шероховатый пол под углом 30° к нормали и отскакивает с меньшей скоростью 5 м/с под углом 45° к нормали. Коэффициент трения $0,8$. С какой скоростью летел мяч до удара? Время удара достаточно мало.

21. Механическая работа

Первый уровень

21.1. Вычислите работу, произведенную силой 1,5 кН, если расстояние, пройденное телом по направлению действия силы, 40 м.

21.2. Тело движется по горизонтальной поверхности под действием силы 20 Н, приложенной к телу под углом 60° к горизонту. Определите работу этой силы при перемещении тела на 5 м.

21.3. Работа двигателя автомобиля, прошедшего путь 2 км, равна 50 МДж. Определите силу тяги двигателя.

21.4. На участке какой длины сила в 1,5 Н совершила работу, равную 3 Дж? Направления силы, действующей на тело, и перемещения совпадают.

21.5. Тело движется прямолинейно под действием силы 10 Н, направленной под некоторым углом к направлению движения. Определите этот угол, если сила совершает работу 50 Дж при перемещении на 10 м.

21.6. На полу стоит ящик массой 20 кг. Какую работу надо произвести, чтобы поднять ящик на высоту кузова автомашины, равную 1,5 м?

21.7. Груз массой 5 кг падает с некоторой высоты. За время полета работа силы тяжести оказалась равной 1 кДж. С какой высоты упало тело?

21.8. Подъемный кран поднимает две плиты массой по 1 т каждая. Работа, совершенная краном, оказалась равной 240 кДж. На какую высоту подняты плиты?

21.9. При равномерном подъеме груза массой 20 т подъемным краном была произведена работа 1800 кДж. На какую высоту был поднят груз?

21.10. Под действием двух противоположно направленных сил, равных 5 Н и 10 Н, первоначально неподвижное тело переместилось на 30 см. Найдите работу равнодействующей силы.

21.11. Какую работу совершает постоянная сила по перемещению тела массой 3 кг на 5 м по гладкой горизонтальной поверхности, если модуль ускорения тела равен 2 м/с^2 ?

21.12. Во сколько раз работа по перемещению тела на расстояние 8 м под действием силы 25 Н больше

работы по перемещению тела на расстояние 20 м под действием силы 5 Н?

21.13. Вертолет поднялся вертикально вверх с постоянной скоростью на высоту 50 м. Двигатель вертолета совершил работу 2,5 МДж. Определите массу вертолета.

21.14. С помощью подвижного блока рабочий поднимает контейнер на высоту 2 м, прикладывая к свободному концу веревки силу в 600 Н. Какую работу он совершает?

Второй уровень

21.15. Тело массой 10 кг съезжает с наклонной плоскости высотой 6 м. Найдите работу силы тяжести.

21.16. Вычислите работу, произведенную при подъеме тяжелого ящика на высоту 12 см при помощи рычага, одно плечо которого в 10 раз длиннее другого, если сила, действующая на длинное плечо, равна 150 Н.

21.17. Какую работу совершает человек за 1 с при ходьбе, если за 3 ч он делает 15 000 шагов и за каждый шаг совершает 30 Дж работы?

21.18. Какую работу производит двигатель автомобиля при равномерном движении на пути 0,5 км, если масса автомобиля 2 т, сопротивление воздуха его движению составляет 0,4 от веса автомобиля?

21.19. Определите работу, совершенную при равномерном скольжении санок массой 20 кг по снегу, при их перемещении на 10 м. Сила трения полозьев о снег составляет 0,02 от веса санок.

21.20. Лифт, поднимая на шестой этаж 6 человек, совершает работу 84 кДж. На какой высоте находится шестой этаж, если масса одного человека в среднем составляет 70 кг?

21.21. Лошадь везет телегу с постоянной скоростью 0,8 м/с, прикладывая усилие 400 Н. Какую работу совершает при этом лошадь за 1 ч? Силу, приложенную к телеге, можно считать направленной вдоль направления движения телеги.

21.22. Давление воды в цилиндре нагнетательного насоса 1200 кПа. Чему равна работа при перемещении поршня площадью 400 см² на расстояние 50 см?

21.23. Мужчина с помощью троса достал из колодца десятилитровое ведро, наполненное водой. Глубина

колодца 10 м. Масса пустого ведра 1,5 кг. Чему равна минимальная работа силы упругости троса?

21.24. Шагающий экскаватор выбрасывает за один прием 14 м^3 грунта, поднимая его на высоту 20 м. Вес ковша без грунта 20 кН. Определите работу, совершающую по подъему грунта и ковша. Плотность грунта $1500 \text{ кг}/\text{м}^3$.

21.25. Лежащую на столе линейку длиной 1 м ученик поставил вертикально. Какую работу он совершил, если вес линейки 2 Н?

21.26. Шарик массой 80 г, изготовленный из материала плотностью $800 \text{ кг}/\text{м}^3$, всплывает в воде с глубины 50 см. Какую работу совершает архимедова сила в процессе вскрытия?

21.27. Камень плотностью $2600 \text{ кг}/\text{м}^3$ поднимают в воде. Определите работу по подъему камня на высоту 50 см, если объем камня равен 10 см^3 . Сопротивлением воды при движении камня пренебречь.

21.28. При подъеме груза, имеющего массу 2 т, с помощью гидравлического пресса затрачена работа 400 Дж. При этом малый поршень сделал 10 ходов, перемещаясь за ход на 10 см. Во сколько раз площадь большего поршня больше площади малого?

21.29. Мраморную плиту массой 50 кг равномерно поднимают из воды с глубины 2 м на поверхность с помощью подвижного блока. Определите силу, необходимую для подъема плиты, и совершенную при подъеме работу. Плотность мрамора $2700 \text{ кг}/\text{м}^3$, плотность воды $1000 \text{ кг}/\text{м}^3$.

21.30. Автомобиль начинает двигаться равноускоренно по горизонтальному шоссе и набирает скорость v . Пренебрегая трением, найдите отношение $\frac{A_2}{A_1}$, где A_1 и A_2 – работы, совершенные силой тяги автомобиля при увеличении скорости от 0 до $\frac{v}{2}$ и от $\frac{v}{2}$ до v соответственно.

Третий уровень

21.31. Тело свободно падает с нулевой начальной скоростью. Определите отношение работы силы тяжести за первую половину времени падения к работе силы тяжести за вторую половину времени падения. Сопротивлением воздуха пренебречь.

21.32. Найдите работу силы тяжести за пятую секунду свободного падения тела массой 1 кг.

21.33. Груз массой 7 кг поднимают на веревке с поверхности земли на высоту 1 м: один раз равномерно, второй – равноускоренно с ускорением 2 м/с^2 . На сколько работы по подъему груза во втором случае больше, чем в первом? Сопротивление воздуха не учитывать.

21.34. Тело массой 20 кг поднимают по наклонной плоскости на высоту 6 м. Вдоль наклонной плоскости тело прошло 10 м. Найдите численное значение работы силы трения, если сила тяги параллельна плоскости, а коэффициент трения 0,2.

21.35. Тело массой 2 кг равномерно движется по горизонтальной плоскости под действием веревки, направленной под углом 45° к горизонту. Коэффициент трения между телом и плоскостью 0,2. Какую работу совершил сила натяжения веревки на пути 2,4 м?

21.36. Какую работу совершил сила 20 Н, подняв по наклонной плоскости груз массой 2 кг на высоту 2,5 м с ускорением 5 м/с^2 ? Сила действует параллельно наклонной плоскости. Трением пренебречь.

Четвертый уровень

21.37. Чтобы вытащить гвоздь длиной 10 см из бревна, необходимо приложить начальную силу 2 кН. Гвоздь вытащили из бревна. Какая при этом была совершена механическая работа?

21.38. Санки массой 2 кг и длиной полозьев 1 м выезжают со льда на асфальт. Коэффициент трения полозьев об асфальт 0,5. Определите модуль работы силы трения к моменту, когда санки полностью окажутся на асфальте.

21.39. Какую минимальную работу надо совершить, чтобы из колодца глубиной 10 м поднять на трофе ведро с водой массой 8 кг? Линейная плотность троса 0,4 кг/м.

21.40. Какую работу нужно совершить, чтобы поднять грунт на поверхность земли при рытье колодца, имеющего глубину 10 м и площадь сечения 2 м^2 ? Плотность грунта 2000 кг/м^3 .

21.41. Льдина площадью 1 м^2 и толщиной 0,4 м плавает в воде. Какую минимальную работу надо совершить, чтобы полностью погрузить льдину под воду?

22. Мощность

Первый уровень

22.1. При подъеме санок на гору за 16 с была совершена работа, равная 800 Дж. Какая мощность была при этом развита?

22.2. Мощность двигателя швейной машинки 40 Вт. Какую работу он совершает за 6 мин?

22.3. Трактор имеет тяговую мощность 72 кВт. За какое время он может совершить работу в 144 МДж по перемещению прицепа с грузом?

22.4. Какую среднюю мощность развивает человек, поднимающий ведро с водой весом 120 Н из колодца глубиной 20 м за 15 с?

22.5. Автомобиль, двигаясь равномерно, проходит 40 м за 2 с. Мощность двигателя автомобиля 160 кВт. Определите силу тяги, развиваемую двигателем.

22.6. Какую мощность развивает трактор при равномерном движении на первой скорости, равной 3,6 км/ч, если сила тяги трактора 12 кН?

22.7. Под действием постоянной силы 3 Н брусков движется равномерно по горизонтальной поверхности. Сила развивает мощность 6 Вт. Какова скорость бруска?

Второй уровень

22.8. При помощи подвижного блока в течение 0,5 мин равномерно поднимают ящик с кирпичами на высоту 12 м, действуя на веревку силой 320 Н. Определите мощность, развиваемую при подъеме ящика.

22.9. Самолет имеет четыре двигателя, сила тяги каждого 110 кН. Какова полезная мощность двигателей при скорости самолета 240 м/с?

22.10. Вычислите мощность насоса, подающего ежeminутно 1,5 т воды на высоту 20 м.

22.11. На какую высоту можно поднять с помощью лебедки тело массой 50 кг, если средняя мощность лебедки 1 кВт, а время подъема 2 с? Скорость подъема постоянна.

22.12. При скорости полета 900 км/ч общая мощность четырех двигателей самолета составляет 30 МВт. Найдите силу тяги одного двигателя.

22.13. На самолете Ил-18 были установлены 4 двигателя мощностью 3000 кВт каждый. Скорость самолета 650 км/ч. Какова его сила тяги?

22.14. Подъемное устройство за 20 с перемещает груз массой 300 кг на высоту 10 м. Определите мощность подъемного устройства.

22.15. Груз массой 300 кг поднимается с постоянной скоростью на высоту 10 м. При этом подъемный кран развивает мощность 400 Вт. Сколько времени займет подъем груза?

22.16. Какую среднюю мощность развивает спортсмен при подъеме штанги массой 140 кг на высоту 80 см за 0,4 с?

22.17. Определите мощность машины, которая поднимает молот массой 200 кг на высоту 0,75 м 120 раз в минуту.

22.18. Какова мощность водопада, если с высоты 25 м за 15 мин падает 750 т воды?

22.19. Мощность двигателя подъемной машины равна 4 кВт. Груз какой массы она может поднять на высоту 15 м за 2 мин?

22.20. Автомобиль массой 2 т движется по горизонтальной дороге со скоростью 72 км/ч. Сила сопротивления движению составляет $\frac{1}{20}$ часть от веса автомобиля.

Определите полезную мощность.

22.21. При скорости 18 км/ч мощность, развиваемая двигателем автомобиля, равна 1 кВт. Считая, что модуль силы сопротивления пропорционален квадрату скорости, определите мощность, развивающую двигателем при скорости 36 км/ч.

22.22. Один раз дачник поднял из колодца ведро воды массой 6 кг за 20 с, а в другой раз – ведро воды массой 10 кг за 30 с. Во сколько раз мощность, которую он развил во втором случае, больше, чем мощность, развитая им в первом?

22.23. Два подъемных механизма перемещают равномерно вверх грузы одинаковой массы на одну и ту же высоту. Первый это делает за 2 мин, а второй – за 40 с. Во сколько раз мощность второго механизма больше мощности первого?

22.24. Трактор поднимает за 1 ч гравий объемом 240 м³ на высоту 6 м. Определите мощность двигателя. Плотность гравия 1700 кг/м³.

Третий уровень

22.25. Определите среднюю мощность насоса, который, преодолевая силу тяжести, поднимает воду объемом 4,5 м³ на высоту 5 м за 5 мин. Плотность воды 1000 кг/м³.

22.26. Сколько времени должен работать насос мощностью 50 кВт, чтобы из шахты глубиной 150 м откачать воду объемом 200 м³? Плотность воды 1000 кг/м³.

22.27. Аэросани массой 2 т трогаются с места и движутся с постоянным ускорением 0,5 м/с². Коэффициент трения 0,1. Определите среднюю полезную мощность, развиваемую аэросанями на участке пути, которому соответствует конечная скорость 15 м/с.

22.28. Шлифовальный диск диаметром 30 см вращается с частотой 2 с⁻¹ в горизонтальной плоскости. Металлический брускок прижимают к цилиндрической поверхности диска с силой 100 Н. Коэффициент трения между бруском и диском 0,2. Какую мощность развивает двигатель, вращающий диск?

22.29. Какой мощностью обладает воздушный поток сечением 2 м² при скорости движения 9 м/с, если плотность воздуха принять равной 1,3 кг/м³?

23. Коэффициент полезного действия

Первый уровень

23.1. Наклонную плоскость используют для подъема груза на некоторую высоту. Полезная работа оказалась равной 500 Дж. Затраченная работа – 625 Дж. Определите КПД наклонной плоскости.

23.2. Определите полезную работу, произведенную при подъеме груза с помощью системы блоков, если затраченная работа составила 12 кДж, а КПД механизма – 90%.

23.3. С помощью рычага подняли груз весом 1 кН на высоту 8 см. Какая при этом была совершена работа, если КПД рычага 80%?

23.4. Вычислите работу, необходимую для подъема на высоту 10 м груза весом 250 Н с помощью ворота, КПД которого 80%.

Второй уровень

23.5. Ведро с песком массой 24,5 кг поднимают при помощи неподвижного блока на высоту 10 м, действуя на веревку силой 250 Н. Вычислите КПД установки.

23.6. С помощью неподвижного блока груз массой 50 кг поднимают на высоту 3 м. Определите затраченную при этом работу, если КПД блока равен 96%.

23.7. С помощью неподвижного блока поднимают груз на высоту 13 м. При подъеме совершается работа 20,7 кДж. КПД простого механизма 94,2%. Чему равна масса поднимаемого груза?

23.8. Определите КПД рычага, с помощью которого груз весом 600 Н был поднят на высоту 1 м. При этом длинное плечо рычага, к которому приложена сила 350 Н, опустилось на 1,8 м.

23.9. Вычислите КПД рычага, с помощью которого груз массой 245 кг равномерно поднят на высоту 6 см. В процессе подъема к длинному плечу рычага была приложена сила 500 Н, а точка приложения этой силы опустилась на 0,3 м.

23.10. Двигатель подъемного крана мощностью 6 кВт поднимает груз массой 6 т на высоту 8 м. Определите время подъема груза, если КПД установки равен 80%.

23.11. По наклонному помосту длиной 4,5 м и высотой 1,5 м втянули ящик весом 300 Н. Сила тяги при движении ящика составила 120 Н. Найдите КПД установки.

23.12. При равномерном перемещении груза массой 15 кг по наклонной плоскости динамометр, привязанный к грузу, показал силу 40 Н. Вычислите КПД наклонной плоскости, если ее длина 1,8 м, а высота 30 см.

Третий уровень

23.13. Электродвигатель мощностью 10 кВт соединен ременной передачей с насосом, который за 30 мин подает воду в объеме 60 м^3 на высоту 24 м в резервуар. Определите КПД всей установки.

23.14. Какой объем воды можно поднять из колодца глубиной 36 м в течение 1 ч, если мощность электродвигателя насоса равна 4,9 кВт, а КПД установки 70%? Плотность воды $1000 \text{ кг}/\text{м}^3$.

23.15. Бак для воды находится на высоте 12 м. Какой мощности должен быть двигатель насоса, если нужно в 1 мин подавать $1,8 \text{ м}^3$ воды, а КПД насоса равен 75%? Плотность воды $1000 \text{ кг}/\text{м}^3$.

23.16. При помощи подвижного блока равномерно поднимают груз, прикладывая к концу веревки силу 100 Н. Масса груза 16,5 кг. Найдите полезную работу, затраченную работу и КПД установки, если высота подъема 4 м.

23.17. С помощью системы подвижного и неподвижного блоков ученик поднимает груз весом 50 Н на высоту 50 см, прикладывая к концу веревки силу 35 Н. Вычислите КПД системы блоков.

23.18. С помощью системы подвижного и неподвижного блоков равномерно был поднят груз массой 16 кг на высоту 4 м. Определите силу, приложенную к другому концу веревки при подъеме груза, если КПД установки 80%.

23.19. Ящик с гвоздями, масса которого 54 кг, поднимают на пятый этаж строящегося здания при помощи подвижного блока, действуя на трос силой 360 Н. Вычислите КПД установки.

23.20. Мотор подъемного крана мощностью 1500 Вт поднимает груз со скоростью 0,05 м/с. Груз какой массы он может поднимать при данной скорости, если его КПД 80%?

23.21. Подъемный кран поднимает груз массой 5 т. Мощность двигателя 15 кВт. Коэффициент полезного действия крана 80%. Определите скорость подъема груза.

23.22. Груз весом 100 Н находится на конце короткого плеча рычага длиной 16 см. Для поднятия этого груза к длинному плечу рычага, длиной 80 см, была приложена сила 25 Н. Определите КПД механизма.

23.23. Подъемный кран за 7 ч поднимает строительные материалы массой 3000 т на высоту 10 м. Какова мощность двигателя крана, если его КПД равен 60%?

23.24. Из колодца поднято ведро с водой. Масса ведра 2 кг, оно вмещает 8 л воды. Определите КПД этого процесса.

24. Кинетическая энергия

Первый уровень

24.1. С некоторой высоты со скоростью 20 м/с брошен камень массой 200 г. Какую кинетическую энергию ему сообщили?

24.2. Какова масса камня, если при скорости 10 м/с он обладает кинетической энергией в 20 Дж?

24.3. Тело массой 2 кгброшено вертикально вверх. Через некоторое время кинетическая энергия камня стала равна 9 Дж. Какую скорость имело тело в этот момент?

24.4. Во сколько раз изменится кинетическая энергия тела, если его скорость увеличить в 3 раза?

24.5. Найдите изменение кинетической энергии поезда массой 800 т при увеличении его скорости от 36 км/ч до 54 км/ч.

24.6. Камень весом 10 Н в процессе падения приобрел кинетическую энергию 8 Дж. Определите скорость камня.

24.7. Груз массой 2 т равномерно поднимают вверх. В процессе подъема груз за 10 с перемещают на 8 м. Определите величину кинетической энергии груза.

Второй уровень

24.8. Мяч, летевший горизонтально со скоростью 15 м/с, отскочил от вертикальной стены со скоростью 10 м/с. Уменьшение кинетической энергии мяча составило 6 Дж. Найдите массу мяча.

24.9. В процессе движения кинетическая энергия тела увеличилась в 4 раза. Во сколько раз возросла его скорость?

24.10. За счет выгорания топлива во время горизонтального полета с постоянной скоростью масса реактивного самолета уменьшилась на 2 т и стала равной 8 т. Во сколько раз уменьшилась его кинетическая энергия?

24.11. Масса поезда в 200 раз больше массы самолета, а скорость поезда в 15 раз меньше скорости самолета. Во сколько раз кинетическая энергия самолета больше кинетической энергии поезда?

24.12. Мячик при скорости 10 м/с обладает кинетической энергией в 5 Дж. Какой будет кинетическая энергия мячика при скорости 20 м/с?

24.13. Тело массой 200 г брошено вертикально вниз со скоростью 2 м/с. Определите кинетическую энергию тела через 3 с после начала падения.

24.14. Тело свободно падает из состояния покоя. Во сколько раз кинетическая энергия тела через 3 с после начала падения больше, чем через 1 с?

24.15. Тело, брошенное вертикально вверх с поверхности земли, упало на землю через 8 с. Определите кинетическую энергию тела в момент бросания, если его масса 0,5 кг.

24.16. Камень массой 1 кг запустили вертикально вверх, сообщив ему кинетическую энергию в 200 Дж. Сколько времени камень находился в полете?

24.17. Через какое время после начала падения тело массой 1 кг будет обладать кинетической энергией 1250 Дж?

24.18. Мяч бросили вертикально вверх, сообщив ему скорость 8 м/с. Через какое минимальное время кинетическая энергия мяча уменьшится в 2 раза?

24.19. В процессе движения автомобиль, масса которого 2 т, увеличил свою кинетическую энергию на 300 кДж. Какой стала скорость автомобиля, если его начальная скорость составляла 10 м/с?

24.20. Координата тела, движущегося вдоль оси Ox , меняется с течением времени по закону $x = 15 - 2t + 4t^2$. Определите кинетическую энергию тела через 5 с после начала движения. Масса тела 100 г.

24.21. Тело массой 2 кг движется вдоль оси Ox . Его координата с течением времени меняется по закону $x = 4 - 3t + t^2$. Определите изменение кинетической энергии тела от начала второй до конца третьей секунды.

24.22. Тело массой 0,2 кг брошено под углом 60° к горизонту со скоростью 10 м/с. Определите минимальную кинетическую энергию во время падения.

24.23. Пуля массой 20 г, выпущенная под углом α к горизонту, в верхней точке траектории имеет кинетическую энергию 88,2 Дж. Найдите угол α , если начальная скорость пули 600 м/с.

24.24. Под каким углом к горизонту надо бросить камень, чтобы его кинетическая энергия в точке максимального подъема составляла 25% от его кинетической энергии в точке бросания?

24.25. Определите кинетическую энергию автомобиля в момент начала торможения, если сила трения при торможении составляет 4 кН, а перемещение 20 м.

24.26. Брусок массой 1 кг лежит на гладкой горизонтальной поверхности. Горизонтально направленная сила величиной 2 Н, действуя на брусок в течение 2 с, разгоняет его до некоторой скорости. Какой кинетической энергией будет обладать тело?

Третий уровень

24.27. Автомобиль начинает равноускоренное движение из состояния покоя. Во сколько раз изменение его кинетической энергии за первые 10 с движения меньше, чем за следующие 10 с?

24.28. Лебедка поднимает груз массой 10 кг равноускоренно. На некотором участке пути средняя скорость груза составила 2 м/с, а увеличение скорости 5 м/с. Найдите изменение кинетической энергии груза.

24.29. Шарик, подвешенный на нити (конический маятник), вращается в горизонтальной плоскости по окружности радиусом 40 см, совершая 2 оборота в секунду. Какой кинетической энергией он обладает, если его масса 50 г?

24.30. Конический маятник представляет собой подвешенный на легкой нерастяжимой нити груз массой 100 г, вращающийся в горизонтальной плоскости по окружности радиусом 0,5 м. Угол отклонения нити от вертикали составляет 45° . Определите кинетическую энергию вращающегося груза.

25. Потенциальная энергия

Первый уровень

25.1. Тело массой 2 кг поднято над землей на высоту 10 м. Определите потенциальную энергию тела.

25.2. Какова масса человека, если на высоте 30 м он обладает потенциальной энергией в 29 кДж?

25.3. Подъемный кран поднимает вертикально вверх груз весом 1 кН на высоту 5 м. Какую потенциальную энергию приобретает груз?

25.4. Мальчик подсчитал, что на некотором участке пути потенциальная энергия свободно падающего мяча массой 50 г уменьшилась на 2 Дж. Какой длины путь имел в виду мальчик? Сопротивлением воздуха пренебречь.

25.5. Пружину жесткостью 120 Н/м сжали на 2 см. Определите потенциальную энергию сжатой пружины.

25.6. Определите жесткость пружины, при растяжении которой на 10 см ей сообщается потенциальная энергия 0,75 Дж.

25.7. Коэффициент жесткости пружины 320 Н/м. На сколько сантиметров нужно сжать пружину, чтобы в ней была запасена энергия 50 мДж?

25.8. Тело массой 1 кг падает с высоты 1 м. На сколько изменилась его потенциальная энергия, когда он оказался на высоте 30 см?

25.9. На высоте 10 м находится алюминиевый кубик с ребром 10 см. Вычислите запас его потенциальной энергии.

25.10. Один молот имеет массу 100 кг и находится над деталью на высоте 6 м. На какую высоту надо поднять другой молот, масса которого 300 кг, чтобы он обладал относительно этой детали такой же потенциальной энергией, что и первый?

25.11. На книжной полке находятся два учебника. Масса одного из них 150 г, другого – 300 г. Во сколько раз потенциальная энергия второго учебника больше, чем первого?

Второй уровень

25.12. При растяжении пружины на 5 см ее потенциальная энергия становится равной 125 мДж. Какой станет потенциальная энергия пружины при ее растяжении на 7 см?

25.13. К пружине динамометра, расположенного вертикально, подвесили груз массой 100 г. Определите потенциальную энергию деформированной пружины, если ее жесткость равна 40 Н/м.

25.14. К двум разным пружинам подвешены грузы одинаковой массы, при этом удлинение первой пружины в 2 раза больше удлинения второй. Во сколько раз потенциальная энергия первой пружины больше, чем второй?

25.15. Один конец легкой пружины закреплен, к другому концу пружины приложена сила 10 Н. На какую величину следует увеличить эту силу, чтобы потенциальная энергия пружины возросла в 4 раза?

25.16. К пружине подвешен груз массой 100 г. Определите массу груза, который надо дополнительно прикрепить к первому грузу, чтобы потенциальная энергия пружины увеличилась в 9 раз.

25.17. Пружину жесткостью 100 Н/м, закрепленную горизонтально, растянули с силой 8 Н. Какова потенциальная энергия растянутой пружины?

25.18. Две пружины, жесткость которых 100 Н/м и 150 Н/м, соединили параллельно и растянули за концы силой в 15 Н. Найдите потенциальную энергию деформированных пружин.

25.19. Пружины жесткостью 300 Н/м и 200 Н/м соединили последовательно и растянули на 5 см, приложив к их концам некоторую силу. Определите потенциальную энергию растянутых пружин.

25.20. К нижнему концу недеформированной пружины жесткостью 400 Н/м прикрепили груз массой 250 г, вследствие чего пружина деформировалась. Чему равна потенциальная энергия деформированной пружины?

25.21. Тело массой 10 кг равномерно движется по горизонтальной поверхности с помощью пружины жесткостью 100 Н/м, расположенной горизонтально. Определите потенциальную энергию пружины, если коэффициент трения между телом и поверхностью равен 0,1.

25.22. Тело массой 100 г бросили вертикально вверх с поверхности земли, сообщив ему начальную скорость 15 м/с. Определите потенциальную энергию тела через 2 с после начала движения. Сопротивлением воздуха пренебречь.

25.23. Камень массой 200 г на некоторой высоте обладал потенциальной энергией в 20 Дж. Через какое время после начала свободного падения его потенциальная энергия уменьшится в 2 раза?

26. Закон сохранения и превращения механической энергии

Первый уровень

26.1. Автомобиль массой 2000 кг движется равномерно по мосту на высоте 5 м над землей. Скорость автомобиля 4 м/с. Чему равна полная механическая энергия автомобиля?

26.2. При свободных колебаниях груза на нити максимальное значение потенциальной энергии равно 3,8 Дж. Чему равно максимальное значение кинетической энергии, если силами сопротивления пренебречь?

26.3. Молот копра для забивания свай имеет массу 600 кг и при работе поднимается на высоту 12 м. Определите кинетическую энергию молота в момент удара о сваю при свободном его падении. Сопротивление воздуха не учитывать.

26.4. Кинетическая энергия тела массой 1 кг, брошенного с горизонтальной поверхности земли, на высоте 3 м равна 20 Дж. Определите полную механическую энергию тела в момент падения на землю. Сопротивлением воздуха пренебречь.

26.5. Мальчик, стреляя из рогатки вертикально вверх, растянул легкий резиновый шнур так, что его длина увеличилась на 10 см. На какую высоту от места выстрела поднялся камень, если его масса 20 г, а коэффициент упругости шнура 800 Н/м?

26.6. Тело двигалось по горизонтальной поверхности равномерно и прямолинейно. На тело начала действовать сила, направленная вдоль плоскости против направления движения, которая совершила работу, численно равную 2 Дж. После этого кинетическая энергия тела стала равна 5 Дж. Чему была равна начальная кинетическая энергия?

26.7. Покоившееся тело массой 1 кг подняли на высоту 2 м над землей, совершив при этом работу 30 Дж. Какую кинетическую энергию приобрело в результате этого тело?

26.8. Шарику, подвешенному на нити, находящемуся в положении равновесия, сообщили горизонтальную

скорость 12 м/с. На какую высоту поднимется шарик? Сопротивлением воздуха пренебречь.

26.9. При переводе системы тел из начального состояния в конечное ее потенциальная энергия возросла на 17 Дж. Определите модуль изменения кинетической энергии, если при этом внешние силы совершили над системой работу 11 Дж. Трение отсутствует.

26.10. В конце спуска с горы санки массой 80 кг обладали кинетической энергией 1 кДж. Какова высота горы? Силами сопротивления пренебречь.

26.11. Груз массой 100 г свободно падает с высоты 10 м из состояния покоя. Какова кинетическая энергия на высоте 6 м? Сопротивлением воздуха пренебречь.

26.12. Камень падает с высоты 12 м. Какова его скорость в момент падения на крышу дома, высота которого 4 м? Сопротивлением воздуха пренебречь.

26.13. На дне шахты глубиной 20 м лежит мяч. С какой минимальной скоростью должен быть брошен мяч со дна шахты, чтобы он вылетел из нее?

26.14. Тело свободно падает на землю с высоты 80 м. Какова его скорость при ударе о землю? Сопротивлением воздуха пренебречь.

26.15. Тело брошено вертикально вверх со скоростью 20 м/с. На какой высоте его кинетическая энергия будет в 2 раза меньше потенциальной?

26.16. Тело свободно падает с высоты 10 м. Найдите его скорость в момент времени, когда механическая энергия поровну распределится между кинетической и потенциальной.

26.17. Камень массой 0,5 кг, скользнув по наклонной плоскости с высоты 3 м, у основания приобрел скорость 6 м/с. На сколько изменилась полная механическая энергия камня?

26.18. До какой высоты поднимется мяч весом 4 Н, если ему при бросании вверх сообщена кинетическая энергия 80 Дж?

26.19. Тело массой 100 г брошено вертикально вверх с начальной скоростью 10 м/с. В верхней точке траектории потенциальная энергия тела равна 8 Дж. Определите потенциальную энергию в точке старта.

Второй уровень

26.20. Тело массой 1 кг бросили под углом к горизонту с поверхности земли. На высоте 10 м его кинетическая энергия оказалась равной 100 Дж. Какова величина начальной скорости тела?

26.21. С какой скоростью был брошен камень под углом к горизонту, если на высоте 7,5 м его скорость оказалась вдвое меньше скорости в момент бросания? Сопротивлением воздуха пренебречь.

26.22. Тело, брошенное вверх, упало на землю через 1,44 с. Найдите кинетическую энергию тела в момент падения на землю и потенциальную энергию в верхней точке. Масса тела 200 г. Потерями энергии пренебречь.

26.23. На горизонтальной плоскости лежит тонкая цепь длиной 1 м и массой 4 кг. Чему равна максимальная работа по подъему цепи, взятой за один конец, на высоту, при которой нижний ее конец отстоит от плоскости на расстояние, равное длине цепи?

26.24. Молот массой 5,2 кг падает на деталь с высоты 80 см. На сколько увеличится внутренняя энергия молота, если на его нагревание идет 25% механической энергии?

26.25. С балкона высотой 20 м упал на землю мяч массой 0,2 кг. В процессе движения из-за сопротивления воздуха мяч потерял 20% своей энергии. Определите кинетическую энергию мяча перед ударом о землю.

26.26. Вертолет массой 2000 кг находится на высоте 20 м. На какой высоте его потенциальная энергия возрастет на 600 кДж?

26.27. Автомобиль массой 1 т подъезжает со скоростью 20 м/с к подъему высотой 5 м. В конце подъема его скорость уменьшилась до 6 м/с. Каково изменение механической энергии автомобиля?

26.28. Камень массой 1 кг бросили с высоты 30 м, сообщив ему начальную скорость 25 м/с. Перед ударом о землю скорость камня составила 30 м/с. Определите величину механической энергии, перешедшей во внутреннюю в результате действия силы трения.

26.29. На гладком горизонтальном столе лежит канат длиной 2 м, один из концов которого немного свисает.

Определите скорость каната, когда он весь соскользнет со стола. Сила трения отсутствует.

26.30. Однородная веревка длиной 1 м переброшена через блок так, что вначале она находится в равновесии. Ее немного смещают, и она начинает соскальзывать с блока. Найдите скорость веревки в тот момент, когда она полностью соскользнет с блока. Трение не учитывать.

26.31. По горизонтальной поверхности катится без проскальзывания обруч массой 0,5 кг со скоростью 0,6 м/с. Чему равна его кинетическая энергия?

26.32. Скорость свободно падающего тела массой 4 кг на некотором участке пути увеличилась с 2 м/с до 8 м/с. Найдите работу силы тяжести на этом пути.

26.33. Тело массой 50 кг падает с высоты 15 м. Определите величину потенциальной и кинетической энергии через 1 с после начала движения тела.

26.34. Баскетбольный мяч массой 0,8 кг летит со скоростью 10 м/с. Игрок ловит мяч и за время 0,1 с останавливает его. Какую среднюю мощность развивает игрок?

26.35. Камень массой 5 кг свободно падает с высоты 10 м и имеет в момент удара о землю скорость 12 м/с. Чему равна средняя сила сопротивления воздуха?

26.36. Пуля, имеющая массу 10 г, подлетает к доске толщиной 4 см со скоростью 600 м/с и, пробив доску, вылетает со скоростью 400 м/с. Найдите модуль средней силы сопротивления доски.

Третий уровень

26.37. Хоккейная шайба, имеющая начальную скорость 5 м/с, проходит по льду до удара о борт расстояние 10 м и после упругого удара отскакивает от борта. На какое расстояние отлетит шайба, если коэффициент трения о лед в обоих случаях равен 0,036?

26.38. Тело массой 200 г равномерно вращается в горизонтальной плоскости по окружности радиусом 0,5 м с частотой 3 c^{-1} . Какую работу надо совершить, чтобы увеличить частоту вращения до 5 c^{-1} ?

26.39. Маятник с грузом массой 0,2 кг отводят в горизонтальное положение и отпускают. Определите силу натяжения нити в момент прохождения грузом положения равновесия.

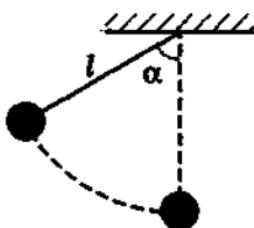


Рис. 99



Рис. 100

26.40. Груз массой 0,2 кг привязан к нити длиной 1 м (рис. 99). Нить с грузом отвели на угол $\alpha = 60^\circ$. Чему равна кинетическая энергия груза при прохождении им положения равновесия?

26.41. На кольцо намотана нить, один конец которой прикреплен к потолку. Кольцо отпускают, и оно падает, раскручивая нить. Считая, что вся масса кольца распределена по ободу, определите скорость его центра, когда кольцо пролетит расстояние 1 м.

26.42. Когда к пружине подвесили груз 3 кг, ее длина оказалась равной 112 мм. Когда же массу груза увеличили до 8 кг, то длина пружины стала 132 мм. Какую работу надо совершить, чтобы растянуть пружину до 132 мм из недеформированного состояния?

26.43. Тяжелый шарик отпустили без начальной скорости с высоты 20 м, при ударе о землю он потерял часть своей кинетической энергии и долетел до верхней точки через 3 с после начала движения. Какая часть кинетической энергии перешла в тепло при ударе? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Четвертый уровень

26.44. Шарик скользит по наклонному желобу, переходящему в вертикальную петлю радиусом 1 м (рис. 100). С какой минимальной высоты шарик должен начать движение, чтобы не оторваться от желоба в верхней точке петли?

26.45. Шар, изготовленный из материала плотностью $400 \text{ кг}/\text{м}^3$, падает в воду с высоты 9 см. На какую глубину погрузится шар? Потерями энергии при ударе о воду и соприкосновением воздуха и воды пренебречь. Плотность воды $1000 \text{ кг}/\text{м}^3$.

26.46. Тяжелый шарик, подвешенный на тонкой нити длиной 1 м, отклоняют от вертикали на 90° и затем

толчком отпускают с некоторой начальной скоростью v_0 . Нить обрывается в момент, когда она составляет с вертикалью угол 60° . Найдите скорость v_0 , если известно, что при движении шарика без толчка нить обрывается в нижней точке траектории.

26.47. Тело массой 2 кг соскальзывает с горки высотой 4,5 м по наклонной поверхности, плавно переходящей в цилиндрическую поверхность радиусом 2 м (рис. 101). С какой силой тело давит на цилиндрическую поверхность в верхней точке B , если работа силы трения при движении от точки A до точки B равна 40 Дж?

26.48. На вершине гладкой сферы радиусом 50 см лежит небольшое тело (рис. 102). В некоторый момент времени телу мгновенно сообщают горизонтальную скорость 2 м/с. Пренебрегая смещением тела во время сообщения ему скорости, найдите высоту от вершины сферы, на которой тело оторвется от сферы.

26.49. Два бруска массами $m_1 = 200$ г и $m_2 = 100$ г, соединенные легкой недеформированной пружиной, лежат на горизонтальной плоскости (рис. 103). Коэффициент трения между брусками и плоскостью 0,8. К какую минимальную постоянную силу нужно приложить в горизонтальном направлении к бруски массой m_1 , чтобы брусков массой m_2 сдвинулся с места?

26.50. На поверхности земли шарнирно закреплена легкая штанга в вертикальном положении. На верхнем конце штанги закреплен груз массой $m_1 = 100$ г, а на расстоянии $l_2 = 30$ см от нижнего конца — груз $m_2 = 150$ г (рис. 104). С какой скоростью груз m_1 коснется земли, если штанга начинает падать без начальной скорости? Расстояние между грузами $l_1 = 40$ см. Массой штанги пренебречь.

26.51. Маленькое тело кладут на наклонную плоскость, составляющую угол 45° с горизонтом, и отпуска-

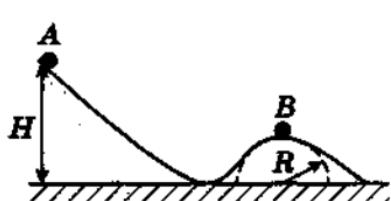


Рис. 101

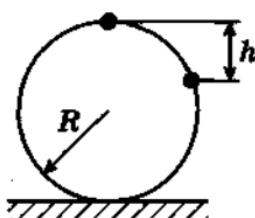


Рис. 102

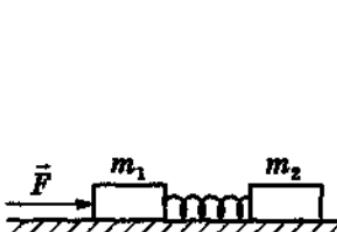


Рис. 103

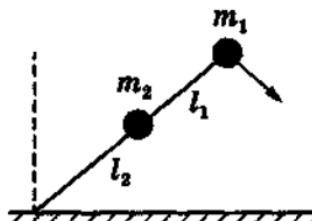


Рис. 104

ют. В нижней точке плоскости тело ударяется об упор, отскакивает без потери скорости и поднимается обратно по наклонной плоскости на некоторую высоту. Найдите эту высоту, если начальная высота тела 1 м, а коэффициент трения 0,5.

26.52. Конический маятник, который представляет собой шарик массой 100 г, закрепленный на нити длиной 50 см и равномерно вращающийся по окружности, образует с вертикалью угол 30° . Внешняя сила раскручивает шарик до такой скорости, что угол отклонения нити от вертикали увеличивается до 60° . Найдите работу внешней силы.

26.53. Шарик массой 100 г подвешен на нити длиной $l = 1$ м. Его приводят в движение так, что он обращается по окружности, лежащей в горизонтальной плоскости, которая находится на расстоянии $\frac{l}{2}$ от точки подвеса (конический маятник). Какую работу нужно совершить для сообщения шарику такого движения?

27. Закон сохранения импульса. Закон сохранения энергии

Второй уровень

27.1. Кинетическая энергия некоторого движущегося тела равна 8 Дж, а импульс $4 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$. Определите массу тела.

27.2. Из пушки массой 2 т, не имеющей противооткатного устройства, горизонтально вылетает снаряд массой 5 кг с кинетической энергией $9 \cdot 10^5$ Дж. Определите скорость, которую получает орудие вследствие отдачи.

27.3. Кинетическая энергия пустой вагонетки, движущейся по рельсам без трения, равна 12 Дж. После

загрузки масса вагонетки увеличивается в 3 раза, а ее импульс не изменяется. Чему равна кинетическая энергия вагонетки?

27.4. Тело массой m_1 движется по гладкому столу, его кинетическая энергия равна 8 Дж. Движущееся тело сталкивается с покоящимся телом массой m_2 . После неупругого удара тела движутся вместе, их кинетическая энергия равна 1 Дж. Чему равно отношение масс тел $\frac{m_2}{m_1}$?

Третий уровень

27.5. Покоящийся атом распадается на две части массами m_1 и m_2 с отношениями энергий этих частей $\frac{1}{4}$. Определите отношение масс $\frac{m_2}{m_1}$ получившихся частиц.

27.6. Шар массой 3 кг, имеющий скорость 2 м/с, испытал абсолютно неупругий удар с покоящимся шаром, масса которого в 2 раза больше. Определите количество тепла, выделившегося при ударе.

27.7. Тележка движется со скоростью 2 м/с. Масса тележки 100 кг. Когда она проезжает мимо рабочего, тот кладет на нее ящик массой 5 кг. Определите выделившееся при этом количество теплоты.

27.8. Мяч массой 50 г свободно падает без начальной скорости с высоты 2 м на пол и отскакивает на высоту 1 м. Определите среднюю силу удара мяча об пол. Продолжительность удара 0,02 с.

27.9. Вагон, движущийся с некоторой скоростью, сталкивается с другим таким же вагоном, ранее неподвижным. Далее они движутся как одно целое. Каждая часть кинетической энергии первого вагона переходит во внутреннюю энергию системы из двух вагонов?

27.10. Шар налетает на покоящийся шар и после абсолютно упругого удара отскакивает в обратном направлении с вдвое меньшей скоростью. Найдите отношение масс первоначально покоящегося и двигавшегося шаров.

27.11. Вагон массой 20 т, движущийся по горизонтальному пути со скоростью 2 м/с, догоняет вагон массой 40 т, движущийся со скоростью 1 м/с, и сцепляется с ним. На сколько изменится механическая энергия вагонов после сцепления?

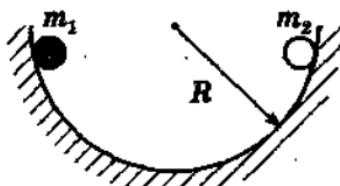


Рис. 105

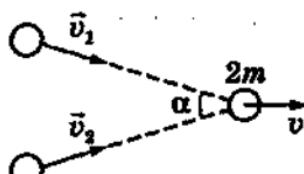


Рис. 106

27.12. Пуля, летящая горизонтально со скоростью 400 м/с попадает в брускок и застревает в нем. Какое расстояние пройдет по горизонтальной поверхности брускок от момента попадания пули до остановки, если его масса в 99 раз больше массы пули? Начальная скорость бруска равна нулю, коэффициент трения между бруском и поверхностью 0,1.

27.13. Два небольших тела одновременно начинают соскальзывать с краев идеально гладкой полусферы радиусом 90 см навстречу друг другу (рис. 105). Происходит абсолютно неупругий удар, после которого тела продолжают двигаться вместе. Найдите максимальную высоту подъема тел после удара, если отношение их масс равно 2.

27.14. Два одинаковых пластилиновых шара, движущихся с равными по величине скоростями, совершают неупругий удар, после которого слипаются в одно целое (рис. 106). Какой угол составляют друг с другом векторы скоростей шаров до удара, если при ударе половина начальной кинетической энергии перешла в тепло?

Четвертый уровень

27.15. Найдите скорость двух шаров после прямого абсолютно упругого удара. Массы шаров 100 г и 200 г, их скорости до удара 3 м/с и 1 м/с соответственно.

27.16. На нити длиной 2 м висит небольшой ящик с песком массой 2 кг. Пуля, летящая горизонтально, попадает в ящик и застревает в нем, при этом максимальное отклонение нити составляет 30° . Определите скорость пули, если ее масса 10 г. Размеры ящика существенно меньше длины нити. Сопротивлением воздуха пренебречь.

27.17. Два шарика, массы которых $m_1 = 100$ г и $m_2 = 300$ г, подвешены на одинаковых нитях длиной 50 см (рис. 107). Первый шарик отклоняют от положения

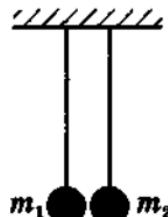


Рис. 107

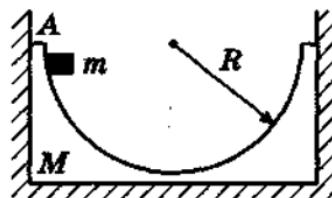


Рис. 108

равновесия на угол 90° и отпускают. На какую высоту поднимутся шарики после абсолютно неупругого удара?

27.18. На гладкой горизонтальной поверхности около стенки стоит брускок массой $M = 200$ г с углублением полусферической формы радиусом $R = 15$ см (рис. 108). Из точки A без трения соскальзывает маленькая шайба массой $m = 100$ г. Найдите максимальную скорость бруска при его последующем движении.

27.19. Шар массой 500 г висит на нити. Расстояние от центра шара до точки подвеса нити 1 м. Горизонтально летящая пуля массой 10 г простреливает шар по центру и вылетает из него со скоростью 10 м/с. Шар после вылета пули совершает оборот вокруг точки подвеса нити. Сила натяжения нити в верхней точке равна нулю. Найдите скорость пули до попадания в шар.

27.20. При ударе шарика о гладкую горизонтальную плоскость теряется третья часть его кинетической энергии. Зная, что угол падения $\alpha = 45^\circ$, найдите угол отражения β (рис. 109).

27.21. Два одинаковых шарика массой $m = 200$ г каждый, связанные пружиной жесткостью 40 Н/м и длиной 15 см, лежат неподвижно на гладком горизонтальном столе (рис. 110). Третий такой же шарик движется со скоростью 2 м/с по линии, соединяющей центры шаров, и упруго соударяется с одним из них. Определите мак-

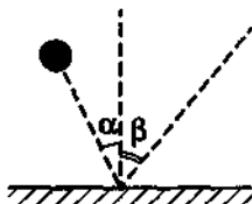


Рис. 109



Рис. 110

симальное и минимальное расстояние между шариками, связанными пружиной, при их дальнейшем движении.

27.22. Какая часть кинетической энергии перейдет во внутреннюю энергию при неупругом столкновении двух одинаковых тел, движущихся до удара с равными по модулю скоростями, под углом 90° друг к другу?

27.23. Два тела массами m и $3m$ движутся по гладкому горизонтальному столу во взаимно перпендикулярных направлениях. После соударения тело массой m остановилось. Какую часть его первоначальной кинетической энергии составляет выделившееся при ударе тепло? Скорости тел до удара равны соответственно v_1 и v_2 .

27.24. На гладком горизонтальном столе поконится шар. С ним сталкивается другой такой же шар. Удар абсолютно упругий и нецентральный. Под каким углом разлетятся шары?

Раздел 2. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА

28. Молекулярное строение вещества

Первый уровень

28.1. Найдите массу молекулы водорода. Молярная масса водорода $2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.

28.2. Сколько молей содержится в 2 кг водорода? Молярная масса водорода $2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.

28.3. Какова масса 200 моль кислорода? Молярная масса кислорода $32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.

28.4. Сколько молекул находится в 90 г воды? Молярная масса воды $18 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.

Второй уровень

28.5. В сосуде объемом 4 л находится 1 г водорода. Определите концентрацию молекул, если молярная масса водорода $2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.

28.6. Считая, что диаметр молекул водорода составляет $2,3 \cdot 10^{-10}$ м, определите, какой длины получилась бы нить, если бы все молекулы, содержащиеся в 1 мг

этого газа, были бы расположены в один ряд вплотную друг к другу. Молярная масса водорода $2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.

28.7. Определите концентрацию атомов в железе. Молярная масса железа $56 \cdot 10^{-3}$ кг/моль, плотность железа 7800 кг/м³.

28.8. Вычислите плотность водорода, если известно, что число его молекул в сосуде вдвое больше числа Авогадро, а объем сосуда 40 л. Молярная масса водорода $2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.

28.9. Какой объем занимают 12 моль алюминия? Молярная масса алюминия $27 \cdot 10^{-3}$ кг/моль, плотность алюминия 2700 кг/м³.

28.10. Плотность неизвестного газа 0,09 кг/м³. При этом в объеме 0,1 м³ содержится $2,7 \cdot 10^{24}$ молекул. По молярной массе определите, что это за газ.

28.11. В двух сосудах находятся ртуть и вода одинакового объема. Сравните число атомов в этих жидкостях. Плотность воды 1000 кг/м³, плотность ртути 13 600 кг/м³, молярная масса воды $18 \cdot 10^{-3}$ кг/моль, молярная масса ртути $201 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.

28.12. При никелировании изделия его покрывают слоем никеля толщиной 1,5 мкм. Сколько атомов никеля содержится в покрытии, если площадь поверхности изделия 800 см²? Плотность никеля 8900 кг/м³, молярная масса никеля $59 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.

28.13. Сколько частиц находится в 1 г наполовину диссоциированного кислорода? Молярная масса кислорода $32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.

28.14. Сколько атомов углерода содержится в графитовом стержне длиной 10 см и площадью сечения 4 мм²? Плотность графита $1,6 \cdot 10^3$ кг/м³. Молярная масса углерода $12 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.

28.15. Во сколько раз число атомов, из которых состоит серебряная ложка, меньше, чем число атомов в алюминиевой ложке той же массы? Молярная масса серебра $108 \cdot 10^{-3}$ кг/моль, молярная масса алюминия $27 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.

28.16. В кастрюлю вместимостью 5 л, заполненную водой, бросили 100 г поваренной соли, которая равномерно растворилась в воде. Раствор заполнил кастрюлю полностью. Молярная масса поваренной соли

$58 \cdot 10^{-3}$ кг/моль. Найдите число молекул соли в полном стакане вместимостью 200 мл, которым зачерпнули соленую воду из кастрюли.

28.17. Во сколько раз объем тела, изготовленного из свинца, больше объема алюминиевого тела, если количество вещества в них одинаковое? Молярная масса свинца $207 \cdot 10^{-3}$ кг/моль, молярная масса алюминия $27 \cdot 10^{-3}$ кг/моль; плотность свинца $11\ 300$ кг/м³, плотность алюминия 2700 кг/м³.

Третий уровень

28.18. Лужа воды на асфальте полностью испарились за 2 ч. Площадь поверхности лужи 1 м², толщина слоя воды $0,5$ мм, плотность воды 1000 кг/м³, молярная масса воды $18 \cdot 10^{-3}$ кг/моль. Найдите число молекул воды, испаряющихся из лужи за одну секунду.

28.19. В помещении площадью 20 м² и высотой 3 м разали 1 л воды. Найдите приращение концентрации молекул паров воды в воздухе помещения после того, как вся эта вода испарится и ее молекулы равномерно распределются по всему объему помещения. Плотность воды 1000 кг/м³, молярная масса воды $18 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.

28.20. Два идеальных газа с молярными массами $2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль и $12 \cdot 10^{-3}$ кг/моль образуют механическую смесь. Массы газов одинаковы. Определите молярную массу этой смеси.

28.21. Диаметр молекулы олеиновой кислоты $3 \cdot 10^{-10}$ м, плотность кислоты $9 \cdot 10^2$ кг/м³. Определите ориентировочную массу молекулы.

28.22. Определите среднее расстояние между центрами соседних молекул в куске льда. Плотность льда 900 кг/м³, молярная масса воды $18 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.

28.23. Считая, что атмосферный воздух состоит только из кислорода и азота и что молярная масса воздуха $29 \cdot 10^{-3}$ кг/моль, определите процентное содержание молекул кислорода в смеси. Молярная масса кислорода $32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль, молярная масса азота $28 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.

28.24. Среднее значение величины импульса молекулы углекислого газа равно $2,7 \cdot 10^{-28}$ кг · м/с, при этом в 1 с происходит $9,5 \cdot 10^9$ ее столкновений с другими молекулами. Определите среднее расстояние, которое

проходит молекула между столкновениями. Молярная масса углекислого газа $44 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.

Четвертый уровень

28.25. Какую площадь имеет поверхность золотой фольги массой 1 г, если толщина ее составляет 10^4 молекулярных слоев? Плотность золота $1930 \text{ кг}/\text{м}^3$, молярная масса золота $197 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.

28.26. Какое понадобится время, чтобы на поверхность стекла нанести слой серебра толщиной 5 мкм, используя для этого атомарный пучок с концентрацией атомов серебра 10^{18} м^{-3} , движущихся со скоростью 0,39 км/с? Молярная масса серебра $108 \cdot 10^{-3}$ кг/моль, плотность серебра $10\,500 \text{ кг}/\text{м}^3$.

28.27. Оцените среднюю длину пробега молекул газа между двумя последовательными столкновениями с другими молекулами, если их диаметр $3 \cdot 10^{-10} \text{ м}$, а концентрация $3 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$.

29. Основное уравнение МКТ.

Средняя квадратичная скорость молекул

Первый уровень

29.1. Во сколько раз возрастет давление идеального газа, если средняя квадратичная скорость его молекул увеличится в 2 раза?

29.2. Плотность некоторого идеального газа $0,06 \text{ кг}/\text{м}^3$. Средняя квадратичная скорость его молекул 500 м/с. Определите давление, которое газ оказывает на стенки сосуда.

Второй уровень

29.3. В сосуде объемом 8 л содержится 150 г газа под давлением 400 кПа. Определите среднюю квадратичную скорость молекул газа.

29.4. Сколько молекул газа находится в сосуде объемом 480 см^3 при температуре 20°C и давлении 250 кПа?

29.5. Вычислите среднюю квадратичную скорость молекул гелия при температуре 27°C . Молярная масса гелия $4 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.

29.6. Средняя квадратичная скорость молекул газа 400 м/с. Определите объем, который займет 1 кг газа при давлении 100 кПа.

29.7. Во сколько раз изменится давление идеального газа при уменьшении его объема в 3 раза и увеличении средней кинетической энергии в расчете на молекулу в 2 раза?

29.8. Найдите концентрацию молекул кислорода, если его давление 0,2 МПа, а средняя квадратичная скорость молекул равна 700 м/с. Молярная масса кислорода 32 г/моль.

29.9. Какое давление на стенки сосуда производит водород, если число молекул в 1 см³ равно $4,1 \cdot 10^{18}$, а средняя квадратичная скорость его молекул 2400 м/с? Молярная масса водорода 2 г/моль.

29.10. Во сколько раз средняя квадратичная скорость молекул водорода больше средней квадратичной скорости молекул кислорода при одном и том же давлении и концентрации молекул? Молярная масса водорода 2 г/моль, молярная масса кислорода 32 г/моль.

29.11. Плотность газа в баллоне газонаполненной электрической лампы 0,9 кг/м³. При горении лампы давление в ней возрастает от $8 \cdot 10^4$ Па до $1,1 \cdot 10^5$ Па. На сколько увеличилась при этом средняя квадратичная скорость молекул?

29.12. Средняя квадратичная скорость молекул газа равна 1000 м/с. Чему будет равна средняя квадратичная скорость после увеличения давления и объема газа в 1,2 раза?

29.13. При повышении температуры газа на 100 К средняя квадратичная скорость его молекул возросла от 300 м/с до 500 м/с. На сколько еще надо поднять температуру, чтобы средняя квадратичная скорость возросла до 700 м/с?

29.14. В баллоне емкостью 50 л находится одноатомный газ в количестве 0,12 кмоль при давлении 6 МПа. Определите среднюю кинетическую энергию движения молекул газа.

29.15. Средняя кинетическая энергия молекулы одноатомного идеального газа $5,3 \cdot 10^{-17}$ Дж. Давление газа 0,2 мПа. Найдите число молекул в 4 см³ газа.

29.16. Какова полная кинетическая энергия поступательного движения 2 моль идеального газа при температуре 27 °С?

29.17. Под каким давлением находится в баллоне кислород, если емкость баллона 5 л, а кинетическая энергия теплового поступательного движения всех молекул кислорода 6 кДж?

29.18. В сосуде под поршнем находится идеальный газ. В результате нагревания объем газа увеличился в 4 раза. Во сколько раз увеличилась средняя квадратичная скорость молекул газа?

29.19. Средняя квадратичная скорость молекул некоторого газа при температуре 273 К составляет 480 м/с. Сколько молекул содержит 1 г этого газа?

Третий уровень

29.20. Один сосуд занимает неон, другой – аргон. Температура газов одинакова и равна 400 К. На сколько надо увеличить температуру аргона, чтобы средние квадратичные скорости атомов обоих газов стали одинаковыми? Молярная масса аргона 40 г/моль, молярная масса неона 20 г/моль.

29.21. При нагревании идеального газа в закрытом сосуде его давление возросло на 44%. Во сколько раз возросла при этом средняя квадратичная скорость молекул газа?

29.22. В закрытом сосуде содержится идеальный газ. Во сколько раз возрастет давление, если средняя квадратичная скорость его молекул увеличить на 20%?

29.23. Плотность одного газа при давлении 400 кПа равна $1,6 \text{ кг}/\text{м}^3$. Второй газ массой 2 кг занимает объем 10 м^3 при давлении 200 кПа. Во сколько раз средняя квадратичная скорость молекул второго газа больше, чем первого?

Четвертый уровень

29.24. Оцените число ударов молекул воздуха о поверхность оконного стекла площадью 1 м^2 со стороны комнаты за интервал времени 1 с. Температура воздуха в комнате 300 К, давление 10^5 Па , молярная масса воздуха $29 \cdot 10^{-3} \text{ кг}/\text{моль}$.

29.25. Спутник сечением 1 м^2 движется с первой космической скоростью 7,9 км/с по околоземной орбите.

Давление воздуха на высоте орбиты $1,37 \cdot 10^{-4}$ Па. Температура 1226 К. Определите число столкновений спутника с молекулами воздуха за 1 с.

30. Изопроцессы

Первый уровень

30.1. Какой объем займет газ при 77 °С, если при 27 °С его объем 6 м³? Давление считать постоянным.

30.2. В баллоне объемом 10 м³ находится водород под давлением 2 МПа. Баллон какого объема понадобился бы для хранения такого же количества водорода при атмосферном давлении, равном 0,1 Мпа, и при той же температуре?

30.3. Воздух находится под давлением 50,65 кПа. Во сколько раз уменьшится его объем, если давление станет равным 202,6 кПа? Температура постоянна.

30.4. Газ при температуре 300 К занимает некоторый объем. До какой температуры его следует изобарно охладить, чтобы объем уменьшился в 1,2 раза?

30.5. Во сколько раз увеличилась температура газа, если его давление возросло от 50 кПа до 80 кПа при постоянном объеме?

30.6. Два баллона соединили трубкой с краном. В баллоне емкостью 5 л находится воздух под давлением $3 \cdot 10^5$ Па, другой баллон емкостью 1 л пустой. Какое давление установится в баллонах, если открыть кран? Температура постоянна.

Второй уровень

30.7. Кислород занимал некоторый объем при температуре 10 °С. После расширения вследствие нагревания при постоянном давлении кислород занял объем 10 л. Найдите объем газа до расширения, если газ был нагрет на 25 °С.

30.8. В объеме 4 л находится газ, масса которого 12 г, а температура 177 °С. При какой температуре плотность этого газа будет 6 кг/м³, если давление останется неизменным?

30.9. Некоторую массу идеального газа сжимают изотермически от объема 3 л до объема 1 л. Давление при

сжатии возрастает на $2 \cdot 10^6$ Па. Каким было первоначальное давление?

30.10. При нагревании газа на 150 К при постоянном давлении его объем увеличился в 2 раза. Найдите начальную и конечную температуры газа.

30.11. Какой была первоначальная температура воздуха, если при нагревании на 3 К его объем увеличился на 1% от первоначального при постоянном давлении?

30.12. Идеальный газ находится в вертикальном цилиндре и закрыт невесомым поршнем, который может скользить без трения. При температуре 27 °С поршень находится на расстоянии 30 см от дна цилиндра. На каком расстоянии от дна цилиндра будет находиться поршень, если газ нагреть до температуры 127 °С?

30.13. В изохорном процессе давление идеального газа увеличивается на 50 кПа. На сколько увеличится при этом температура газа, если первоначальное давление было $2 \cdot 10^5$ Па, а первоначальная температура 300 К?

30.14. В сосуде емкостью 4 л находится газ под давлением $6 \cdot 10^5$ Па. Газ изотермически расширяется до объема, равного 12 л. Затем при изохорном нагревании его температура увеличивается в 3 раза. Найдите давление газа в конце процесса.

30.15. Один сосуд сферической формы радиусом 1 м заполнен газом под давлением 100 кПа, а в другом сосуде радиусом 0,5 м – вакуум. Сосуды соединяют трубкой, объемом которой можно пренебречь. Какое давление установится в сосудах после соединения? Процесс изотермический.

30.16. Закрытый цилиндрический сосуд длиной 1,2 м разделен на две равные половины невесомой перегородкой, скользящей без трения. Обе половины заполнены газом, причем в одной из них давление в 2 раза больше, чем в другой. Перегородка удерживается неподвижно. На какое расстояние переместится перегородка, если ее отпустить?

30.17. В горизонтальной трубке находится 240 см^3 воздуха, отделенного от атмосферы столбиком ртути длиной 150 мм. Если пробирку повернуть открытым концом вверх, то объем воздуха станет 200 см^3 . Найдите атмосферное давление. Плотность ртути $13\,600 \text{ кг/м}^3$.

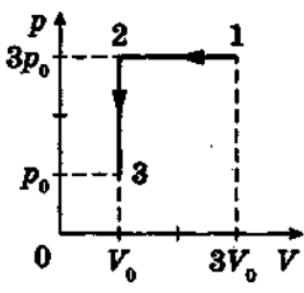


Рис. 111

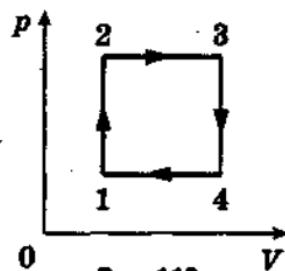


Рис. 112

30.18. Когда пузырек воздуха всплывает со дна пруда на поверхность, его объем увеличивается в 1,5 раза. Вычислите глубину пруда, считая температуру постоянной, а атмосферное давление равным 100 кПа. Плотность воды 1000 кг/м³.

30.19. Аргон, имеющий температуру $T_1 = 900$ К в состоянии 1, последовательно переводят в состояние 3 (рис. 111). Определите температуру аргона в состояниях 2 и 3.

30.20. На рис. 112 показан цикл для идеального газа в координатах p , V . Какова температура газа в точке 1, если в точках 2, 3 и 4 она соответственно равна 300 К, 600 К и 400 К?

Третий уровень

30.21. Кубический сосуд объемом $8 \cdot 10^{-3}$ м³ заполнен воздухом при атмосферном давлении 10⁵ Па и температуре 27 °С. Сосуд закрыли и нагрели до температуры 150 °С. Какая сила будет действовать на одну из граней кубического сосуда со стороны находящегося в нем воздуха?

30.22. На рис. 113 показан график изменения состояния идеального газа в координатах p , V . Постройте этот процесс на графиках в координатах p , T и V , T . Участок 3–4 – изотерма.

30.23. Изобразите в координатах p , T процесс, представленный на рис. 114 в координатных осях V , p .

30.24. Чему равна площадь невесомого поршня в цилиндрическом сосуде, если под действием силы в 20 Н газ под поршнем сжался в 23 раза? Атмосферное давление 100 кПа. Температура в процессе сжатия остается постоянной.

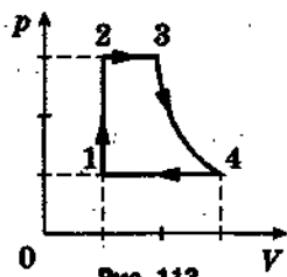


Рис. 113

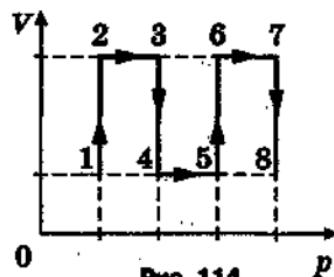


Рис. 114

30.25. В вертикально расположенным цилиндре под невесомым поршнем находится газ. Расстояние от поршня до дна цилиндра 100 см, диаметр поршня 30 см. На какое расстояние опустится поршень, если на него поставить гирю весом 0,1 кН? Атмосферное давление 10^5 Па. Процесс сжатия газа изотермический.

30.26. На рис. 115 показан цикл, совершающий идеальным газом: 1–2 – изохорный процесс; 2–3 – изобарный процесс. Температура в точке 1: $T_1 = 300$ К, в точке 3: $T_3 = 400$ К. Найдите температуру в точке 2. Количество вещества постоянно.

30.27. На рис. 116 дан график изменения состояния идеального газа в координатах p , T . Найдите отношение максимального и минимального объемов газа в ходе этого цикла. Количество вещества неизменно.

30.28. Газ занимает объем 2 л при давлении 100 кПа. Расширяясь изотермически, он увеличил объем до 4 л. Затем при этом объеме давление газа было уменьшено в 2 раза. В дальнейшем газ расширялся при постоянном давлении до объема 6 л. Начертите график зависимости p от V для всего цикла.

30.29. Сначала газ нагревают изохорно от 400 К до 600 К, а затем нагревают изобарно до температуры T .

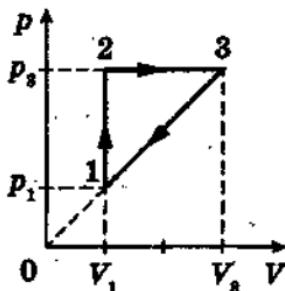


Рис. 115

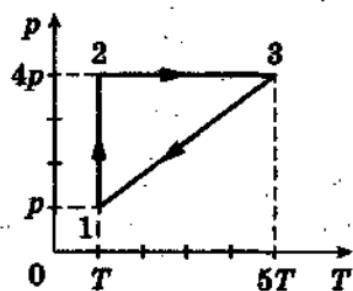


Рис. 116

После этого газ приводят в исходное состояние в процессе, при котором давление уменьшается прямо пропорционально объему газа. Найдите температуру T .

30.30. Газ находится в вертикальном цилиндре под поршнем массой 5 кг. Груз какой массы надо положить на поршень, чтобы он остался в прежнем положении, когда абсолютная температура газа будет увеличена вдвое? Атмосферное давление 100 кПа, площадь поршня 10 см^2 .

30.31. Со дна водоема глубиной 90 м поднимается вверх шарообразный пузырек воздуха. На какой глубине радиус этого пузырька увеличится в 2 раза? Атмосферное давление 100 кПа. Температура воздуха в пузырьке постоянна. Плотность воды $10^3 \text{ кг}/\text{м}^3$.

30.32. При изотермическом сжатии объем газа уменьшился на 1 л, а давление возросло на 20%. На сколько процентов увеличилось бы давление, если бы объем уменьшился на 2 л?

Четвертый уровень

30.33. Открытую стеклянную трубку длиной 1 м на половину погружают в ртуть. Затем трубку закрывают сверху пальцем и вынимают. Какой длины столбик ртути останется в трубке (капиллярными явлениями пренебречь)? Атмосферное давление 10^5 Па , плотность ртути $13\,600 \text{ кг}/\text{м}^3$.

30.34. Посередине откаченной и запаянной с обоих концов горизонтальной трубы длиной 1 м находится столбик ртути длиной 20 см. Если трубку поставить вертикально, то столбик ртути сместится на 10 см. До какого давления была откачана трубка? Плотность ртути $13\,600 \text{ кг}/\text{м}^3$.

30.35. Газ находится в высоком цилиндре под тяжелым поршнем, который может перемещаться без трения. Площадь поршня 30 см^2 . Когда цилиндр перевернули открытым концом вниз, объем газа увеличился в 3 раза. Чему равна масса поршня? Атмосферное давление 100 кПа.

30.36. Цилиндрический сосуд с площадью поперечного сечения 10 см^2 закрыт массивным поршнем. При подъеме сосуда с ускорением $20 \text{ м}/\text{с}^2$ объем газа под поршнем уменьшается в 1,5 раза. Найдите массу поршня, считая температуру газа постоянной. Внешнее давление 10^5 Па .

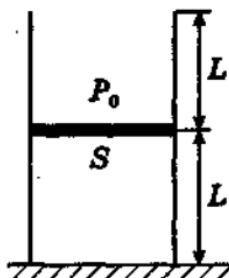


Рис. 117

30.37. Вертикальный цилиндр длиной $2L$ ($L = 0,5$ м) с площадью сечения $S = 10$ см 2 разделен пополам невесомым тонким подвижным поршнем (рис. 117). Сверху на поршень медленно наливают воду плотностью 1000 кг/м 3 . Какой объем воды можно налить в этот цилиндр, если внешнее давление 10^5 Па, а температура постоянна?

30.38. Из сосуда откачивают воздух.

Объем сосуда 3 л, объем цилиндра насоса 0,5 л. Каким будет давление воздуха в сосуде после пяти рабочих ходов поршня, если сосуд вначале содержал воздух при давлении 10^5 Па, а температура оставалась постоянной?

30.39. Один конец цилиндрической трубки длиной 25 см и радиусом 1 см заполнен воздухом и закрыт пробкой. В другой конец медленно вдвигают поршень. При перемещении поршня на 8 см пробка вылетает. Найдите силу трения пробки о стенки трубки в момент вылета пробки. Атмосферное давление 10^5 Па, температура постоянна.

30.40. Тонкостенный стакан массой 50 г ставят вверх дном на поверхность воды и медленно погружают так, что он все время остается в вертикальном положении. Высота стакана 10 см, площадь его дна 20 см 2 . На какую минимальную глубину надо опустить стакан, чтобы он начал тонуть? Атмосферное давление 100 кПа. Глубина отсчитывается от поверхности воды до уровня воды в стакане на искомой глубине. Температура воды у поверхности и на глубине одинаковая. Плотность воды 1000 кг/м 3 .

31. Уравнение Менделеева – Клапейрона. Закон Дальтона

Первый уровень

31.1. Чему равно давление 10 моль газа в объеме 1,5 м 3 при температуре 260 К?

31.2. Найдите объем 2 моль газа при давлении 2,4 кПа и температуре 300 К.

31.3. Какое количество вещества содержится в объеме 8,3 м 3 при давлении 500 Па и температуре 250 К?

31.4. Баллон вместимостью 50 л заполнен воздухом при давлении 10^6 Па и температуре 300 К. Определите массу воздуха в баллоне. Молярную массу считать равной 29 г/моль.

31.5. Определите молярную массу газа, если 5 г этого газа при давлении 5 кПа и температуре 320 К занимает объем 83 л.

31.6. При какой температуре газ с молярной массой 4 г/моль и плотностью $0,08 \text{ кг}/\text{м}^3$ производит давление 40 кПа?

31.7. Определите плотность кислорода при давлении 166 кПа и температуре 320 К. Молярная масса кислорода $32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.

Второй уровень

31.8. В сосуде находится газ под давлением $6 \cdot 10^5$ Па. Какое установится давление, если из сосуда выпустить $\frac{2}{3}$ содержащегося в нем газа? Температура газа остается постоянной.

31.9. В баллоне содержится 2 кг газа при температуре 270 К. Какую массу газа надо удалить из баллона, чтобы при нагревании его до 300 К давление осталось прежним?

31.10. При уменьшении объема в 2 раза давление увеличилось на 120 кПа, а абсолютная температура на 10%. Каким было первоначальное давление?

31.11. Некоторый газ массой 7 г, находящийся в баллоне при температуре 27 °С, создает давление 50 кПа. Водород массой 4 г в этом же баллоне при температуре 57 °С создает давление 440 кПа. Определите молярную массу первого газа, если молярная масса водорода $2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.

31.12. При увеличении абсолютной температуры некоторого количества идеального газа в 2 раза давление газа увеличилось на 25%. Во сколько раз увеличился объем газа?

31.13. До какой температуры следует нагреть газ, чтобы его плотность уменьшилась в 2 раза по сравнению с его плотностью при температуре 273 К? Нагревание происходит при постоянном давлении.

31.14. При нагревании некоторой массы идеального газа его плотность уменьшилась вдвое. На сколько процентов

увеличилась температура по шкале Кельвина, если давление в процессе нагревания не менялось?

31.15. Газ массой 12 г имеет объем 4 л при температуре 450 К. При какой температуре плотность газа будет равна $6 \text{ кг}/\text{м}^3$, если давление поддерживать постоянным?

31.16. В баллоне находится газ при температуре 15 °С. Во сколько раз уменьшится давление газа, если 40% его выйдет из баллона, а температура при этом понизится на 8 °С?

31.17. Из баллона со сжатым газом емкостью $0,01 \text{ м}^3$ вследствие неисправности вентиля вытекает газ. При температуре 7 °С давление газа было $5 \cdot 10^6 \text{ Па}$. Через некоторое время при температуре 17 °С давление осталось прежним. Сколько молей газа вытекло за это время?

31.18. При газовой сварке давление в баллоне со сжатым кислородом упало до $5 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Какая часть кислорода израсходована, если первоначальное давление кислорода в баллоне 10^6 Па ?

31.19. В баллон емкостью 10 л при температуре 290 К закачаны 5 моль водорода и 6 моль гелия. Определите давление смеси газов.

31.20. Баллон емкостью 2 л заполнен гелием при давлении $12 \cdot 10^5 \text{ Па}$, другой баллон емкостью 5 л заполнили аргоном при давлении $2,2 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Какое давление установится в баллонах, если их соединить трубкой? Температура у газов равная и остается постоянной при смешивании.

31.21. Сосуд объемом $0,1 \text{ м}^3$ содержит 2 моль газа. Сосуд неизвестного объема, содержащий 6 моль газа при той же температуре, соединяют с первым сосудом. Вычислите неизвестный объем, если давление смеси газов оказалось 33,2 кПа при 300 К.

31.22. Каково давление смеси газов в объеме 2 л, если в ней находится 10^{15} молекул кислорода и 10^{-7} г азота, а температура смеси 50 °С? Молярная масса азота 28 г/моль.

31.23. В сосуде находится озон O_3 при температуре 727 °С. Температуру понизили до 127 °С, и весь озон превратился в кислород O_2 . На сколько процентов понизилось давление в сосуде? Молярная масса озона $48 \cdot 10^{-3}$ кг/моль, молярная масса кислорода $32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.

Третий уровень

31.24. Масса 726 мг органического соединения в газообразном состоянии, имеющего формулу $(C_3H_6O)_n$, при давлении 10^5 Па и температуре 200°C занимает объем 243 см³. Найдите значение параметра n . Молярная масса углерода 12 г/моль, молярная масса водорода 1 г/моль, молярная масса кислорода 16 г/моль.

31.25. Определите плотность смеси 4 г водорода и 32 г кислорода при температуре 7°C и давлении 10^5 Па. Молярная масса водорода 2 г/моль, молярная масса кислорода 32 г/моль.

31.26. По трубе с площадью поперечного сечения $5 \cdot 10^{-4}$ м² течет углекислый газ. Давление газа $3,9 \cdot 10^5$ Па, температура 280 К, причем за 10 мин через поперечное сечение трубы проходит 20 кг газа. Найдите скорость течения газа по трубе. Молярная масса углекислого газа 44 г/моль.

31.27. При расширении идеального газа его давление меняется в тепловом процессе линейно с изменением объема по закону $p = \alpha V$, где α – некоторая постоянная величина. Во сколько раз изменится объем газа при увеличении температуры от 200 К до 400 К?

31.28. В процессе, при котором давление меняется по закону $p = \frac{\alpha}{V^2}$ (где α – постоянная величина), объем газа увеличивается в 1,5 раза. Температура при этом понижается на 100 К. Найдите начальную температуру газа, считая его идеальным.

31.29. Пустой сосуд разделен пополам полунепроницаемой перегородкой, пропускающей водород и не пропускающей кислород. В правую половину сосуда впускают 36 г кислорода и 4 г водорода. Объем сосуда 20 л, температура 27°C . Определите давление в левой и правой половинах сосуда, когда установится равновесие. Молярная масса кислорода 32 г/моль, водорода 2 г/моль.

31.30. В сосуде находится смесь азота и водорода. При температуре T , когда азот полностью диссоциировал на атомы, давление равно p (диссоциацией водорода можно пренебречь). При температуре $2T$, когда оба газа полностью диссоциированы, давление в сосуде $3p$. Каково отношение масс азота и водорода в смеси?

Молярная масса азота 28 г/моль, молярная масса водорода 2 г/моль.

31.31. Плотность смеси газов, состоящей из гелия и водорода, при давлении 2,5 МПа и температуре 300 К равна 3 кг/м³. Найдите массу водорода в 2 м³ смеси. Молярная масса водорода 2 г/моль, молярная масса гелия 4 г/моль.

31.32. Внутри закрытого с обоих концов горизонтального цилиндра имеется поршень, который может скользить в цилиндре без трения. С одной стороны поршня находится 3 г водорода, а с другой – 18 г азота. Какую часть объема цилиндра занимает водород? Система находится в тепловом равновесии. Молярная масса водорода 2 г/моль, молярная масса азота 28 г/моль.

31.33. В вертикальном цилиндре под поршнем площадью 40 см² находится 1 моль идеального газа при температуре 400 К. Определите объем газа, если масса поршня равна 40 кг, а атмосферное давление 100 кПа. Трением пренебречь.

31.34. В цилиндре с площадью основания 100 см² находится воздух. Поршень расположен на высоте 50 см от дна цилиндра. На поршень кладут груз массой 50 кг, при этом он опускается на 10 см. Найдите температуру воздуха после опускания поршня, если первоначальное давление было равно 101 кПа, а температура – 12 °С.

31.35. В сосуд, на дне которого лежит твердый шар, нагнетают воздух при температуре 27 °С. Когда давление в сосуде стало равным $20 \cdot 10^5$ Па, шар поднялся вверх. Чему равна масса шара, если его радиус 5 см? Молярная масса воздуха 29 г/моль.

31.36. Два одинаковых сосуда соединены трубкой, объемом которой можно пренебречь. Система наполнена газом и находится при температуре 150 К. Во сколько раз увеличится давление в такой системе, если один из сосудов нагреть до температуры 300 К, а другой поддерживать при прежней температуре?

31.37. Два одинаковых сосуда соединены тонкой трубкой. Сосуды наполнены газом, температура которого 24 °С. Затем температуру газа в одном из сосудов увеличивают на 33 °С. На сколько градусов следует уменьшить температуру газа в другом сосуде, чтобы давление в сосудах не изменилось?

Четвертый уровень

31.38. В закрытом с обоих концов вертикальном цилиндре находится массивный поршень, по обе стороны которого 1 моль воздуха. При температуре 300 К отношение верхнего объема к нижнему равно 4. При какой температуре это отношение станет равно 3? Трением пренебречь.

31.39. Цилиндрический сосуд длиной 1,5 м разделен легким теплонепроницаемым поршнем и заполнен идеальным газом. В начальном состоянии объем левой части сосуда вдвое больше правой, а температура в обеих частях сосуда одинаковая. На сколько переместится поршень, если температуру в правой части увеличить вдвое? Температура в левой части поддерживается постоянной.

31.40. В цилиндре под легким поршнем, соединенным с дном цилиндра невесомой пружиной (рис. 118), находится газ под давлением 0,1 МПа, равным внешнему атмосферному давлению, и при температуре 0 °C. До какой температуры надо нагреть газ, чтобы его объем увеличился в 1,2 раза? Если газ под поршнем откачать, поршень будет находиться в равновесии у дна цилиндра.

31.41. В центре цилиндра длиной 1 м находится поршень, соединенный с днищами пружинами одинаковой жесткости 1,5 кН/м (рис. 119). Воздух из цилиндра откачен, а пружины находятся в недеформированном состоянии. На какое расстояние переместится поршень, если в одну из половин цилиндра ввести 14 г азота при температуре 273 К? Молярная масса азота 28 г/моль.

31.42. Тонкостенный резиновый шар массой 50 г наполнен азотом и погружен в озеро на глубину 100 м, где температура воды 7 °C. Найдите массу азота, если шар

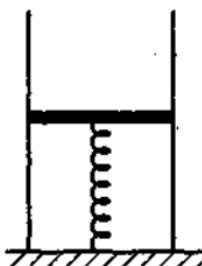


Рис. 118

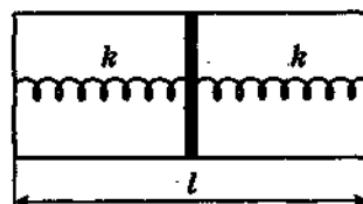


Рис. 119

находится в положении равновесия. Атмосферное давление 10^5 Па. Натяжением оболочки пренебречь. Молярная масса азота 28 г/моль, плотность воды 10^3 кг/м³.

31.43. Шар объемом $0,1$ м³, сделанный из тонкой бумаги, наполняют горячим воздухом, имеющим температуру 67 °С. Температура окружающего воздуха 17 °С. Давление воздуха внутри шара и атмосферное давление одинаковы и равны 10^5 Па. При какой массе бумажной оболочки шар будет подниматься? Молярная масса воздуха $29 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.

31.44. Вычислите ускорение аэростата объемом 300 м³, наполненного водородом. Масса оболочки и груза 180 кг, атмосферное давление 83 кПа, температура 300 К, молярная масса воздуха $29 \cdot 10^{-3}$ кг/моль, молярная масса водорода $2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.

31.45. На сколько градусов надо нагреть воздух внутри шара, чтобы он взлетел? Объем оболочки шара 525 м³, масса 10 кг, атмосферное давление 765 мм рт. ст., температура воздуха 27 °С. Молярная масса воздуха $29 \cdot 10^{-3}$ кг/моль. Оболочка воздушного шара нерастяжима и имеет в нижней части небольшое отверстие.

31.46. Компрессор за 1 мин всасывает 3 м³ сухого воздуха при температуре 290 К и давлении 100 кПа и нагнетает в его резервуар, объем которого $8,5$ м³. За какое время компрессор накачивает воздух в резервуар до давления 700 кПа? Температура в резервуаре 300 К, перед накачиванием он был заполнен воздухом при давлении 200 кПа.

32. Внутренняя энергия идеального газа

Первый уровень

32.1. Определите внутреннюю энергию одноатомного идеального газа в количестве 5 моль при температуре 30 °С.

32.2. Какова температура идеального одноатомного газа, если известно, что внутренняя энергия 2 моль составляет 8310 Дж?

32.3. Кислород массой 160 г, температура которого 27 °С, нагрели до 37 °С. На сколько увеличилась внутренняя энергия газа? Молярная масса кислорода 32 г/моль.

32.4. На сколько градусов увеличилась температура 1 моль идеального одноатомного газа, если его внутренняя энергия увеличилась на 747 Дж?

32.5. Найдите массу гелия, если при повышении температуры на 20 °С его внутренняя энергия увеличилась на 2,5 кДж. Молярная масса гелия 4 г/моль.

32.6. Определите внутреннюю энергию идеального одноатомного газа, имеющего объем 20 м³, при давлении $5 \cdot 10^5$ Па.

Второй уровень

32.7. Каково давление одноатомного идеального газа, занимающего объем 2 л, если его внутренняя энергия 300 Дж?

32.8. Гелий массой 1 кг находится под давлением $8 \cdot 10^4$ Па и имеет плотность 0,2 кг/м³. Определите его внутреннюю энергию.

32.9. В колбе объемом 12 л содержится $3 \cdot 10^{22}$ молекул гелия. Какова средняя в расчете на одну молекулу кинетическая энергия, если давление газа в колбе 10⁵ Па?

32.10. Найдите концентрацию молекул двухатомного идеального газа в сосуде вместимостью 6 л при температуре 290 К, если его внутренняя энергия 420 Дж.

32.11. Некоторое количество идеального газа нагревается при постоянном давлении. Во сколько раз возрастет его внутренняя энергия при увеличении объема в 2 раза?

32.12. Идеальный газ сжимают поршнем и одновременно подогревают. Во сколько раз увеличится его внутренняя энергия, если объем газа уменьшить в 5 раз, а давление увеличить в 7 раз?

32.13. Найдите внутреннюю энергию смеси, состоящей из 20 г гелия и 10 г неона, при температуре 300 К. Молярная масса гелия 4 г/моль, молярная масса неона 20 г/моль.

32.14. Некоторая масса гелия занимает объем 4 л. На сколько увеличится внутренняя энергия гелия, если в процессе нагревания его давление увеличилось на 10⁴ Па?

32.15. На сколько уменьшится внутренняя энергия идеального одноатомного газа в процессе его изобарного сжатия при давлении $2 \cdot 10^6$ Па от 2,5 л до 1,6 л?

32.16. В изобарном процессе при давлении 300 кПа температура одноатомного идеального газа увеличивается в 3 раза. Определите начальный объем газа, если его внутренняя энергия увеличилась на 18 кДж.

32.17. При повышении температуры идеального газа на 50 К его внутренняя энергия возрастает на 200 кДж. На сколько градусов следует нагреть газ, чтобы его внутренняя энергия возросла на 80 кДж, при тех же внешних условиях?

32.18. Найдите концентрацию молекул идеального одноатомного газа, занимающего объем 4 л при 300 К, если внутренняя энергия его равна 600 Дж.

32.19. Объем 160 г кислорода, температура которого 27 °С, при изобарном нагревании увеличился вдвое. На сколько увеличилась его внутренняя энергия? Молярная масса кислорода 32 г/моль.

32.20. На сколько уменьшится внутренняя энергия одноатомного идеального газа в сосуде, содержащем 20 моль газа при температуре 300 К, если из него выпустить 2 моль газа, а температуру понизить на 5 К?

Третий уровень

32.21. Один моль идеального одноатомного газа расширяется по закону $pV^3 = \alpha$ (где α – некоторая постоянная величина) от 1 л до 3 л. Определите изменение внутренней энергии газа, если его первоначальное давление было 200 кПа.

32.22. Два теплоизолированных сосуда одинакового объема соединены тонкой трубкой с краном. В одном сосуде находится гелий при 200 К, а в другом – гелий при 400 К и давлении, в три раза большем, чем в первом сосуде. Какой станет температура после открытия крана и установления теплового равновесия?

32.23. Определите изменение внутренней энергии одноатомного идеального газа в процессе, изображенном на рис. 120, если $p_0 = 0,1$ МПа, $V_0 = 2$ л.

32.24. В цилиндре под давлением $2 \cdot 10^5$ Па находится смесь гелия и водорода. Изобарный нагрев смеси газов приводит к увеличению объема цилиндра на 1 л. На сколько увеличится при этом внутренняя энергия смеси газов, если масса водорода в 1,5 раза больше массы

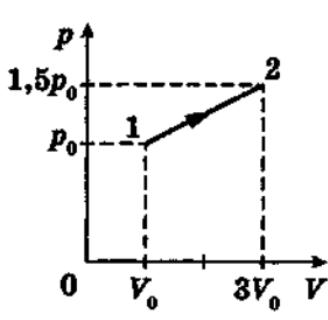


Рис. 120

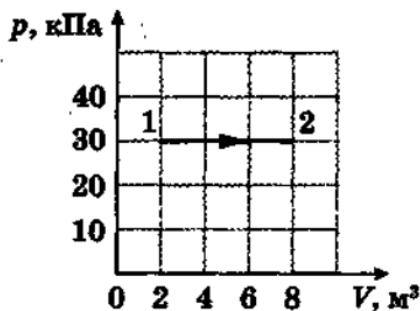


Рис. 121

гелия? Молярная масса гелия 4 г/моль, молярная масса водорода 2 г/моль.

33. Работа в термодинамике

Первый уровень

33.1. При постоянном давлении 5 кПа объем газа увеличился от 5 л до 11 л. Какую работу совершил газ?

33.2. При изобарном расширении при давлении 54 кПа газ совершил работу 27 кДж. Насколько увеличился объем газа?

33.3. Определите давление газа, если он при изобарном расширении на 0,25 м³ совершил работу в 1550 Дж.

33.4. Чему равна работа, совершенная газом при переходе из состояния 1 в состояние 2 в процессе, изображенном на рис. 121?

Второй уровень

33.5. Идеальный газ изобарно увеличился в объеме в 3 раза при давлении $3 \cdot 10^5$ Па. Определите первоначальный объем газа, если в процессе расширения он совершил работу 12,9 кДж.

33.6. Какую работу совершают 5 моль идеального газа при изобарном нагревании от 283 К до 293 К?

33.7. В цилиндре под поршнем находится 1 кг воздуха. Какая работа будет совершена газом при изобарном нагревании воздуха на 140 °С? Молярная масса воздуха 29 г/моль.

33.8. При изобарном нагревании некоторой массы кислорода на 200 К совершена работа 25 кДж

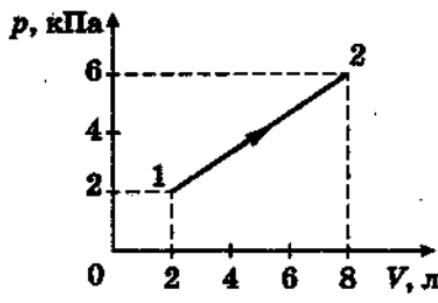


Рис. 122

по увеличению объема. Определите массу кислорода. Молярная масса кислорода 32 г/моль.

33.9. Газ перешел из состояния 1 в состояние 2 в соответствии с процессом, изображенным в координатных осях p, V (рис. 122). Найдите работу газа.

33.10. Некоторое количество идеального газа перешло из состояния 1 в состояние 4 (рис. 123). Какую работу совершил газ?

33.11. При изобарном нагревании 2 кг воздуха была совершена работа 3,4 кДж. На сколько градусов был нагрет воздух? Молярная масса воздуха 29 г/моль.

33.12. На сколько градусов нагрели 1 моль идеального газа при постоянном давлении, если газ совершил работу 166 Дж?

33.13. При изобарном нагревании 0,5 моль газа, первоначальная температура которого 27 °С, объем удвоился. Определите работу газа при расширении.

33.14. Температура воздуха в комнате объемом 700 м³ была 280 К. После того как включили обогреватель, температура поднялась до 296 К. Найдите работу воздуха при расширении, если давление постоянно и равно 100 кПа.

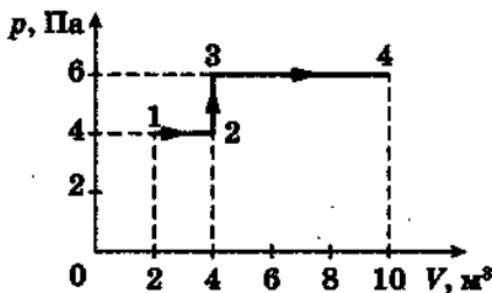


Рис. 123

33.15. В изобарном процессе при давлении 300 кПа температура идеального газа увеличилась в 3 раза. Определите начальный объем газа, если при расширении он совершил работу 18 кДж.

33.16. При изобарном нагревании от температуры 300 К до температуры 350 К газ совершил работу 100 Дж. Какую работу совершил этот газ при дальнейшем изобарном нагревании на 25 К?

33.17. При изобарном сжатии одноатомного идеального газа внешними силами была совершена работа 20 кДж. Как изменилась внутренняя энергия газа в этом процессе?

33.18. В цилиндре объемом 1 м³, закрытом легким подвижным поршнем, находится воздух при атмосферном давлении 10⁵ Па и температуре 273 К. Вычислите работу, совершаемую воздухом при нагревании на 1 К.

Третий уровень

33.19. Определите работу, совершаемую одним молем идеального газа в изобарном процессе, если концентрация молекул газа в этом процессе уменьшается в 2 раза. Начальная температура газа 300 К.

33.20. В цилиндре объемом 190 см³ под легкоподвижным поршнем находится газ при температуре 323 К. Найдите работу расширения газа при нагревании на 100 К. Масса поршня 120 кг, его площадь 50 см². Атмосферное давление 100 кПа.

33.21. В вертикально расположенным цилиндре с площадью основания 1 дм² под поршнем массой 10 кг, скользящим без трения, находится воздух. При изобарном нагревании воздуха поршень поднялся на 20 см. Какую работу совершил воздух, если внешнее давление 100 кПа?

33.22. С одним молем идеального газа проводят циклический процесс, состоящий из двух изохор и двух изобар (рис. 124). Определите работу за цикл, если известно, что в состоянии 1 температура газа $T_1 = 300$ К, а в состояниях 2 и 4 температуры равны: $T_2 = T_4 = 320$ К.

33.23. Идеальный газ в количестве 2 моль находится при температуре 400 К. Объем газа увеличивается в 2 раза так, что давление линейно зависит от объема

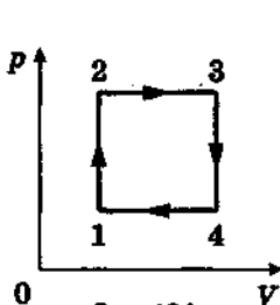


Рис. 124

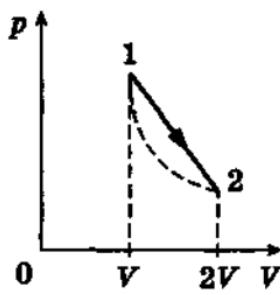


Рис. 125

(рис. 125). Найдите работу газа в этом процессе, если конечная температура газа равна начальной.

33.24. Некоторая масса газа, занимающего объем 0,01 м³, находится при давлении 0,1 МПа и температуре 300 К. Газ нагревают вначале при постоянном объеме до температуры 320 К, а затем при постоянном давлении до температуры 350 К (рис. 126). Найдите работу газа, совершающую при переходе из состояния 1 в состояние 3.

33.25. Определите работу, которую совершает 1 моль идеального газа за цикл, представленный на рис. 127, если температура в точке 1 равна 350 К.

Четвертый уровень

33.26. Температура идеального газа массой 10 кг меняется по закону $T = \alpha V^2$, где $\alpha = 2 \text{ К}/\text{м}^6$. Определите работу, совершающую газом при увеличении объема от 2 л до 4 л. Молярная масса газа $12 \cdot 10^{-3} \text{ кг}/\text{моль}$.

33.27. Состояние 5 моль идеального газа изменилось в соответствии с процессами, изображенными на рис. 128: 1-2 – изобарный процесс; 2-3 – изохорный процесс. При этом газом была совершена работа 25 кДж.

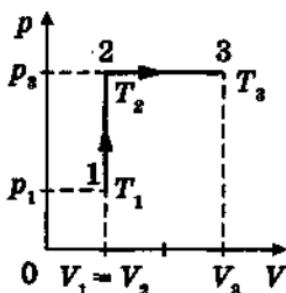


Рис. 126

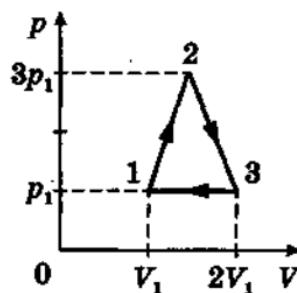


Рис. 127

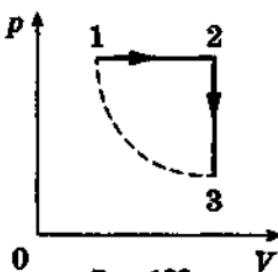


Рис. 128

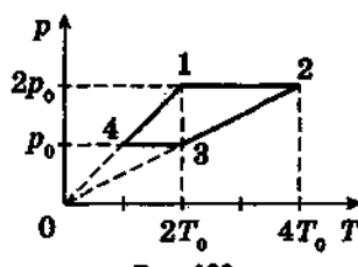


Рис. 129

Давление в точке 2 в 3 раза больше давления в точке 3. Температура в состоянии 1 равна температуре в состоянии 3. Найдите эту температуру.

33.28. Один моль идеального газа участвует в некотором процессе, изображенном в координатах p , T (рис. 129). Найдите работу газа, совершенную за этот цикл, если $T_0 = 300$ К.

33.29. Газ расширяется от объема 3 м^3 до объема 5 м^3 так, что давление меняется по закону $p = \alpha - bV$, где $\alpha = 3,5 \cdot 10^4 \text{ Па}$ и $b = 0,5 \cdot 10^4 \text{ Па}/\text{м}^3$. Найдите работу, совершенную газом в этом процессе.

34. Первый закон термодинамики

Первый уровень

34.1. Газ совершил работу 48 Дж, а его внутренняя энергия выросла на 52 Дж. Какое количество теплоты было подведено к газу?

34.2. Чему равно изменение внутренней энергии газа, если ему сообщено 50 кДж теплоты и газ, расширясь, совершил работу 30 кДж?

34.3. Внутренняя энергия газа увеличилась на 40 Дж при подведении к нему 65 Дж тепла. Определите работу, совершенную газом.

34.4. При изотермическом процессе газу передано 8 МДж теплоты. Определите работу, совершенную газом.

34.5. В процессе изохорного нагревания газ получил 15 МДж теплоты. Чему равно изменение внутренней энергии газа?

34.6. Газ при адиабатном процессе совершил работу $4 \cdot 10^8$ Дж. Как изменилась его внутренняя энергия?

Второй уровень

34.7. При расширении газа на $0,5 \text{ м}^3$ при постоянном давлении 1,6 МПА ему передано 1,6 МДж теплоты. Определите изменение внутренней энергии.

34.8. Гелий массой 5 кг изохорно нагревают на 150°C . Определите количество теплоты, сообщенное газу. Молярная масса гелия $4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$.

34.9. При изобарном расширении двухатомный газ при давлении 100 кПа увеличил свой объем на 5 м^3 . Определите количество теплоты, сообщенной этому газу.

34.10. В герметичном сосуде объемом 6,5 л содержится одноатомный идеальный газ при давлении 10^6 Па . Какое количество теплоты необходимо сообщить газу, чтобы давление в сосуде увеличилось в 3 раза?

34.11. Идеальный одноатомный газ в количестве 2 моль нагрели при постоянном давлении на 50 K . Какое количество тепла при этом было подведено к газу?

34.12. При изобарном нагревании 20 г водорода его объем увеличился в 2 раза. Начальная температура газа 300 K . Определите количество теплоты, сообщенное этому газу. Молярная масса водорода $2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$.

34.13. Идеальный одноатомный газ, количество вещества которого равно 1 моль, находящийся при температуре 300 K , изохорно охлаждается так, что его давление падает в 3 раза. Определите количество теплоты, отданное газом.

34.14. В теплоизолированном цилиндре с подвижным поршнем находится 2 моль гелия. Какую работу совершили над газом, если его температура повысилась на 100 K ?

34.15. Чему равно давление газа, если известно, что при изобарном расширении на 2 л к газу подвели 125 Дж тепла, а его внутренняя энергия увеличилась на 75 Дж?

34.16. Идеальный одноатомный газ в теплоизолированном сосуде совершил работу 625 Дж, при этом его температура уменьшилась на 10 K . Сколько молей газа содержится в сосуде?

34.17. Сколько молей идеального одноатомного газа можно нагреть на 5 K , подведя к нему 41,5 Дж теплоты при постоянном давлении?

34.18. Одноатомному газу сообщили 15 кДж теплоты. При этом газ расширился при постоянном давлении. Определите работу расширения газа.

34.19. На сколько увеличится внутренняя энергия одноатомного идеального газа в процессе изобарного расширения, если газу сообщить при этом количество теплоты 30 кДж?

34.20. При изотермическом процессе газ совершил работу 200 Дж. На сколько увеличится внутренняя энергия газа, если ему сообщить при изохорном процессе теплоты вдвое больше, чем при изотермическом?

34.21. Одноатомный идеальный газ при давлении $3 \cdot 10^5$ Па и температуре 273 К занимает объем 2 м³. Газ сжимают без теплообмена с окружающей средой, совершая при этом работу 35 кДж. Найдите конечную температуру газа.

34.22. Для изобарного нагревания 800 моль одноатомного идеального газа на 500 К ему сообщили 9,4 МДж энергии. Вычислите работу газа.

34.23. Определите изменение внутренней энергии 0,5 моль газа при изобарном нагревании от 27 °С до 47 °С, если газу было сообщено 290 Дж энергии.

34.24. Одноатомный идеальный газ нагревается при постоянном давлении. Какая часть теплоты, полученной газом, идет на увеличение его внутренней энергии?

34.25. Один моль одноатомного идеального газа совершает одинаковые работы в изобарном и изотермическом процессах. Определите отношение количества теплоты, сообщенного в изобарном процессе, к количеству теплоты в изотермическом процессе.

34.26. Во время расширения, вызванного нагреванием, газу было передано $3 \cdot 10^5$ Дж тепла, в результате чего газ действовал на поршень с постоянной силой $4 \cdot 10^5$ Н. На сколько изменилась внутренняя энергия газа, если поршень передвинулся на 30 см?

Третий уровень

34.27. В теплоизолированном герметичном сосуде объемом 2 м³ находится одноатомный идеальный газ. Определите сопротивление проволоки, помещенной в сосуд, если в результате пропускания через нее тока 1 А в течение 100 с давление в сосуде увеличилось на 10^4 Па.

34.28. Два моля одноатомного идеального газа находятся в теплоизолированном герметичном сосуде при температуре 300 К и давлении 10^5 Па. Найдите давление

газа после включения на 3 мин небольшого нагревателя мощностью 16,6 Вт, помещенного в сосуд.

34.29. Для повышения температуры газа, имеющего массу 20 кг и молярную массу 0,028 кг/моль, на 50 К при постоянном давлении необходимо затратить 1 МДж теплоты. Какое количество теплоты следует подвести к этому же газу, чтобы при постоянном объеме его температура повысилась на 50 К?

34.30. Один моль одноатомного идеального газа из состояния 1 переходит в состояние 2 так, как показано на рис. 130. Какая часть энергии, полученной в виде тепла, пошла на увеличение его внутренней энергии?

34.31. На рис. 131 в координатах p , V изображен график процесса, проведенного с некоторым количеством гелия. Какое количество теплоты получил газ во время процесса 1–2–3, если $p_0 = 50$ кПа, $V_0 = 10$ л?

34.32. 1 кмоль одноатомного идеального газа, находящегося при нормальных условиях, переводят из состояния 1 в состояние 2 двумя способами: 1–3–2 и 1–4–2 (рис. 132). Найдите отношение количества теплоты Q_{132} к количеству теплоты Q_{142} , которые необходимо сообщить газу в этих процессах.

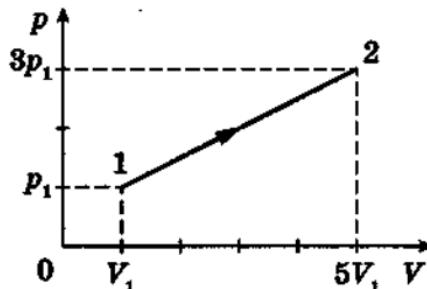


Рис. 130

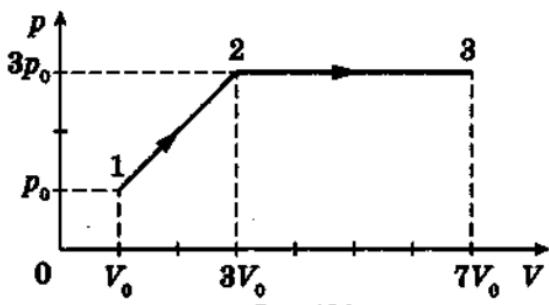
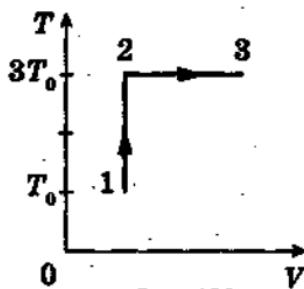
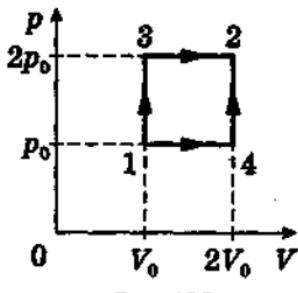


Рис. 131



34.33. Один моль одноатомного идеального газа совершает процесс 1–2–3 (рис. 133), где $T_0 = 100$ К. На участке 2–3 к газу подводят 2,5 кДж теплоты. Найдите отношение полного подведенного к газу количества теплоты к работе, совершенной газом в ходе процесса.

34.34. В теплоизолированном сосуде в начальный момент находится идеальный одноатомный газ при температуре 300 К и кусок железа массой 0,2 кг, нагретый до 500 К. Начальное давление 10^5 Па, его объем 10^{-2} м³. Найдите давление газа в равновесном состоянии. Удельная теплоемкость железа 450 Дж/кг · К.

Четвертый уровень

34.35. Идеальный одноатомный газ расширяется таким образом, что давление растет пропорционально объему. Какое количество теплоты необходимо подвести к 1 моль газа, чтобы повысить его температуру в этом процессе на 10 К?

34.36. В вертикальном цилиндре с высоты 10 м без трения скользит поршень массой 8,3 кг, сжимая 20 г гелия, молярная масса которого 0,004 кг/моль. На сколько изменилась температура газа, если на высоте 4 м поршень остановился? Теплообменом и изменением потенциальной энергии газа пренебречь.

35. КПД теплового двигателя

Второй уровень

35.1. КПД идеальной тепловой машины, работающей по циклу Карно, равен 80%. Во сколько раз абсолютная температура нагревателя больше абсолютной температуры холодильника?

35.2. Идеальный газ совершает цикл Карно. Абсолютная температура нагревателя в 4 раза больше абсолютной температуры холодильника. Какая часть теплоты, полученной от нагревателя, отдается холодильнику?

35.3. Тепловая машина совершает работу 200 Дж, при этом холодильнику передается 300 Дж энергии. Определите КПД тепловой машины.

35.4. За некоторое время идеальная тепловая машина получила от нагревателя 60 кДж тепла и отдала холодильнику 50 кДж. Определите температуру нагревателя, если температура холодильника 300 К.

35.5. В идеальном тепловом двигателе абсолютная температура нагревателя в 3 раза выше, чем температура холодильника. Нагреватель передал газу 60 кДж тепла. Какую работу совершил газ?

35.6. В идеальной тепловой машине за счет каждого 10^3 Дж тепла, полученных от нагревателя, совершается работа 300 Дж. Определите температуру нагревателя, если температура холодильника 280 К.

35.7. Идеальный газ совершил за цикл, состоящий из двух изотерм и двух адиабат, работу 600 Дж. Температура нагревателя 500 К, температура холодильника 300 К. Определите количество теплоты, отданное газом холодильнику за цикл.

35.8. В цилиндре двигателя газ, для нагревания которого сжигается 2 кг нефти с удельной теплотой сгорания $4,3 \cdot 10^7$ Дж/кг, расширяясь, совершил работу 36 МДж. Чему равен КПД двигателя?

35.9. В идеальной тепловой машине рабочим веществом является пар с начальной температурой 710 К и температурой отработанного пара 350 К. Определите полезную мощность машины, если от нагревателя пар получает 142 кДж теплоты в минуту.

35.10. КПД теплового двигателя 20%. В процессе усовершенствования двигателя удалось уменьшить в 2 раза количество теплоты, отдаваемое за цикл холодильнику, не меняя при этом количество теплоты, получаемое от нагревателя. Определите новое значение КПД двигателя.

35.11. У некоторой идеальной тепловой машины с КПД 60%, температуру нагревателя увеличили в 2 раза, а температуру холодильника уменьшили на 40%. Рассчитайте новое значение КПД тепловой машины.

Третий уровень

35.12. КПД цикла Карно 25%. Во сколько раз нужно увеличить температуру нагревателя (без изменения температуры холодильника), чтобы КПД увеличился вдвое?

35.13. Мотоцикл, расходуя на 100 км пути 3,3 л бензина, движется со скоростью 90 км/ч. Мощность двигателя, развиваемая в этом режиме, 7 кВт. Каков КПД двигателя в этом режиме? Плотность бензина 700 кг/м³, удельная теплота сгорания бензина 46 МДж/кг.

35.14. Мощность двигателя автомобиля равна 44,2 кВт. Какую массу бензина он израсходует на пути 100 км при скорости движения 72 км/ч, если температура газов в цилиндре двигателя равна 1300 К, а температура охлаждающей жидкости 365 К? Удельная теплота сгорания нефти $4,6 \cdot 10^7$ Дж/кг.

35.15. На рис. 134 изображен циклический процесс, происходящий с одноатомным идеальным газом, который является рабочим телом тепловой машины. Найдите КПД машины.

35.16. В тепловом двигателе идеальный одноатомный газ совершает замкнутый цикл, состоящий из двух изохор и двух изобар (рис. 135). Найдите КПД двигателя.

Четвертый уровень

35.17. КПД тепловой машины, работающей по циклу, состоящему: из 1–2 – изотермы; 2–3 – изохоры; 3–1 – адиабаты (рис. 136), равен 25%, а разность максимальной и минимальной температур 300 К. Найдите работу, совершенную одним молем одноатомного идеального газа в изотермическом процессе.

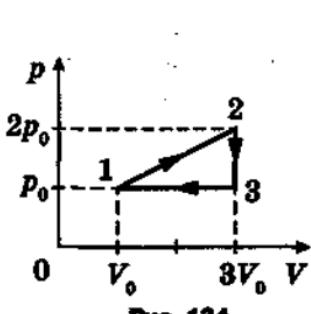


Рис. 134

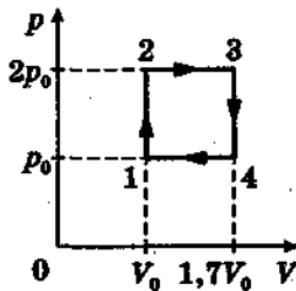


Рис. 135

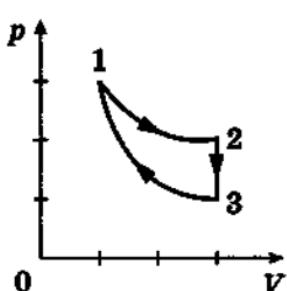


Рис. 136

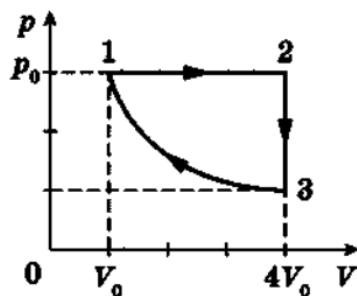


Рис. 137

35.18. Над идеальным одноатомным газом проводят цикл, состоящий из изобары, изохоры и изотермы (рис. 137). Работа газа за цикл равна 5 кДж. В процессе 3–1 изотермического сжатия внешние силы совершают над газом работу в 3 кДж. Найдите КПД тепловой машины.

35.19. Тепловая машина работает по циклу, график которого состоит из двух адиабат и двух изохор. Рабочее тело – одноатомный идеальный газ. В процессе адиабатного расширения температура газа уменьшилась в 1,5 раза, а в процессе адиабатного сжатия увеличилась в 1,5 раза. Найдите КПД тепловой машины.

35.20. На рис. 138 изображены два замкнутых цикла: I – (1–2–3) и II – (1–3–4). Оба цикла проведены с одинаковым идеальным газом. Во сколько раз КПД цикла II больше КПД цикла I?

35.21. Тепловой цикл, производимый с одноатомным идеальным газом, состоит из двух изохор и двух изобар (рис. 139). Найдите максимальный КПД такого цикла.

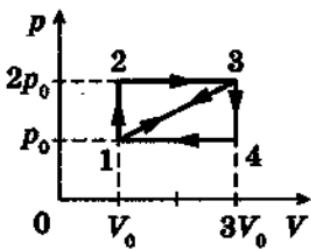


Рис. 138

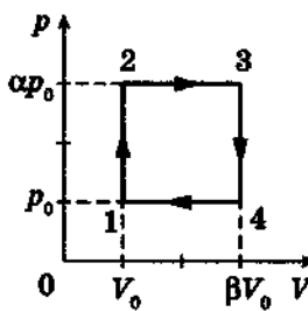


Рис. 139

36. Относительная влажность воздуха

Молярная масса пара (воды) 18 г/моль.

Первый уровень

36.1. Определите относительную влажность воздуха при 18 °С, если парциальное давление водяного пара 1,25 кПа, а давление насыщенного водяного пара при 18 °С составляет 2,07 кПа.

36.2. Какое значение имеет относительная влажность воздуха, если его абсолютная влажность 10,6 г/м³, а плотность насыщенного водяного пара при той же температуре составляет 16,3 г/м³?

36.3. Чему равно парциальное давление водяного пара в воздухе при 16 °С и влажности 70%? Давление насыщенного пара при 16 °С равно 1,81 кПа.

36.4. Найдите абсолютную влажность воздуха, если парциальное давление насыщенного пара 14 кПа, а температура 60 °С.

36.5. Относительная влажность воздуха при 25 °С составляет 50%. Плотность насыщенного пара при данной температуре 23 г/м³. Найдите абсолютную влажность воздуха.

Второй уровень

36.6. В комнате объемом 150 м³ при 25 °С содержится 2,07 кг водяного пара. Определите относительную влажность воздуха. Плотность насыщенного пара при 25 °С равна 23 г/м³.

36.7. Сколько молекул водяного пара содержится в комнате объемом 100 м³ при температуре 20 °С и относительной влажности 20%? Плотность насыщенного пара при 20 °С равна 17,3 г/м³.

36.8. Плотность паров воды в помещении при температуре 27 °С равна 10 г/м³. Определите относительную влажность в помещении, если давление насыщенных паров при 27 °С равно 3,55 кПа.

36.9. В комнате объемом 120 м³ при 15 °С относительная влажность воздуха 60%. Определите массу водяного пара в комнате, если давление насыщенного водяного пара при 15 °С равно 1705 Па.

36.10. Вечером температура воздуха была 16°C , относительная влажность 65% . Ночью температура воздуха понизилась до 4°C . Сколько водяного пара сконденсировалось из 4 м^3 воздуха? Плотность насыщенного пара при 16°C равна $13,6 \text{ г}/\text{м}^3$, при $4^{\circ}\text{C} - 6,4 \text{ г}/\text{м}^3$.

36.11. Определите, какая масса росы выпадет, если при 10°C изотермически сжать влажный воздух объемом 2 м^3 с относительной влажностью 60% , уменьшив его объем в 5 раз. Плотность насыщенного пара при 10°C равна $9,4 \text{ г}/\text{м}^3$.

36.12. В сосуде вместимостью 100 л при температуре 25°C находится воздух с относительной влажностью 30% . Какой будет относительная влажность воздуха в сосуде, если в него ввести воду массой 1 г ? Плотность насыщенного пара при 25°C равна $23 \text{ г}/\text{м}^3$.

36.13. Парциальное давление водяного пара в воздухе, заполняющем некоторый сосуд, при 80°C равно 4 кПа . Найдите относительную влажность воздуха после понижения температуры до 60°C . Давление насыщенного пара при 60°C равно 20 кПа .

36.14. В комнате объемом 150 м^3 поддерживается температура 293 К , а точка росы равна 283 К . Определите относительную влажность воздуха. Давление насыщенного пара при 293 К равно $2,33 \text{ кПа}$, при $283 \text{ К} - 1,23 \text{ кПа}$.

Третий уровень

36.15. Насыщенный водяной пар находится при температуре 100°C в цилиндрическом сосуде под невесомым поршнем. При медленном вдвигании поршня была совершена работа 120 Дж . Определите массу жидкости, которая сконденсировалась в этом процессе. Объемом жидкости пренебречь. Температура в процессе не изменяется.

36.16. В цилиндре под поршнем находится вода. На какую минимальную высоту надо поднять поршень, чтобы слой воды в цилиндре под поршнем полностью испарился? Процесс происходит при постоянной температуре 93°C . Толщина слоя воды $0,3 \text{ мм}$, плотность воды $1000 \text{ кг}/\text{м}^3$. Давление насыщенного пара при 93°C равно 90 кПа .

36.17. Одно и то же количество паров воды содержится при одной и той же температуре в воздухе, занимающем объемы 50 м^3 и 40 м^3 . Разность относительной влажности воздуха в этих объемах равна 10%. Плотность насыщенного пара при данной температуре $23 \text{ г}/\text{м}^3$. Найдите массу паров в каждом объеме.

36.18. В комнате объемом 50 м^3 относительная влажность 40%. Если испарить дополнительно 60 г воды, то относительная влажность воздуха станет 50%. Какой станет абсолютная влажность воздуха, если его температура оставалась неизменной?

36.19. Какую массу воды надо испарить в 5000 м^3 воздуха, относительная влажность которого 60% при 20°C , чтобы повысить его влажность до 70%? Давление насыщенного пара при 20°C равно 2,33 кПа.

36.20. Для повышения относительной влажности от 30% до 70% в помещении объемом 200 м^3 при температуре 300 К испарили 2,1 кг воды. Определите давление насыщенного пара при этой температуре.

36.21. В комнате объемом 168 м^3 относительная влажность воздуха 80%. Сколько граммов воды может испариться из открытого сосуда? Температура воздуха 20°C . Давление насыщенного пара при 20°C составляет 2,33 кПа.

36.22. В сосуде объемом 2 л находится воздух влажностью 40%, а в сосуде объемом 6 л – воздух влажностью 60%. Температура воздуха в обоих сосудах одинаковая. Сосуды соединили. Чему стала равна относительная влажность?

36.23. Какой будет относительная влажность в квартире, если открыть дверь между смежными комнатами площадью 10 м^2 и 15 м^2 , относительная влажность в которых 50% и 60%, а температура одинаковая?

36.24. В изолированную емкость, в которой относительная влажность 40%, ввели $2 \cdot 10^{-4} \text{ кг}$ воды. Вода полностью испарилаась, и пар стал насыщенным. Определите объем емкости, если плотность насыщенного пара $14,5 \text{ г}/\text{м}^3$.

36.25. В сосуде находится воздух, относительная влажность которого при 10°C равна 60%. Определите относительную влажность воздуха после уменьшения

его объема в 3 раза и нагревания до 20 °С. Плотность насыщенного пара при 10 °С равна 9,4 г/м³, при 20 °С – 17,3 г/м³.

36.26. В цилиндре под поршнем находится воздух с относительной влажностью 80% при температуре 27 °С. Объем воздуха 1,5 л. Какой станет влажность, если объем воздуха уменьшить до 0,37 л, а температуру повысить до 100 °С? Давление насыщенного пара при 27 °С равно 3,6 кПа, при 100 °С – 100 кПа.

36.27. Относительная влажность воздуха при 30 °С равна 80%. Какой будет относительная влажность, если этот воздух нагреть при постоянном объеме до 50 °С? Давление насыщенного пара при 30 °С равно 4200 Па, при 50 °С – 12 300 Па.

36.28. В закрытом сосуде под поршнем содержится воздух и 21 г воды в виде смеси жидкости и пара при одинаковой температуре. Объем сосуда увеличили в 7 раз, при этом испарились 12 г жидкости и вся вода перешла в парообразное состояние. Какой стала относительная влажность? Температура в процессе не изменилась.

Четвертый уровень

36.29. Воздух в комнате объемом 50 м³ имеет температуру 27 °С и относительную влажность 30%. Сколько времени должен работать увлажнитель воздуха, распыляющий воду с производительностью 2 кг/ч, чтобы влажность воздуха в комнате повысилась до 70%? Давление насыщенного пара при 27 °С равно 3565 Па.

36.30. Во сколько раз плотность сухого воздуха больше, чем плотность содержащегося в нем водяного пара, если относительная влажность воздуха 90%, атмосферное давление 100 кПа, давление насыщенного водяного пара при температуре воздуха 2,2 кПа? Молярная масса воздуха 29 г/моль.

36.31. Воздух, занимающий объем 1 м³, при относительной влажности 44%, температуре 293 К и давлении 101 кПа имеет массу 1,2 кг. Определите давление насыщенного водяного пара при этой температуре. Молярная масса воздуха 29 г/моль.

37. Смачивание. Поверхностное натяжение. Капиллярные явления

Первый уровень

37.1. На какую высоту поднимется вода по почвенно-му капилляру диаметром 75 мкм, если вода полностью смачивает почву? Коэффициент поверхностного натяжения воды 73 мН/м, плотность воды 10^3 кг/м³.

37.2. Чему равен коэффициент поверхностного натяжения спирта, если в капиллярной трубке диаметром 1 мм он поднялся на 11 мм? Плотность спирта 790 кг/м³.

37.3. Определите внутренний диаметр капиллярной трубки, если вода в ней поднимается над открытой поверхностью на 12 мм. Коэффициент поверхностного натяжения воды 73 мН/м, плотность воды 10^3 кг/м³.

Второй уровень

37.4. В капиллярной трубке, находящейся на поверхности Земли, вода поднялась на 24 мм. На какую высоту поднялась бы вода в этой же трубке на Луне, если ускорение свободного падения на поверхности Луны в 6 раз меньше, чем на поверхности Земли?

37.5. Во сколько раз высота подъема воды в стеблях риса со средним диаметром капилляров 0,02 мм больше, чем в почве с капиллярами диаметром 0,3 мм?

37.6. Во сколько раз высота подъема воды в капилляре больше, чем высота подъема керосина при прочих равных условиях? Коэффициент поверхностного натяжения воды 73 мН/м, керосина – 24 мН/м; плотность воды 10^3 кг/м³, плотность керосина 800 кг/м³.

37.7. Вода в капиллярной трубке поднялась на 28 мм. На сколько миллиметров опустится ртуть в той же трубке? Коэффициент поверхностного натяжения воды 73 мН/м, ртути – 490 мН/м; плотность воды 10^3 кг/м³, плотность ртути 13 600 кг/м³.

37.8. Сообщающиеся сосуды представляют собой капилляры диаметром 0,6 мм и 0,1 мм. Найдите разность уровней воды в капиллярах. Коэффициент поверхностного натяжения воды 73 мН/м, плотность воды 10^3 кг/м³.

37.9. Для определения коэффициента поверхностного натяжения воды в нее опустили две стеклянные трубки с радиусами внутреннего канала $0,25$ мм и $0,5$ мм. Вода поднялась в первой трубке на 30 мм выше, чем во второй. Вычислите коэффициент поверхностного натяжения воды. Плотность воды 1000 кг/м 3 .

37.10. Найдите массу воды, поднявшейся по капиллярной трубке диаметром $0,5$ мм. Коэффициент поверхностного натяжения воды 73 мН/м, плотность воды 10^3 кг/м 3 .

37.11. Чему равна избыточная потенциальная энергия мыльного пузыря диаметром 50 мм? Коэффициент поверхностного натяжения мыльного раствора 40 мН/м.

37.12. Рамка, охватывающая поверхность в 40 см 2 , затянута мыльной пленкой. Насколько уменьшится энергия пленки при сокращении ее площади в 2 раза? Коэффициент поверхностного натяжения мыльного раствора 40 мН/м.

Третий уровень

37.13. В двух капиллярных трубках разного диаметра, опущенных в воду, установилась разность уровней $2,6$ см. При опускании этих же трубок в спирт разность уровней – 1 см. Зная коэффициент поверхностного натяжения воды, равный 73 мН/м, найдите коэффициент поверхностного натяжения спирта. Плотность воды 1000 кг/м 3 , плотность спирта 900 кг/м 3 .

37.14. Длинную стеклянную капиллярную трубку, радиус канала которой 1 мм, закрыли снизу и заполнили водой. Затем трубку поставили вертикально и открыли ее нижний конец. Часть воды, находившейся в трубке, вылилась. Какова высота оставшегося в капилляре столба воды? Коэффициент поверхностного натяжения воды 73 мН/м, плотность воды 10^3 кг/м 3 .

37.15. В дне сосуда с ртутью имеется круглое отверстие диаметром 70 мкм. При какой максимальной высоте слоя ртути она еще не будет вытекать через отверстие? Плотность ртути $13\,600$ кг/м 3 , коэффициент поверхностного натяжения ртути $0,49$ Н/м.

37.16. Тонкое алюминиевое кольцо радиусом $7,8$ см соприкасается с мыльным раствором. Какую силу надо приложить, чтобы оторвать кольцо от раствора? Масса кольца 7 г, коэффициент поверхностного натяжения мыльного раствора 40 мН/м.

37.17. Кольцо с внутренним диаметром 25 мм и внешним диаметром 26 мм подвешено на пружине жесткостью 1 Н/м и соприкасается с поверхностью жидкости. При опускании поверхности жидкости кольцо оторвалось от нее в момент, когда пружина растянулась на 10 мм. Найдите коэффициент поверхностного натяжения жидкости. Масса кольца 470 мг.

37.18. По одну сторону от спички длиной l , плавающей на поверхности воды, налили мыльный раствор. С каким ускорением будет двигаться спичка, если ее масса m ? Коэффициенты поверхностного натяжения воды и мыльного раствора равны σ_1 и σ_2 соответственно. Сопротивлением воды пренебречь.

37.19. Керосин вытекает из отверстия трубы диаметром 1,8 мм. Сколько капель получится из 1 см³ керосина? Коэффициент поверхностного натяжения керосина 24 мН/м, плотность керосина 800 кг/м³.

37.20. С помощью пипетки отмерили 152 капли минерального масла. Масса капель оказалась равной 1,82 г. Найдите коэффициент поверхностного натяжения масла, если внутренний диаметр отверстия пипетки 1,2 мм.

37.21. Две длинные стеклянные пластины, параллельные друг другу, частично погружены в вертикальном положении в воду. Расстояние между пластинами 1 мм, ширина пластин 15 см. На какую высоту поднимется вода между пластинами? Коэффициент поверхностного натяжения воды 73 мН/м, плотность воды 10³ кг/м³.

Четвертый уровень

37.22. Оцените диаметр капель воды, вытекающей из трубы диаметром 2 мм. Коэффициент поверхностного натяжения воды 73 мН/м, плотность воды 10³ кг/м³.

37.23. Смачиваемый водой кубик массой 20 г плавает на поверхности воды. Длина ребра кубика 3 см. На каком расстоянии от поверхности воды находится верхняя грань кубика? Коэффициент поверхностного натяжения воды 73 мН/м, плотность воды 10³ кг/м³.

37.24. На поверхности воды плавают два одинаковых кубика с длиной ребра 1 см, изготовленные из смачиваемого водой материала. Один из кубиков натерли парафином. На сколько миллиметров смачиваемый водой

кубик больше погружен в воду, чем несмачиваемый? Коэффициент поверхностного натяжения воды 73 мН/м , плотность воды 10^3 кг/м^3 .

37.25. Мыльный пузырь надувают, изменяя его объем от 5 см^3 до 20 см^3 . Какая при этом совершается работа, если коэффициент поверхностного натяжения раствора 50 мН/м ?

37.26. Какую работу против сил поверхностного натяжения надо совершить, чтобы разбить сферическую каплю ртути радиусом 3 мм на две одинаковые капли? Коэффициент поверхностного натяжения ртути $0,49 \text{ Н/м}$.

37.27. Определите энергию, освобождающуюся при слиянии мелких капель воды радиусом $2 \cdot 10^{-3} \text{ мм}$ в одну большую каплю радиусом 2 мм . Считать, что при слиянии мелких капель температура не изменяется. Коэффициент поверхностного натяжения воды 73 мН/м .

37.28. В городе площадью 400 км^2 во время ливневого дождя выпало 20 мм воды. Определите энергию тепловыделения от слияния капель во время дождя, если капли, достигшие поверхности Земли, имели диаметр 3 мм , а образовывались из мелких капель диаметром $3 \cdot 10^{-3} \text{ мм}$. Коэффициент поверхностного натяжения воды 73 мН/м .

37.29. При поднятии смачивающей жидкости, плотность которой равна ρ , в капиллярной трубке выделилась теплота в количестве Q . Чему равен коэффициент поверхностного натяжения жидкости?

37.30. В жидкость на небольшом расстоянии d друг от друга опущены две параллельные вертикальные смачиваемые пластины. Определите давление под искривленной цилиндрической поверхностью, если коэффициент поверхностного натяжения жидкости σ , атмосферное давление p_0 .

38. Механические свойства твердых тел

Первый уровень

38.1. Определите относительное удлинение стержня длиной 5 м , если под действием груза он растянулся так, что его абсолютное удлинение составило $1,25 \text{ мм}$.

38.2. Под действием некоторой силы длина стержня изменилась от 80 см до $80,2 \text{ см}$. Определите абсолютное и относительное удлинение.

38.3. Медная проволока площадью сечения 2 мм^2 разорвалась под действием силы 440 Н. Каков предел прочности меди?

38.4. При какой наибольшей площади поперечного сечения стальная проволока разорвется под действием силы 9 кН? Предел прочности стали $4 \cdot 10^8 \text{ Па}$.

38.5. Определите относительное укорочение при сжатии бетона, если нормальное механическое напряжение $8 \cdot 10^6 \text{ Па}$. Модуль Юнга бетона 40 ГПа.

Второй уровень

38.6. Под действием какой силы, направленной вдоль оси стержня, в нем возникнет механическое напряжение $15 \cdot 10^7 \text{ Н/м}^2$? Диаметр стержня 0,4 см.

38.7. Какую силу надо приложить к стальной проволоке длиной 2 м для растяжения ее на 1 мм? Площадь сечения проволоки $0,5 \text{ мм}^2$. Модуль Юнга стали $2,2 \cdot 10^{11} \text{ Н/м}^2$.

38.8. Сечение какой площади должен иметь медный стержень длиной 5 м, чтобы при нагрузке 480 Н он удлинился не более чем на 1 мм? Модуль Юнга меди $1,2 \cdot 10^{11} \text{ Па}$.

38.9. К стальному стержню сечением 1 см^2 подведен груз массой 2 т. Каково относительное удлинение стержня? Модуль Юнга для стали $2,2 \cdot 10^{11} \text{ Н/м}^2$. Массой стержня пренебречь.

38.10. Определите механическое напряжение у основания свободно стоящей мраморной колонны высотой 10 м. Плотность мрамора 2700 кг/м^3 .

38.11. Какое удлинение получит стальная проволока длиной 1,8 м и диаметром 0,5 мм под действием груза в 15 Н? Модуль Юнга $2,2 \cdot 10^{11} \text{ Па}$. Массой проволоки пренебречь.

38.12. К стальному стержню сечением 2 см^2 подведен груз массой 5 т. Каким запасом прочности обладает стержень, если его предел прочности $12,5 \cdot 10^8 \text{ Н/м}^2$? Массой стержня пренебречь.

38.13. Какую силу надо приложить к стальному тросу диаметром 1 см, чтобы обеспечить пятикратный запас прочности? Предел прочности стали $4 \cdot 10^8 \text{ Па}$.

Третий уровень

38.14. При какой наименьшей длине стальная проволока оборвется от собственной силы тяжести, если разрыв произойдет вблизи точки подвеса? Предел прочности стали 500 МПа, плотность стали $7800 \text{ кг}/\text{м}^3$.

38.15. Какой диаметр должен иметь стальной трос подъемного крана, если максимальная масса поднимаемого груза равна 10 т? Предел прочности стальной проволоки $8,5 \cdot 10^8 \text{ Па}$, запас прочности равен 6. Массой троса пренебречь.

38.16. Найдите максимальное значение высоты здания из кирпича, если предел прочности кирпича на сжатие $1,5 \cdot 10^7 \text{ Па}$, плотность кирпича $1800 \text{ кг}/\text{м}^3$, а необходимый запас прочности равен 6.

38.17. Из скольких стальных проволок диаметром 2 мм должен состоять трос, рассчитанный на подъем груза в 2 т, если запас прочности троса равен 3? Предел прочности стали 500 МПа. Массой троса пренебречь.

38.18. Для подъема черпака с углем весом 100 кН служит трос, свитый из 200 железных проволок. Каков диаметр каждой проволоки, если коэффициент запаса прочности равен 5? Предел прочности железа 350 МПа. Массой троса пренебречь.

Четвертый уровень

38.19. Из резинового шнуря длиной 42 см и радиусом 3 мм сделана рогатка. Мальчик, стреляя из рогатки, растянул резиновый шнур на 20 см. Найдите модель Юнга для резины, если известно, что камень массой 20 г,пущенный из этой рогатки, полетел со скоростью 20 м/с. Изменением сечения при растяжении пренебречь.

38.20. Стальная проволока длиной 1 м закреплена одним концом так, что может совершать колебания в вертикальной плоскости. К свободному концу проволоки прикрепили груз массой 50 кг. Проволоку с грузом отклонили на высоту подвеса и отпустили. Определите абсолютное удлинение проволоки в нижней точке траектории при движении груза. Площадь сечения проволоки $0,8 \text{ мм}^2$, массой проволоки пренебречь. Модуль Юнга стали $2,3 \cdot 10^{11} \text{ Па}$.

38.21. Медный стержень длиной 1 м равномерно вращается вокруг вертикальной оси, проходящей через его конец. При какой угловой скорости вращения стержень разорвется? Плотность меди $8900 \text{ кг}/\text{м}^3$. Предел прочности меди 235 МПа.

Раздел 3. ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

39. Напряженность электрического поля

Первый уровень

39.1. На заряд $2 \cdot 10^{-7} \text{ Кл}$ в некоторой точке электрического поля действует сила 15 мН. Определите напряженность поля в этой точке.

39.2. Напряженность поля в некоторой точке $0,4 \cdot 10^3 \text{ Н}/\text{Кл}$. Найдите величину силы, с которой поле в этой точке будет действовать на заряд $4,5 \text{ мККл}$.

39.3. Определите величину заряда, если известно, что в электрическом поле напряженностью $5 \text{ кВ}/\text{м}$ на заряд действует сила 30 Н.

39.4. Найдите напряженность электрического поля, создаваемого точечным зарядом 36 мККл , на расстоянии 6 м от него.

39.5. Чему равна величина точечного заряда, образующего поле в вакууме, если на расстоянии 9 см от него напряженность составляет $4 \cdot 10^5 \text{ Н}/\text{Кл}$?

39.6. На каком расстоянии от точечного заряда величиной 10^{-8} Кл , находящегося в воздухе, напряженность электрического поля окажется равной $10^{-9} \text{ Н}/\text{Кл}$?

Второй уровень

39.7. На точечный заряд величиной $1,5 \text{ мККл}$, помещенный в некоторую точку электрического поля, действует сила 3 мН. Какая сила будет действовать на заряд 2 мККл , помещенный в эту же точку вместо первого?

39.8. Напряженность поля, создаваемого небольшим зарядом на расстоянии 10 см от него, равна $800 \text{ Н}/\text{Кл}$. Найдите напряженность поля в точке на расстоянии 20 см от заряда.

39.9. Напряженность поля, создаваемого точечным электрическим зарядом, равна 10 Н/Кл на расстоянии 1 м от заряда. На каком расстоянии от заряда напряженность электрического поля равна 1 кН/Кл ?

39.10. Поверхность Земли обладает избыточным отрицательным зарядом, так что вблизи нее возникает электрическое поле напряженностью 130 Н/Кл . Какой заряд необходимо сообщить шарику массой $0,3 \text{ г}$, чтобы он находился в равновесии?

39.11. В однородном электрическом поле электрон движется с ускорением $3,2 \cdot 10^{18} \text{ м/с}^2$. Определите напряженность поля, если масса электрона $9,3 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$, модуль заряда $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$.

39.12. Два заряда 10 мКл и 6 мКл находятся на расстоянии 2 м . Найдите модуль напряженности электрического поля в середине отрезка, соединяющего эти заряды.

39.13. Между двумя точечными зарядами $+4 \text{ нКл}$ и -5 нКл расстояние $0,6 \text{ м}$. Чему будет равна напряженность поля в средней точке между зарядами?

39.14. Найдите расстояние между зарядами $+8 \text{ мКл}$ и -3 мКл , если известно, что в середине отрезка, соединяющего заряды, величина напряженности электрического поля составляет $5,5 \text{ кН/Кл}$.

39.15. Два точечных заряда $+5q$ и $-2q$ находятся на расстоянии 10 см друг от друга. В какой точке прямой, проходящей через эти заряды, напряженность электрического поля равна нулю?

Третий уровень

39.16. При внесении шарика с зарядом $5 \cdot 10^{-7} \text{ Кл}$ и массой $0,4 \text{ г}$, подвешенного на изолирующей нити, в однородное электрическое поле, силовые линии которого горизонтальны, нить образовала с вертикалью угол 45° . Определите напряженность электрического поля.

39.17. Найдите величину напряженности электрического поля в вершине квадрата со стороной 3 м , если в три остальные вершины помещены точечные заряды по 2 нКл .

39.18. В вершинах квадрата со стороной $0,1 \text{ м}$ последовательно расположены точечные заряды: q , $2q$, $3q$,

4q. Определите величину напряженности электрического поля в центре квадрата, если $q = 3 \text{ нКл}$.

39.19. В вершинах ромба с диагоналями 10 см и 20 см расположены точечные заряды q и $2q$ на концах короткой диагонали и $2q$ и $4q$ на концах длинной диагонали. Чему равна величина напряженности электрического поля в точке пересечения диагоналей ромба, если $q = 1 \text{ нКл}$?

39.20. В вершинах острых углов прямоугольного треугольника расположены точечные заряды $+2 \text{ нКл}$ и -2 нКл . Найдите величину напряженности электрического поля в вершине прямого угла. Длины катетов равны 3 см и 4 см.

39.21. Положительный точечный заряд находится в вершине прямого угла треугольника. В двух других вершинах треугольника величины напряженности поля 9 Н/Кл и 1 Н/Кл . Определите величину напряженности поля в середине гипотенузы треугольника.

39.22. В вершинах равностороннего треугольника находятся точечные заряды: q , q и $-q$ (рис. 140). Напряженность электрического поля в точке A , расположенной в середине стороны, соединяющей положительные заряды, равна 300 Н/Кл . Определите величину силы, действующей на каждый положительный заряд, если $q = 4 \text{ нКл}$.

39.23. В вершинах квадрата со стороной $a = 10 \text{ см}$ расположены одинаковые положительные точечные заряды (рис. 141). Чему равна напряженность в точке A , если эта точка расположена в середине стороны квадрата? Величина заряда $q = 5 \text{ нКл}$.

39.24. Две металлические концентрические сферы, радиусы которых 5 см и 10 см, имеют заряды $+2 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$ и -10^{-8} Кл соответственно. Найдите напряженность поля,

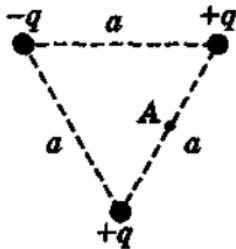


Рис. 140

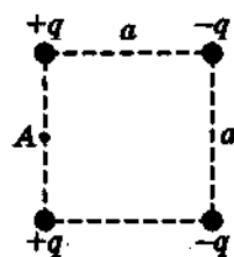


Рис. 141

созданного этими сферами, в точках, отстоящих от центров сфер на расстояниях 3 см, 8 см и 14 см.

39.25. На сколько увеличится скорость протона, который движется в однородном электрическом поле напряженностью 20 кН/м вдоль силовой линии, за 2 мкс? Масса протона $1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$, заряд протона $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$.

39.26. Небольшой шарик подвешен на упругой пружине в однородном электрическом поле напряженностью 50 кН/Кл . После того как шарику сообщили заряд 4 мкКл , пружина сжалась и ее длина уменьшилась на 5 мм. Какова жесткость пружины, если линии напряженности электрического поля направлены вертикально вверх?

39.27. Электрическое поле Земли вблизи ее поверхности однородно и характеризуется вектором напряженности, направленным вертикально вниз и равным 130 Н/Кл . Отрицательно заряженной частице сообщили начальную скорость 5 м/с , направленную вверх. Через какое время величина ее скорости будет равна начальной? Удельный заряд частицы $\frac{1}{26} \text{ Кл/кг}$.

Четвертый уровень

39.28. Медный шар радиусом 1 см помещен в масло. Чему равен заряд шара, если в однородном магнитном поле напряженностью $36 \cdot 10^3 \text{ Н/Кл}$ шар оказался в равновесии? Линии напряженности электрического поля направлены вверх. Плотность меди 8900 кг/м^3 , плотность масла 900 кг/м^3 .

39.29. Между двумя плоскими разноименно заряженными пластинами влетает электрон со скоростью $3 \cdot 10^6 \text{ м/с}$, направленной параллельно пластинам. На какое расстояние от своего первоначального направления сместится электрон за время пролета пластин, если их длина 5 см, а напряженность поля между пластинами 10 Н/Кл ? Масса электрона $9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$, модуль заряда $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$.

39.30. Капля росы в виде шара получилась в результате слияния 216 одинаковых заряженных капелек тумана. Во сколько раз напряженность поля на поверхности капли росы больше напряженности поля на поверхности капли тумана?

39.31. Три одинаковых положительных заряда 2 нКл расположены в вершинах равностороннего треугольника. Сторона треугольника 30 см. Найдите напряженность электрического поля в вершине правильного тетраэдра, построенного на этом треугольнике.

39.32. Тонкое проволочное кольцо радиусом 10 см равномерно заряжено, причем его общий заряд равен 5 нКл. Определите напряженность электрического поля на оси кольца на расстоянии 10 см от центра.

40. Закон Кулона

Первый уровень

40.1. Найдите силу взаимодействия двух одинаковых маленьких шариков, имеющих заряды +6 нКл и -5 нКл. Шарики расположены в вакууме на расстоянии 2 см друг от друга.

40.2. С какой силой взаимодействуют два заряда 6,6 мКл и 11 мКл в воде на расстоянии 3,3 см, если диэлектрическая проницаемость воды равна 81?

40.3. Точечный заряд в 1 мКл в вакууме взаимодействует со вторым зарядом, находящимся на расстоянии 10 см, с силой 3,6 Н. Какова величина второго заряда?

40.4. Два одинаковых точечных заряда взаимодействуют в вакууме с силой 0,1 Н. Расстояние между зарядами 6 см. Найдите величины этих зарядов.

40.5. На каком расстоянии в воздухе два точечных заряда 2 нКл и 5 нКл будут взаимодействовать друг с другом с силой 9 мН?

40.6. Два заряда, один из которых в 3 раза больше другого, находясь в вакууме на расстоянии 30 см, взаимодействуют с силой 30 Н. Определите величины этих зарядов.

Второй уровень

40.7. Две отрицательно заряженных пылинки находятся в вакууме на расстоянии 2 мм друг от друга и отталкиваются с силой $9 \cdot 10^{-5}$ Н. Считая заряды пылинок одинаковыми, найдите число избыточных электронов

на каждой пылинке. Заряд электрона численно равен $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

40.8. Определите диэлектрическую проницаемость трансформаторного масла, если два одинаковых заряда в вакууме на расстоянии 20 см взаимодействуют с той же силой, что и в масле на расстоянии 14 см.

40.9. Два заряженных тела взаимодействуют с силой 500 мН. С какой силой они будут взаимодействовать друг с другом, если расстояние между ними уменьшить в 8 раз?

40.10. Какую массу должен иметь каждый из двух шариков с зарядом $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл, чтобы кулоновская сила отталкивания уравновешивалась гравитационной силой притяжения?

40.11. Два одинаковых маленьких шарика, имеющие заряды $+8 \text{ мКл}$ и -2 мКл , приведены в соприкосновение и затем раздвинуты на 0,3 м. Определите силу взаимодействия шариков, если они расположены в воздухе.

40.12. Определите величину силы, которая действует на неподвижный точечный заряд $2q$ со стороны зарядов q и $3q$ (рис. 142), если $q = 1 \text{ нКл}$, а $r = 1 \text{ м}$.

40.13. Точечные заряды $0,9 \cdot 10^{-8}$ Кл, 10^{-8} Кл и $6,4 \cdot 10^{-8}$ Кл расположены на одной прямой, при этом расстояние между первым и вторым зарядами 3 мм, а между вторым и третьим 4 мм. Найдите величину и направление результирующей силы, с которой первый и третий заряды действуют на второй заряд.

40.14. Два точечных заряда $-1 \cdot 10^{-8}$ Кл и $+1,5 \cdot 10^{-8}$ Кл расположены на расстоянии 10 см друг от друга. Найдите силу, действующую на третий заряд, равный $0,1 \cdot 10^{-8}$ Кл и помещенный на продолжении прямой, соединяющей заряды, на расстоянии 2 см от второго заряда.

40.15. Три точечных заряда q , q , $-q$ расположены вдоль одной прямой. Расстояние между соседними зарядами одинаковое. Крайние заряды q и $-q$ взаимодействуют между собой с силой 10 Н. Найдите результирующую силу, действующую на средний заряд со стороны крайних.

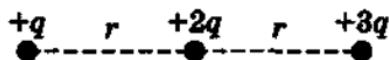


Рис. 142

40.16. Два одинаковых маленьких металлических шарика находятся на расстоянии 1 м друг от друга. Заряд одного шарика в 4 раза больше другого. Шарики привели в соприкосновение и развели на некоторое расстояние. Найдите это расстояние, если сила взаимодействия шариков осталась прежней.

40.17. Каждый из двух маленьких шариков положительно заряжен так, что их общий заряд равен $5 \cdot 10^{-5}$ Кл. Определите заряды обоих шариков, если они, находясь на расстоянии 2 м, отталкиваются с силой 1 Н.

Третий уровень

40.18. Четыре одинаковых по модулю точечных заряда величиной $q = 20$ нКл, два из которых положительные, а два отрицательные, расположены в вершинах квадрата со стороной $a = 20$ см так, как показано на рис. 143. Найдите силу, действующую на помещенный в центр квадрата положительный точечный заряд $q_0 = 20$ нКл.

40.19. Четыре одинаковых точечных заряда, по $q = 10$ нКл каждый, расположены в вершинах квадрата со стороной $a = 3$ мм (рис. 144). Найдите силу, действующую со стороны трех зарядов на четвертый.

40.20. Три непроводящие нити одинаковой длины с одинаковыми точечными зарядами $q = 1$ мКл на концах соединили свободными концами и поместили на гладкий непроводящий горизонтальный стол (рис. 145). Расстояние между соседними зарядами оказалось равным $l = 10$ см. Определите величину силы натяжения каждой нити.

40.21. В вершинах правильного шестиугольника со стороной 0,1 м помещены друг за другом заряды $q, q, q, -q, -q, -q$ (рис. 146). Найдите величину силы,

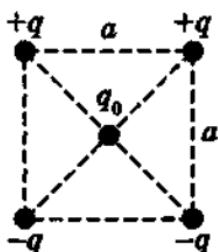


Рис. 143

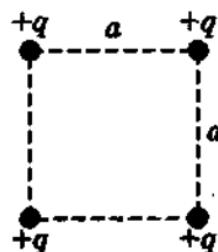


Рис. 144

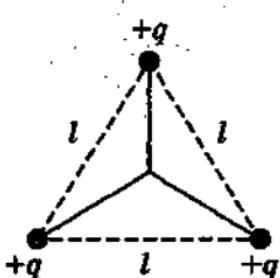


Рис. 145

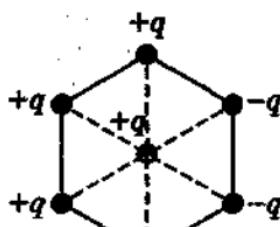


Рис. 146

действующей на заряд q , который находится в центре шестиугольника. Величина заряда $q = 1 \text{ мКл}$, заряды находятся в воздухе.

40.22. Два одинаковых маленьких шарика подвешены в одной точке на нитях одинаковой длины 30 см. После сообщения каждому шарику заряда 10^{-6} Кл они разошлись на расстояние, равное длине нитей. Определите массу каждого шарика.

40.23. Два одинаково заряженных маленьких шарика массой 0,9 г каждый, подвешенные к одной точке на легких нитях одинаковой длины 1 м, разошлись так, что угол между ними стал прямым. Найдите заряд каждого шарика.

40.24. Шарик массой 4 г, несущий заряд $q_1 = 278 \text{ нКл}$, подвешен на нити. При приближении к нему заряда $-q_2$ (противоположного знака) нить отклонилась на угол $\alpha = 45^\circ$ от вертикали (рис. 147). Найдите модуль второго заряда, если заряды расположены на расстоянии 6 см.

40.25. Шарик массой 90 мг подвешен на непроводящей нити и имеет заряд 10 нКл. После того как под шарик на расстоянии 10 см от него поместили точечный заряд другого знака, натяжение нити увеличилось вдвое. Найдите величину этого заряда.

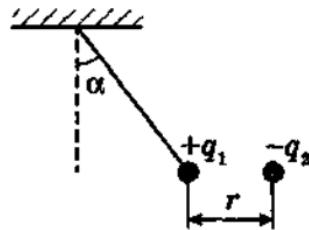


Рис. 147

40.26. Два одинаковых точечных заряда по 2 мкКл находятся в вакууме на расстоянии $0,15 \text{ м}$ друг от друга. Какова результирующая сила, с которой они действуют на заряд 6 мкКл , находящийся на таком же расстоянии от каждого из них?

40.27. Три маленьких шарика массой $0,1 \text{ г}$ каждый с одинаковыми зарядами $0,1 \text{ мкКл}$ удерживаются в воздухе в вершинах правильного треугольника со стороной 30 см . Определите величину ускорения любого из шариков сразу после того, как их отпустят.

40.28. Четыре одинаковых заряженных шарика находятся на гладкой горизонтальной поверхности и соединены тонкими непроводящими нитями так, что внатянутом состоянии нити образуют квадрат со стороной 5 см . Найдите силу натяжения каждой из нитей, если заряд каждого шарика равен 10^{-7} Кл .

Четвертый уровень

40.29. Небольшой грузик, имеющий массу m и заряд q , вращается на непроводящей нити длиной l . Определите период обращения грузика, если такой же неподвижный точечный заряд находится в центре окружности, описываемой грузом (рис. 148). Угол отклонения нити от вертикали α .

40.30. К шелковым нитям длиной $0,2 \text{ м}$, точки подвеса которых находятся на расстоянии $0,1 \text{ м}$ друг от друга, подвешены два маленьких шарика массой 50 г каждый. При сообщении им одинаковых по величине, но противоположных по знаку зарядов шарики сблизились до расстояния 2 см . Вычислите величину зарядов, сообщенных шарикам.

40.31. Два одинаково заряженных шарика, подвешенные на нитях равной длины, разошлись в воздухе

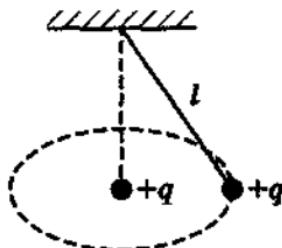


Рис. 148

на некоторый угол. Чему равна плотность материала шариков, если после погружения их в керосин угол между ними не изменился? Диэлектрическая проницаемость керосина 2, плотность керосина $800 \text{ кг}/\text{м}^3$.

40.32. Четыре одинаково заряженных шарика массой $1,9 \cdot 10^{-2} \text{ кг}$ каждый подвешены в одной точке на изолированных нитях одинаковой длины. Заряд каждого шарика 10^{-6} Кл . В результате взаимодействия шарики расположились в вершинах квадрата со стороной 0,3 м. Определите угол отклонения каждой нити от вертикали.

40.33. В вершинах куба со стороной 3 см закреплены одинаковые положительные заряды по 2 нКл. Определите силу, действующую на положительный заряд 5 нКл, помещенный в центр верхней грани.

41. Потенциал. Разность потенциалов

Первый уровень

41.1. Работа по переносу заряда $2 \cdot 10^{-7} \text{ Кл}$ из бесконечности в некоторую точку электрического поля равна $8 \cdot 10^{-4} \text{ Дж}$. Найдите потенциал электрического поля в этой точке.

41.2. Определите работу поля по перемещению заряда 6 мкКл из точки с потенциалом 20 В в другую точку с потенциалом 12 В.

41.3. Металлический шар радиусом 18 см заряжен до потенциала 40 В. Чему равен заряд шара?

41.4. Определите кинетическую энергию заряда 2 мкКл, который из состояния покоя прошел разность потенциалов 500 В.

Второй уровень

41.5. Заряды 10 мкКл и 1 мкКл находятся на расстоянии 10 см друг от друга. Какова потенциальная энергия этой системы?

41.6. Два точечных заряда 10 мкКл и 6 мкКл находятся в воздухе на расстоянии 20 см один от другого. Найдите потенциал в точке, находящейся посередине между этими зарядами.

41.7. В двух противоположных вершинах квадрата со стороной 0,3 м находятся одинаковые положительные заряды. Определите значение этих зарядов, если в двух других противоположных вершинах квадрата они создают потенциал 12 кВ.

41.8. Два точечных заряда 1,5 нКл и -2 нКл расположены на расстоянии 5 см друг от друга. Найдите потенциал поля этих зарядов в точке, удаленной на 3 см от первого заряда и на 4 см от второго.

41.9. В вершинах квадрата расположены точечные заряды: +1 нКл, -2 нКл, +3 нКл, -4 нКл. Чему равен потенциал электрического поля в центре квадрата, если его диагональ равна 20 см?

41.10. Расстояние между точечными зарядами 10 нКл и -1 нКл равно 1,1 м. Найдите расстояние между первым зарядом и точкой, расположенной на линии, соединяющей заряды, в которой потенциал равен нулю.

41.11. До какого потенциала можно зарядить находящийся в воздухе металлический шар радиусом 10 см, если электрический пробой в воздухе происходит при напряженности электрического поля $3 \cdot 10^6$ В/м?

41.12. В первой точке электрического поля, созданного точечным положительным зарядом, потенциал электрического поля в 3 раза больше, чем во второй. Во сколько раз модуль напряженности электрического поля в первой точке больше, чем во второй?

41.13. Проводящий шар диаметром 30 см получил заряд $9 \cdot 10^{-8}$ Кл. Определите потенциал шара на расстоянии 15 см от его поверхности в воздухе.

41.14. Найдите потенциал проводящего шара радиусом 0,1 м, если на расстоянии 10 м от его поверхности потенциал равен 20 В.

41.15. Электрическое поле создано точечным зарядом 10 мКл. Какую работу совершают силы электрического поля, перемещая заряд 0,2 мКл из точки, находящейся от заряда, создающего поле, на расстоянии 15 см, в точку, находящуюся от него на расстоянии 25 см?

41.16. Две параллельные пластины, находящиеся на расстоянии 10 см друг от друга, заряжены до разности потенциалов 1 кВ. Какая сила будет действовать на заряд

100 мКл, помещенный между пластинами, со стороны электрического поля?

41.17. Электроны, испускаемые катодом электронной лампы, достигают анода со скоростью $4 \cdot 10^6$ м/с. Определите напряжение между анодом и катодом. Начальная скорость электрона мала. Масса электрона $9,1 \cdot 10^{-31}$ кг, заряд электрона $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

41.18. Альфа-частица при распаде ядра атома радия движется со скоростью $2 \cdot 10^7$ м/с и попадает в однородное электрическое поле, силовые линии которого направлены противоположно вектору скорости частицы. Какой должна быть величина напряженности электрического поля, чтобы частица остановилась, пройдя расстояние 2 м? Масса альфа-частицы $6,6 \cdot 10^{-27}$ кг, заряд альфа-частицы $3,2 \cdot 10^{-19}$ Кл.

41.19. Определите разность потенциалов точек начала и конца пути электрона, на котором скорость его увеличилась от $2 \cdot 10^5$ м/с до $4 \cdot 10^6$ м/с. Масса электрона $9,1 \cdot 10^{-31}$ кг, заряд электрона $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

41.20. Какую скорость приобретет электрон под действием сил электрического поля, перемещаясь между точками с разностью потенциалов 10 кВ? Масса электрона $9,1 \cdot 10^{-31}$ кг, заряд электрона $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

41.21. Какую работу надо совершить, чтобы два точечных заряда 2 мКл и 3 мКл, находящиеся в воздухе на расстоянии 60 см друг от друга, сблизились до расстояния 30 см?

41.22. Найдите разность потенциалов двух больших параллельных пластин, несущих заряды одного знака, если одна из них имеет поверхностную плотность заряда $1,77 \cdot 10^{-8}$ Кл/м², а другая – в 2 раза большую. Расстояние между пластинами 1 см.

Третий уровень

41.23. На одной из двух параллельных друг другу пластин поместили заряд $q = 12$ пКл, а на другой пластины – в 4 раза больший. Определите разность потенциалов между пластинами, если площадь каждой пластины 200 см², а расстояние между ними 6 см.

41.24. Частица массой 10 мг, несущая заряд 2 нКл, движется издалека в сторону тяжелого однородно за-

ряженного шара радиусом 10 см. Какую минимальную скорость должна иметь частица на большом расстоянии от шара, чтобы долететь до его поверхности, если заряд шара равен 1 мКл?

41.25. За какое время пролетит электрон в однородном электрическом поле напряженностью 91 В/м расстояние 0,5 см, если его начальная скорость равна нулю? Масса электрона $9,1 \cdot 10^{-31}$ кг, модуль заряда $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

41.26. Между горизонтально расположенными металлическими пластинами покоится капелька масла, заряд которой $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл. На пластины подается разность потенциалов 500 В, расстояние между ними 0,5 см. Найдите радиус капли, если плотность масла $900 \text{ кг}/\text{м}^3$.

41.27. Между двумя горизонтально расположенными плоскими металлическими пластинами на расстоянии 10 см от нижней пластины висит заряженный шарик. Разность потенциалов между пластинами 400 В. Через какое время шарик упадет на нижнюю пластину, если разность потенциалов мгновенно уменьшить до 200 В?

41.28. Между двумя вертикальными пластинами, находящимися на расстоянии 1 см друг от друга, висит заряженный шарик массой 0,1 г. После того как на пластины была подана разность потенциалов 1 кВ, нить с шариком отклонилась на угол 30° . Найдите заряд шарика.

41.29. На концах диэлектрической палочки длиной 0,5 см прикреплены два маленьких шарика, несущие два точечных заряда $+10 \text{ нКл}$ и -10 нКл . Палочка находится между плоскими горизонтально расположенными металлическими пластинами, расстояние между которыми 10 см. При какой минимальной разности потенциалов между пластинами палочка разорвется, если она выдерживает силу растяжения 0,01 Н? Массами шариков и палочки преиобречь.

41.30. Положительно заряженная пылинка массой 10^{-8} г находится в равновесии между плоскими металлическими пластинами, расположенными горизонтально. Расстояние между пластинами 5 см, разность потенциалов 6 кВ. На сколько надо увеличить разность потенциалов, чтобы пылинка осталась в равновесии, если ее заряд уменьшился на $1,6 \cdot 10^{-16}$ Кл?

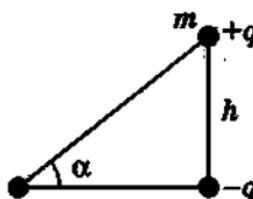


Рис. 149

Четвертый уровень

41.31. Десять заряженных водяных капель радиусом 1 мм и зарядом $2 \cdot 10^{-10}$ Кл каждая сливаются в одну каплю. Определите потенциал большой капли.

41.32. Сто маленьких проводящих сферических капелек с потенциалом 3 В каждая при слиянии образуют одну каплю той же формы. Каков ее потенциал?

41.33. С высоты h гладкой наклонной плоскости с углом наклона α соскальзывает тело массой m и зарядом q (рис. 149). В вершине прямого угла закреплен заряд $-q$. Какую скорость будет иметь тело внизу наклонной плоскости?

41.34. Поток электронов, пройдя ускоряющую разность потенциалов 5 кВ, влетает в середину между двумя плоскими металлическими пластинами, параллельно им. Какое минимальное напряжение нужно приложить к пластинам, чтобы электроны не вылетели из них? Длина пластин 5 см, расстояние между ними 1 см.

41.35. Заряженная капелька, несущая на себе заряд трех электронов, уравновешена электрическим полем посередине между разноименно заряженными плоскими горизонтальными пластинами, отстоящими друг от друга на расстоянии 4 мм. Пластины подключены к источнику постоянного напряжения. Не отключая пластины от источника напряжения, верхнюю пластину опускают на 1 мм. Через какое время капля столкнется с пластиной?

42. Электроемкость. Конденсаторы. Соединение конденсаторов

Первый уровень

42.1. При сообщении металлическому шару, находящемуся в воздухе, заряда $2 \cdot 10^{-7}$ Кл его потенциал оказался равным 18 кВ. Определите электроемкость шара.

42.2. До какого потенциала зарядится металлический шарик емкостью $4,5 \text{ пФ}$, получивший заряд $0,18 \text{ мКл}$, если шарик находится в воздухе?

42.3. Конденсатор емкостью $0,25 \text{ мКФ}$ зарядили до разности потенциалов 100 В . Определите заряд конденсатора.

42.4. Площадь каждой пластины плоского конденсатора 1 м^2 , расстояние между пластинами $1,5 \text{ мм}$. Найдите емкость конденсатора, если между пластинами находится диэлектрик с диэлектрической проницаемостью, равной 6.

42.5. Конденсатор образован двумя квадратичными пластинами, отстоящими друг от друга в вакууме на расстоянии $0,88 \text{ мм}$. Чему равна сторона квадрата, если емкость конденсатора 1 пФ ?

42.6. Емкость плоского воздушного конденсатора 1 мКФ . Какой станет емкость конденсатора, если пространство между пластинами заполнить парафином с диэлектрической проницаемостью 2?

42.7. Во сколько раз увеличится емкость плоского конденсатора, если площадь пластин увеличить в 3 раза, а расстояние между ними уменьшить в 2 раза?

Второй уровень

42.8. Напряжение на конденсаторе емкостью 2 мКФ понизилось на 4 В . Насколько уменьшился заряд конденсатора?

42.9. Какой заряд имеют обкладки воздушного конденсатора площадью 200 см^2 каждая, если расстояние между обкладками $0,1 \text{ см}$, а разность потенциалов 600 В ?

42.10. Разность потенциалов между пластинами конденсатора 90 В . Площадь каждой пластины 60 см^2 , заряд 10^{-9} Кл . На каком расстоянии находятся пластины, если пространство между ними заполнено воздухом?

42.11. Величина напряженности электрического поля в плоском воздушном конденсаторе 56 В/м , разность потенциалов между пластинами 280 В , площадь каждой пластины 10^{-2} м^2 . Какова емкость конденсатора?

42.12. Воздушный шар диаметром 20 м при трении о воздух зарядился до потенциала 300 кВ . С какой силой действует на шар электрическое поле Земли, если напряженность электрического поля 100 В/м ?

42.13. Плоский воздушный конденсатор электроемкостью 100 пФ имеет заряд 0,1 мКл. Расстояние между пластинами 2 мм. Определите напряженность электрического поля между его пластинами.

42.14. Плоский воздушный конденсатор присоединен к источнику с напряжением 200 В. На сколько уменьшится напряженность электрического поля в конденсаторе, если расстояние между пластинами увеличить от 1 см до 2 см?

42.15. Плоскому воздушному конденсатору с площадью пластин 500 см^2 сообщили заряд 2 мКл. Определите напряженность электрического поля между пластинами.

42.16. Расстояние между пластинами плоского конденсатора 2 см. Пластины заряжены до разности потенциалов 100 В. Чему будет равна разность потенциалов между пластинами, если, не изменяя заряда, расстояние между ними увеличить до 8 см?

42.17. Найдите емкости приведенных на рис. 150 систем конденсаторов. Емкости всех конденсаторов одинаковы и равны 1 мКФ.

42.18. Во сколько раз увеличится емкость системы, состоящей из двух параллельно соединенных одинаковых воздушных конденсаторов, если один из них заполнить диэлектриком с диэлектрической проницаемостью 5?

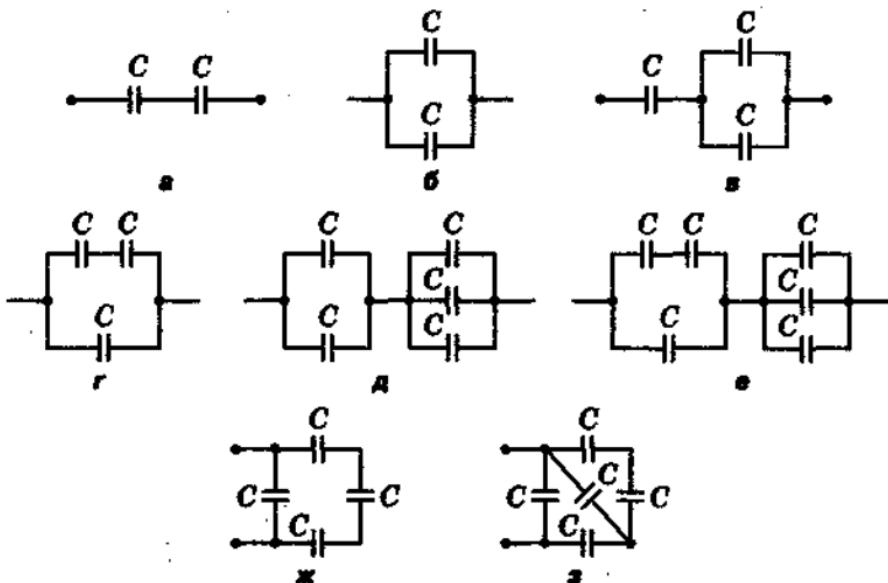


Рис. 150

42.19. Конденсаторы емкостями $0,1 \text{ мкФ}$ и 6800 пФ соединены параллельно и подключены к источнику тока. Найдите заряд второго конденсатора, если заряд первого оказался равным $2 \cdot 10^{-5} \text{ Кл}$.

42.20. Конденсатор какой емкости следует подключить последовательно к конденсатору емкостью 800 пФ , чтобы емкость батареи была 160 пФ ?

42.21. Три конденсатора емкостями 1 мкФ , 2 мкФ и 3 мкФ соединены последовательно и присоединены к источнику напряжения с разностью потенциалов 220 В . Каковы заряд и напряжение на каждом конденсаторе?

42.22. Четыре одинаковых конденсатора емкостями 5 мкФ каждый подключены к источнику тока с напряжением 2 В (рис. 151). Найдите заряды на каждом конденсаторе.

Третий уровень

42.23. Каковы емкости каждого из двух конденсаторов, если при их последовательном соединении емкость батареи $1,5 \text{ мкФ}$, а при параллельном – 8 мкФ ?

42.24. Найдите емкость батареи конденсаторов (рис. 152), если емкости всех конденсаторов одинаковы и равны 2 мкФ .

42.25. Плоский конденсатор находится во внешнем однородном электрическом поле напряженностью 1 кВ/м , силовые линии которого перпендикулярны пластинам. Площадь пластин 100 см^2 . Какие заряды окажутся на каждой из пластин, если конденсатор замкнуть проводником накоротко? Пластины конденсатора до замыкания не заряжены.

42.26. С какой силой притягиваются друг к другу пластины плоского воздушного конденсатора емкостью

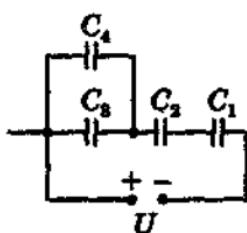


Рис. 151

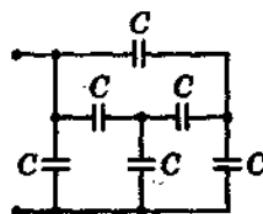


Рис. 152

20 нФ, расстояние между пластинами которого 1 мм? Конденсатор заряжен до разности потенциалов 400 В.

42.27. Плоский воздушный конденсатор с круглыми пластинами диаметром 20 см и расстоянием между ними 5 мм подключен к источнику тока напряжением 12 В. Пластины раздвигают до расстояния 12 мм. На сколько уменьшится заряд конденсатора?

42.28. Плоский воздушный конденсатор имеет емкость 5 мкФ. Определите емкость того же конденсатора после его погружения в трансформаторное масло с диэлектрической проницаемостью 2,2. Пластины погрузили ровно наполовину перпендикулярно поверхности масла.

42.29. Конденсатор емкостью 1 мкФ, заряженный до разности потенциалов 500 В, подключен параллельно к незаряженному конденсатору емкостью 4 мкФ. Найдите разность потенциалов на конденсаторах и заряд каждого конденсатора.

42.30. Конденсатор емкостью 3 мкФ зарядили до напряжения 300 В и соединили параллельно с конденсатором емкостью 2 мкФ, заряженным до 200 В. Какое напряжение установится на конденсаторах после их соединения?

42.31. Плоский конденсатор, заряженный до разности потенциалов 200 В, подключили параллельно конденсатору вдвое большей емкости, заряженному до разности потенциалов 260 В. Какая разность потенциалов установится на конденсаторах?

42.32. Разноименно заряженные обкладки двух конденсаторов, емкости которых 1 мкФ и 2 мкФ, соединили между собой проводами. Определите напряжение, которое установится на конденсаторах, если до соединения напряжение на них было равно 60 В и 180 В соответственно.

42.33. Шару емкостью 1 мкФ сообщили заряд $3 \cdot 10^{-5}$ Кл, а шару емкостью 2 мкФ – заряд $9 \cdot 10^{-5}$ Кл. Какими будут заряды шаров, если их соединить проволокой? Электроемкостью проволоки пренебречь.

42.34. В схеме, изображенной на рис. 153, емкость батареи конденсаторов не изменяется при замыкании ключа *K*. Определите емкость конденсатора *C_x*, если *C = 6 мкФ*.

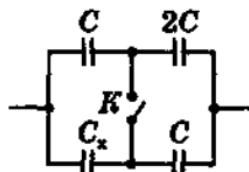


Рис. 153

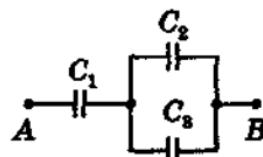


Рис. 154

42.35. Найдите заряды на каждом из конденсаторов цепи, изображенной на рис. 154, если емкости конденсаторов: $C_1 = 2 \text{ мкФ}$; $C_2 = 4 \text{ мкФ}$; $C_3 = 6 \text{ мкФ}$. Разность потенциалов между точками A и B равна 18 В.

Четвертый уровень

42.36. Проводящие сферы радиусами 15 мм и 45 мм, находящиеся достаточно далеко друг от друга, заряжены до потенциалов 90 В и 20 В соответственно. Каким станет потенциал сфер, если их соединить тонкой проволокой?

42.37. Шар радиусом 5 см, заряженный до потенциала 100 кВ, соединили длинной проволокой с незаряженным шаром, радиус которого 6 см. Найдите заряд каждого шара, если они находятся в воздухе.

42.38. Плоский воздушный конденсатор с расстоянием между обкладками 5 мм зарядили до разности потенциалов 50 В и отключили от источника. Затем в конденсатор поместили параллельно обкладкам металлическую пластиинку толщиной 1 мм. Найдите установившуюся разность потенциалов на конденсаторе. Площади обкладок конденсатора и пластиин одинаковы.

42.39. Незаряженные конденсаторы емкостями $C_1 = 1 \text{ мкФ}$, $C_2 = 2 \text{ мкФ}$ и $C_3 = 4 \text{ мкФ}$ соединили «звездой» (рис. 155) и, подключив свободные выводы конденсаторов к источникам напряжения, зарядили. Потенциалы этих выводов стали равными: $\phi_1 = 2 \text{ В}$, $\phi_2 = 1 \text{ В}$, $\phi_3 = -1 \text{ В}$. Найдите потенциал в точке O .

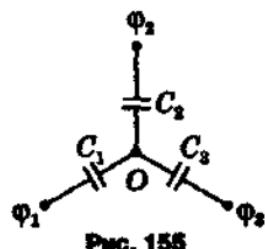


Рис. 155

43. Энергия конденсатора

Первый уровень

43.1. Найдите энергию конденсатора, если при напряжении 100 В заряд на конденсаторе оказался равным 5 мКл.

43.2. Определите энергию конденсатора емкостью 6 мкФ, заряженного до напряжения 5 кВ.

43.3. Плоский воздушный конденсатор емкостью 10^{-10} Ф имеет заряд 10^{-7} Кл. Определите энергию электрического поля конденсатора.

43.4. Напряженность электрического поля конденсатора емкостью 0,8 мкФ равна 1000 В/м. Определите энергию конденсатора, если расстояние между его обкладками равно 1 мм.

Второй уровень

43.5. Определите энергию плоского бумажного конденсатора с площадью пластин 600 см^2 . Толщина диэлектрика 2 мм, заряд на обкладках конденсатора $2 \cdot 10^{-8}$ Кл. Диэлектрическая проницаемость бумаги 2.

43.6. Какое количество теплоты выделяется при заземлении заряженного до потенциала 1500 В металлического шара радиусом 10 см?

43.7. Заряженный и отключенный от источника тока конденсатор подключили параллельно к другому такому же, но незаряженному конденсатору. Во сколько раз уменьшится энергия системы конденсаторов?

43.8. В импульсной фотовспышке лампа питается от конденсатора емкостью 800 мкФ, заряженного до напряжения 300 В. Найдите среднюю мощность вспышки, если ее продолжительность 2,4 мс.

43.9. Два конденсатора емкостью 100 пФ и 2400 пФ соединены последовательно. Определите энергию этой батареи конденсаторов, если на нее подается напряжение 150 В.

43.10. При зарядке батареи, состоящей из 20 параллельно соединенных конденсаторов, выделилось 10 Дж тепла. Емкость каждого конденсатора 4 мкФ. Определите напряжение на конденсаторах.

43.11. Два последовательно соединенных конденсатора емкостями 2 мкФ и 3 мкФ зарядили от источника постоянного напряжения, а затем, отключив от источника, разрядили. При разрядке выделилось $1,5 \text{ мДж}$ энергии. Найдите заряд конденсатора до разрядки.

43.12. Плоский воздушный конденсатор заполнили керосином с диэлектрической проницаемостью 2 и зарядили, сообщив ему энергию $2 \cdot 10^{-5} \text{ Дж}$. Какая энергия будет запасена в конденсаторе, если его отключить от источника питания и слить керосин?

43.13. Плоский воздушный конденсатор подключен к источнику постоянного напряжения. Энергия конденсатора равна 5 мДж . Конденсатор заполнили керосином, диэлектрическая проницаемость которого 2. Найдите конечную энергию конденсатора.

Третий уровень

43.14. Расстояние между обкладками заряженного плоского воздушного конденсатора $0,1 \text{ мм}$, а его энергия 10^{-8} Дж . Определите силу взаимодействия между обкладками.

43.15. Плоский конденсатор с площадью пластин 200 см^2 каждая и расстоянием между ними 2 см заряжается до 3 кВ и отключается от источника тока. Затем расстояние между пластинами увеличивается до 5 см . Определите работу, совершенную при раздвижении пластин.

43.16. Плоский воздушный конденсатор с площадью пластин 200 см^2 заряжен до напряжения 2 кВ . Конденсатор отключили от источника напряжения и пространство между пластинами заполнили диэлектриком с диэлектрической проницаемостью 2,6. Найдите изменение энергии конденсатора, если расстояние между его пластинами 1 см .

43.17. Конденсатор емкостью 1 мФ при напряжении 1200 В применяют для импульснойстыковой сварки медной проволоки. Найдите среднюю полезную мощность разряда, если он длится 10^{-6} с . КПД установки 4%.

43.18. Легкий положительно заряженный шарик влетает в горизонтальный заряженный конденсатор параллельно его обкладкам на одинаковом расстоянии от них и движется прямолинейно, без отклонения. При

увеличении напряжения на конденсаторе на определенную величину этот же шарик отклоняется и на выходе из конденсатора касается края его обкладки. Во сколько раз возрастет при этом энергия поля конденсатора, если время полета шарика через конденсатор 0,5 с, а расстояние между обкладками конденсатора 25 см?

44. Сила тока. Сопротивление. Закон Ома для участка цепи

Модуль заряда электрона $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

Первый уровень

44.1. За 2 мин через поперечное сечение проводника прошел заряд величиной 360 Кл. Определите силу тока в проводнике.

44.2. Определите концентрацию электронов проводимости в проводнике сечением 5 мм^2 , если по нему протекает ток 12 А, а скорость упорядоченного движения электронов составляет 0,3 мм/с.

44.3. Серебряная проволока площадью поперечного сечения 1 мм^2 используется для изготовления проводника сопротивлением 10 мОм. Какой длины должна быть проволока, если ее удельное сопротивление $1,6 \cdot 10^{-8}$ Ом · м?

44.4. По графику зависимости силы тока от напряжения на некотором участке цепи (рис. 156) определите сопротивление этого участка.

44.5. Определите число электронов, проходящих через поперечное сечение провода при силе тока 0,5 А за 2 с.

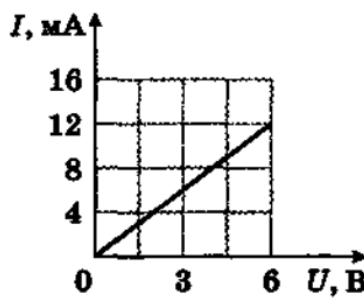


Рис. 156

44.6. При напряжении 120 В через реостат проходит ток 1,5 А. При увеличении сопротивления реостата ток стал равен 1,0 А при напряжении 100 В. Во сколько раз возросло сопротивление реостата?

Второй уровень

44.7. Сколько электронов проходит за 5 мин через поперечное сечение проводника площадью $0,5 \text{ мм}^2$ при плотности тока $3,2 \text{ А/мм}^2$?

44.8. Сила тока в проводнике 10 А. Определите массу электронов, проходящих через поперечное сечение этого проводника за 1 ч.

44.9. По двум медным проводам разного диаметра: 2 мм и 3 мм – протекает одинаковый ток. Во сколько раз скорость упорядоченного движения электронов в первом проводе больше, чем во втором?

44.10. Каково сопротивление реостата, в обмотке которого имеется 80 витков никелинового провода диаметром 0,8 мм? Диаметр витка 3 см. Удельное сопротивление никелина $4,2 \cdot 10^{-7} \text{ Ом} \cdot \text{м}$.

44.11. Провод длиной 20 м и диаметром 1,5 мм обладает сопротивлением 2,5 Ом. Найдите сопротивление провода из того же материала длиной 35 м и диаметром 3 мм.

44.12. Найдите падение напряжения на медном проводе длиной 300 м и диаметром 3 мм, если сила тока в нем 2 А. Удельное сопротивление меди $1,7 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$.

44.13. Определите плотность тока в проводнике, диаметр которого 1,3 мм, если за 10 с по проводнику прошел заряд 200 Кл.

44.14. Вычислите плотность тока в железном проводнике длиной 20 м, если провод находится под напряжением 12 В. Удельное сопротивление железа $1,2 \cdot 10^{-7} \text{ Ом} \cdot \text{м}$.

44.15. Разность потенциалов на концах железной проволоки длиной 100 м равна 20 В. Найдите среднюю скорость упорядоченного движения электронов в проводнике, если концентрация электронов проводимости в железе $4 \cdot 10^{22} \text{ см}^{-3}$. Удельное сопротивление железа $1,2 \cdot 10^{-7} \text{ Ом} \cdot \text{м}$.

44.16. Определите сопротивление 1 кг железной проволоки диаметром 0,8 мм. Удельное сопротивление железа $\rho = 1,2 \cdot 10^{-7} \text{ Ом} \cdot \text{м}$, плотность железа $D = 7800 \text{ кг/м}^3$.

44.17. Какова напряженность электрического поля в алюминиевом проводнике сечением $1,4 \text{ мм}^2$ при силе тока 1 А ? Удельное сопротивление алюминия $2,8 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$.

44.18. При равномерном увеличении тока в проводнике от 2 А до 8 А за время t через поперечное сечение проводника прошел заряд $0,5 \text{ Кл}$. Определите время t .

Третий уровень

44.19. За 1 мин через поперечное сечение проводника прошел заряд 100 Кл . При этом первые 10 с сила тока равномерно возрастала от нуля до I , а последние 10 с равномерно уменьшалась до нуля. Найдите значение тока I .

44.20. Определите скорость упорядоченного движения электронов в медном проводнике сечением 2 мм^2 при силе тока 16 А . На каждый атом меди приходится один электрон проводимости. Плотность меди $8900 \text{ кг}/\text{м}^3$, молярная масса меди $64 \cdot 10^{-3} \text{ кг}/\text{моль}$.

44.21. Найдите силу тока в медном проводнике с площадью поперечного сечения $0,17 \text{ мм}^2$, если на каждый свободный электрон проводника действует сила $8 \cdot 10^{-21} \text{ Н}$ со стороны электрического поля. Удельное сопротивление меди $1,7 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$.

44.22. Сила тока в проводнике изменяется по закону $I = kt$, где $k = 10 \text{ А}/\text{с}$. Определите заряд, прошедший по проводнику в интервале времени от 2 с до 5 с .

45. Соединение проводников

Второй уровень

45.1. Определите общее сопротивление участка цепи (рис. 157), если $R_1 = 1,6 \text{ Ом}$; $R_2 = 4 \text{ Ом}$; $R_3 = 6 \text{ Ом}$; $R_4 = 12 \text{ Ом}$.

45.2. Найдите общее сопротивление цепи (рис. 158), если сопротивления резисторов соответственно равны: $R_1 = 8 \text{ Ом}$; $R_2 = 44 \text{ Ом}$; $R_3 = 8 \text{ Ом}$; $R_4 = 36 \text{ Ом}$; $R_5 = 14 \text{ Ом}$; $R_6 = 2 \text{ Ом}$; $R_7 = 12 \text{ Ом}$; $R_8 = 23 \text{ Ом}$.

45.3. Четыре одинаковых резистора сопротивлением 8 Ом каждый соединены в цепь, изображенную на рис. 159. Напряжение на концах цепи 24 В . Определите токи, идущие через каждый резистор.

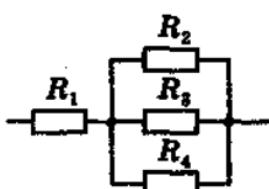


Рис. 157

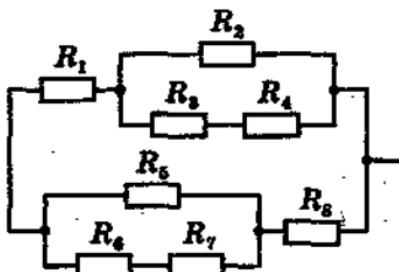


Рис. 158

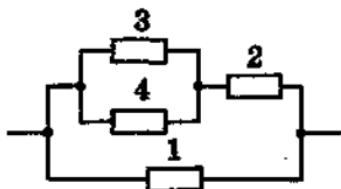


Рис. 159

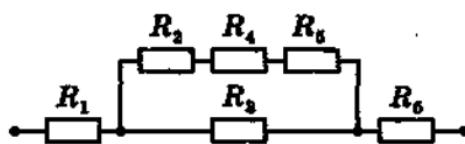


Рис. 160

45.4. Определите полное сопротивление цепи (рис. 160) и силу тока, идущего через каждый резистор, если к цепи приложено напряжение 36 В, а резисторы имеют сопротивления: $R_1 = R_2 = R_5 = R_6 = 3 \Omega$; $R_3 = 20 \Omega$; $R_4 = 24 \Omega$.

45.5. Определите показания амперметра (рис. 161), внутренним сопротивлением которого можно пренебречь, если $R_1 = 6 \Omega$; $R_2 = 10 \Omega$; $R_3 = 10 \Omega$; $R_4 = 4 \Omega$; $U = 15 \text{ В}$.

45.6. Резистор сопротивлением 18 кОм и резистор неизвестного сопротивления соединены последовательно и подключены к источнику постоянного напряжения 24 В. Определите сопротивление второго резистора, если падение напряжения на нем составляет 20 В.

45.7. Два проводника при последовательном соединении имеют сопротивление 27 Ом, а при параллельном – 6 Ом. Определите сопротивления проводников.

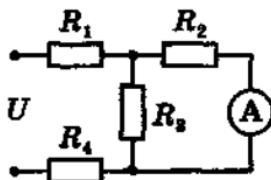


Рис. 161

45.8. Медный и никромовый проводники длиной по 1 м и диаметром 1 мм каждый соединили последовательно. Определите падение напряжения на каждом из них, если по ним идет ток 2 А. Удельное сопротивление меди $1,7 \cdot 10^{-8}$ Ом · м, никрома $1,1 \cdot 10^{-6}$ Ом · м.

45.9. Если первый резистор присоединить к источнику тока, то по нему будет проходить ток в 3 А. При подключении второго резистора к этому же источнику ток будет равен 6 А. Найдите величину тока, проходящего через резисторы, при их последовательном соединении и подключении к этому же источнику.

Третий уровень

45.10. Определите общее сопротивление цепи, изображенной на рис. 162, если $R = 3$ Ом.

45.11. При последовательном подключении к сети постоянного тока двух проводников сила тока в сети в 6,25 раза меньше, чем при параллельном соединении этих же проводников. Найдите отношение сопротивлений этих проводников.

45.12. К проволочному кольцу присоединены подвешенные провода. В каком отношении точки присоединения делят длину окружности, если общее сопротивление такой конструкции в 8 раз меньше, чем сопротивление проволоки, из которой сделано кольцо?

45.13. Два проводника одинаковой длины, изготовленные из одного и того же материала, соединены последовательно. Диаметр первого проводника 1 мм, диаметр второго 2 мм. Определите напряжение на втором проводнике, если напряжение на концах проводников 300 В.

45.14. Определите величину сопротивления R_2 , измеряемого мостиком Уитстона, если $R_1 = 1,5$ Ом; $l_1 = 20$ см; $l_2 = 80$ см (рис. 163). Ток через гальванометр не идет.

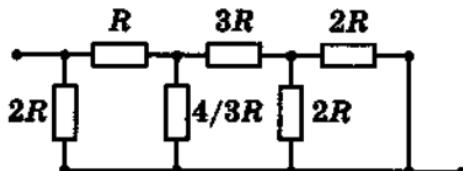


Рис. 162

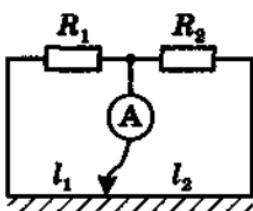


Рис. 163

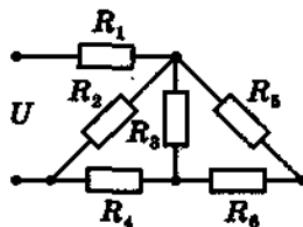


Рис. 164

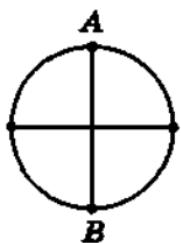


Рис. 165

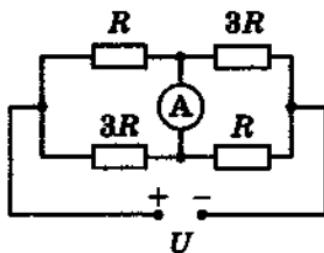


Рис. 166

45.15. Вычислите общее сопротивление и токи в проводниках, соединенных по схеме (рис. 164), если $U = 12$ В; $R_1 = 4$ Ом; $R_2 = 4$ Ом; $R_3 = 5$ Ом; $R_4 = 1,5$ Ом; $R_5 = 3$ Ом; $R_6 = 2$ Ом.

45.16. Из проволоки, 1 м которой имеет сопротивление 4 Ом, сделан каркас в форме окружности радиусом 20 см, пересеченный взаимно перпендикулярными диаметрами (рис. 165). Найдите сопротивление каркаса, если источник тока подключен к точкам А и В.

45.17. Какой ток идет через амперметр, если $R = 1$ Ом, а к цепи приложено напряжение 24 В (рис. 166)? Сопротивление амперметра пренебрежимо мало.

45.18. Металлическая сетка, состоящая из звеньев одинакового сопротивления 4 Ом, включается в электрическую цепь так, как показано на рис. 167. Найдите сопротивление сетки при трех разных подключениях ее к электрической цепи.

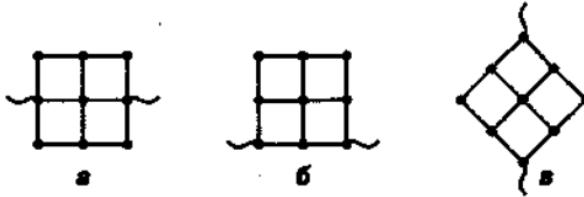


Рис. 167

Четвертый уровень

45.19. Определите напряжение между точками *A* и *B* проволочного каркаса в виде куба (рис. 168). Ребро куба имеет сопротивление 6 Ом, ток в подводящих проводах 2 А.

45.20. Определите сопротивление куба, сделанного из проволоки, если он подключен в схему точками: а) *AB*; б) *AC* (рис. 169). Каждое ребро куба имеет сопротивление 12 Ом.

45.21. Сопротивление каждого резистора в электрической схеме (рис. 170) 6 Ом. Найдите общее сопротивление между точками *A* и *B*.

45.22. Определите сопротивление бесконечной цепочки, изображенной на рис. 171, если сопротивление одного резистора 5 Ом.

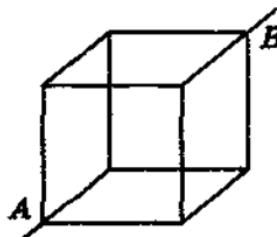


Рис. 168

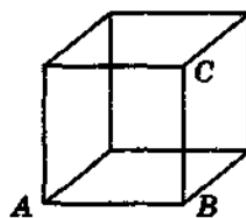


Рис. 169

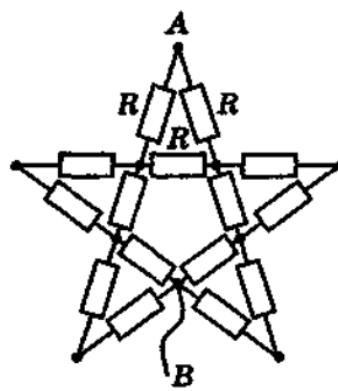


Рис. 170

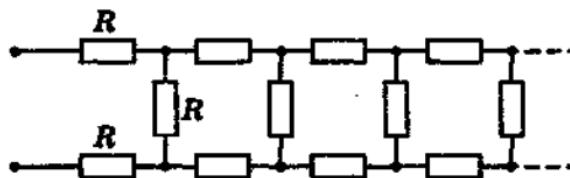


Рис. 171

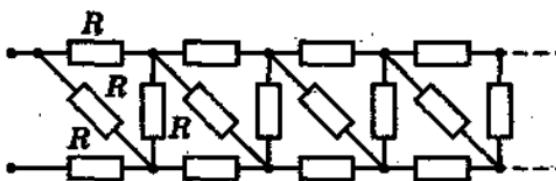


Рис. 172

45.23. Найдите сопротивление бесконечной электрической цепи (рис. 172), если сопротивление одного резистора 2 Ом.

46. Закон Ома для полной цепи

Первый уровень

46.1. Аккумулятор, внутреннее сопротивление которого 0,1 Ом, замкнут проводником с сопротивлением 4 Ом. Сила тока в цепи 1,5 А. Найдите ЭДС аккумулятора.

46.2. Когда к источнику тока с ЭДС 1,5 В присоединили катушку сопротивлением 2,1 Ом, сила тока в цепи оказалась равной 0,5 А. Определите внутреннее сопротивление источника тока.

46.3. К источнику тока с ЭДС 18 В и внутренним сопротивлением 1 Ом подключили схему, состоящую из двух сопротивлений 40 Ом и 10 Ом, соединенных параллельно. Каким будет ток в цепи?

46.4. В цепи источника тока с ЭДС 30 В идет ток 3 А. Напряжение на зажимах источника 18 В. Найдите внешнее сопротивление цепи и сопротивление источника тока.

46.5. Гальванический элемент с ЭДС 1,5 В и внутренним сопротивлением 1 Ом замкнут на внешнее сопротивление 4 Ом. Определите падение напряжения на внешней части цепи.

46.6. Определите напряжение на полюсах источника тока с ЭДС 12 В, если сопротивление внешней части цепи равно внутреннему сопротивлению источника.

46.7. При подключении некоторого сопротивления к источнику с ЭДС 30 В и внутренним сопротивлением 2 Ом напряжение на зажимах источника 28 В. Чему равна сила тока в цепи?

46.8. Определите ток короткого замыкания батареи с ЭДС 12 В, если при подключении к ней сопротивления 2 Ом ток в батарее 5 А.

Второй уровень

46.9. ЭДС источника 2 В, внутреннее сопротивление 1 Ом. При каком сопротивлении нагрузки в цепи будет проходить заряд 10 Кл за 1 мин?

46.10. Вольтметр, подсоединенный к источнику с ЭДС 120 В и внутренним сопротивлением 5 Ом, показал 118 В. Каково сопротивление вольтметра?

46.11. Определите внутреннее сопротивление аккумулятора, если известно, что при замыкании его на внешнее сопротивление 1 Ом напряжение на зажимах аккумулятора 2 В, а при замыкании на сопротивление 2 Ом напряжение на зажимах аккумулятора 2,4 В.

46.12. Найдите ЭДС и внутреннее сопротивление гальванического элемента, если при сопротивлении внешней цепи 2 Ом ток равен 0,6 А, а при сопротивлении 9 Ом – 0,2 А.

46.13. Определите ЭДС и внутреннее сопротивление источника тока, если при одном положении движка реостата ток в цепи 1,2 А и напряжение на клеммах источника 1,2 В, а при другом положении – соответственно 2 А и 0,8 В.

46.14. Источник тока с ЭДС 12 В и внутренним сопротивлением 1 Ом при замыкании никелиновой проволокой диаметром 0,5 мм дает ток 0,8 А. Найдите длину проволоки, если удельное сопротивление никелина $4,2 \cdot 10^{-7}$ Ом · м.

46.15. Если клеммы источника с ЭДС 6 В замкнуть проводами с пренебрежимо малым сопротивлением (короткое замыкание), то сила тока через источник составит 300 А. Чему будет равно напряжение на клеммах источника при подсоединении к нему сопротивления 0,04 Ом?

46.16. Когда к клеммам аккумулятора присоединили сопротивление 3,5 Ом, ток в цепи стал равен 0,5 А. Если же клеммы аккумулятора замкнуть накоротко, ток станет 4 А. Определите ЭДС и внутреннее сопротивление аккумулятора.

46.17. Замкнутая цепь состоит из источника и реостата. В цепи течет ток 0,5 А. Если сопротивление реостата уменьшить в 4 раза, ток возрастет в 2 раза. Какой ток будет течь в цепи, если сопротивление реостата уменьшить до нуля?

46.18. При замыкании источника тока на сопротивление 6 Ом, ток в цепи равен 0,3 А, а при замыкании на сопротивление 14 Ом – ток 0,15 А. Определите ток короткого замыкания.

46.19. Электромагнит подключен к источнику с ЭДС 30 В и внутренним сопротивлением 2 Ом. Напряжение на зажимах источника равно 28 В. Найдите работу сторонних сил в источнике за 5 мин.

46.20. К источнику с ЭДС 11 В подключают последовательно три куска провода одинаковой длины, сделанные из одного материала и имеющие площади поперечного сечения 1 mm^2 , 2 mm^2 , 3 mm^2 соответственно. Определите напряжение на каждом проводе. Внутренним сопротивлением источника пренебречь.

46.21. Четыре лампы, рассчитанные на напряжение 8 В и величину тока 0,3 А каждая, необходимо соединить параллельно и подключить к источнику с ЭДС 5,4 В. Какое сопротивление необходимо для этого подключить последовательно лампам? Внутренним сопротивлением источника тока пренебречь.

46.22. ЭДС источника тока 20 В, сопротивление резистора 20 Ом, сопротивление амперметра 10 Ом (рис. 173). Определите показания амперметра. Внутренним сопротивлением источника тока пренебречь.

46.23. В схеме, изображенной на рис. 174, резисторы имеют одинаковое сопротивление 4,5 Ом. При переводе ключа из положения 1 в положение 2 ток через источник изменился от 200 мА до 110 мА. Найдите внутреннее сопротивление источника тока.

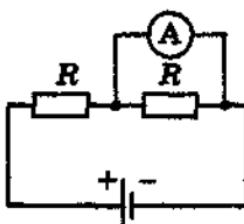


Рис. 173

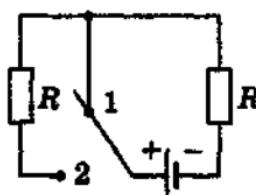


Рис. 174

Третий уровень

46.24. Батарея с ЭДС 3 В замкнута на сопротивление 1 Ом. При этом напряжение на зажимах батареи 1,5 В. Найдите напряжение на зажимах батареи, если к ней подключить сопротивление 2 Ом.

46.25. Найдите ЭДС батареи, если известно, что при увеличении сопротивления внешней цепи в 5 раз напряжение на внешней цепи увеличивается от 40 В до 100 В.

46.26. Генератор тока, имеющий ЭДС 240 В и внутреннее сопротивление 0,4 Ом, питает током 20 лампочек сопротивлением по 360 Ом и 10 лампочек сопротивлением по 720 Ом каждая, соединенных параллельно. Сопротивление подводящих проводов 1,2 Ом. Чему равно напряжение на зажимах ламп?

46.27. Два резистора сопротивлениями 12 Ом и 24 Ом соединены параллельно и подключены к батарее с ЭДС 28 В и внутренним сопротивлением 6 Ом. Найдите величины токов, текущих через батарею и каждый резистор.

46.28. Два одинаковых вольтметра, соединенные последовательно при подключении к источнику тока, показывают по 5 В каждый. Один вольтметр, подключенный к тому же источнику, показывает 9 В. Определите ЭДС источника.

46.29. Вольтметр, подключенный к клеммам источника тока, показывает напряжение 8 В. Определите показания двух таких же вольтметров, подключенных последовательно к клеммам источника. ЭДС источника 12 В.

46.30. К аккумулятору с внутренним сопротивлением 0,5 Ом подключают вольтметр и резистор сопротивлением 100 Ом, один раз соединив параллельно, а другой – последовательно. При этом показания вольтметра не изменяются. Рассчитайте сопротивление вольтметра.

46.31. Амперметр с внутренним сопротивлением 2 Ом, подключенный к зажимам источника, показывает ток 5 А. Вольтметр с внутренним сопротивлением 150 Ом, подключенный к зажимам того же источника (после отсоединения амперметра), показывает напряжение 12 В. Найдите ток короткого замыкания.

46.32. Какое напряжение покажет вольтметр (рис. 175), если его сопротивление 200 Ом, другие па-

раметры цепи: ЭДС источника 12 В; внутреннее сопротивление 1 Ом; $R_1 = 19$ Ом; $R_2 = 15$ Ом; $R_3 = 35$ Ом?

46.33. Два элемента с ЭДС 1,6 В и 2 В и внутренними сопротивлениями 0,3 Ом и 0,9 Ом соответственно соединены последовательно и замкнуты на внешнее сопротивление 6 Ом. Определите напряжение на полюсах первого элемента.

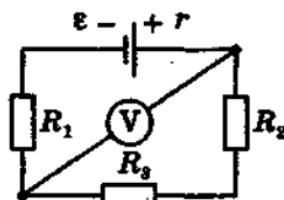


Рис. 175

47. Шунты и добавочные сопротивления

Первый уровень

47.1. Вольтметр, рассчитанный на измерение напряжения до 20 В, необходимо включить в сеть с напряжением 120 В. Какое для этого потребуется дополнительное сопротивление, если ток в вольтметре не должен превышать 5 мА?

47.2. Амперметр имеет внутреннее сопротивление 0,02 Ом, его шкала рассчитана на силу тока 1,2 А. Определите сопротивление шунта, который надо присоединить к амперметру параллельно, чтобы им можно было измерять силу тока до 6 А.

47.3. Вольтметром, внутреннее сопротивление которого 1 кОм, рассчитанным на напряжение 150 В, необходимо измерить напряжение 900 В. Какое добавочное сопротивление следует включить последовательно с вольтметром, чтобы осуществить измерение?

Второй уровень

47.4. К амперметру с сопротивлением 0,1 Ом подключен шунт с сопротивлением 11,1 мОм. Найдите ток, текущий через амперметр, если ток в общей цепи 27 А.

47.5. Вольтметр с сопротивлением 50 кОм, подключенный к источнику тока вместе с добавочным сопротивлением 120 кОм, показывает напряжение 100 В. Найдите напряжение на источнике тока.

47.6. Какое дополнительное сопротивление необходимо присоединить к вольтметру, имеющему сопротивление

1500 Ом, чтобы цена каждого деления на шкале увеличилась в 5 раз?

47.7. Какой по величине шунт следует присоединить параллельно гальванометру (прибор для измерения малых токов), имеющему шкалу на 100 делений с ценой деления 1 мА и внутреннее сопротивление 180 Ом, чтобы им можно было измерять ток величиной 1 мА?

47.8. Амперметр позволяет измерять максимальный ток 0,1 А. При подсоединении некоторого шунтирующего сопротивления предел измерения тока увеличивается до 0,5 А. Во сколько раз надо уменьшить шунтирующее сопротивление, чтобы предел измерения увеличился до 2,5 А?

47.9. К вольтметру со шкалой 3 В и внутренним сопротивлением 600 Ом нужно изготовить добавочное сопротивление. Какой длины надо взять константновый проводник сечением $0,05 \text{ мм}^2$ для добавочного сопротивления, чтобы вся шкала вольтметра соответствовала 30 В? Удельное сопротивление константана $5 \cdot 10^{-7} \text{ Ом} \cdot \text{м}$.

47.10. Амперметр рассчитан на ток 2 А и имеет сопротивление 0,04 Ом. Какой длины потребуется медный проводник сечением 3 мм^2 для изготовления шунта к амперметру, чтобы можно было измерять ток до 10 А? Удельное сопротивление меди $1,7 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$.

Третий уровень

47.11. Присоединение к амперметру некоторого шунтирующего сопротивления увеличивает предел измерения в 3 раза. Другое шунтирующее сопротивление увеличивает предел измерения в 7 раз. Во сколько раз увеличится предел измерений амперметра, если в качестве шунта использовать оба этих сопротивления, соединенные параллельно?

47.12. Присоединение к вольтметру некоторого добавочного сопротивления увеличивает предел измерения напряжения в 2 раза. Другое сопротивление увеличивает предел измерения в 5 раз. Во сколько раз увеличится предел измерений вольтметра, если в качестве добавочного сопротивления использовать оба этих сопротивления, соединенные между собой параллельно?

47.13. Если к амперметру, рассчитанному на максимальную величину тока 2 А, присоединить шунт сопротивлением 0,5 Ом, то его можно использовать для измерения токов до 20 А. Какое добавочное сопротивление следует присоединить последовательно к амперметру (после удаления шунта), чтобы такой прибор можно было использовать в качестве вольтметра для измерения напряжений до 220 В?

47.14. Гальванометр сопротивлением 5 Ом имеет 50 делений. Цена деления гальванометра 200 мкА. Желая использовать данный гальванометр в качестве вольтметра, включили дополнительное сопротивление 495 Ом. Определите цену деления вольтметра.

48. Работа, мощность постоянного электрического тока. Закон Джоуля – Ленца

Первый уровень

48.1. По проводнику с сопротивлением 6 Ом пропускали постоянный ток в течение 9 с. Определите количество теплоты, выделившееся в проводнике за это время, если через его сечение прошел заряд 3 Кл.

48.2. При напряжении на концах цепи 220 В мощность тока составляет 1,1 кВт. Определите силу тока в цепи.

48.3. Найдите количество теплоты, выделившееся в проводнике сопротивлением 0,3 кОм при протекании по нему тока 2 А в течение 5 мин.

48.4. Каким сопротивлением должен обладать проводник, включенный в сеть с напряжением 120 В, чтобы за 10 мин на нем выделилось 60 кДж тепла?

48.5. При какой силе тока в цепи напряжением 42 В на внешней нагрузке будет выделяться 2880 Дж тепла за 2 мин?

Второй уровень

48.6. Две проволоки одинаковых размеров, одна из которых железная, а другая медная, соединены последовательно и включены в сеть. Найдите отношение количества теплоты, выделившегося в железной

проводке, к количеству теплоты, выделившемуся в медной за одно и то же время. Удельное сопротивление железа $0,09 \text{ мкОм} \cdot \text{м}$, меди – $0,017 \text{ мкОм} \cdot \text{м}$.

48.7. Каким должен быть диаметр медного провода, если проводка рассчитана на максимальную величину тока 40 А и в расчете на каждый метр провода не должно выделяться более $1,8 \text{ Дж}$ тепла в 1 с ? Удельное сопротивление меди $1,7 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$.

48.8. К источнику с внутренним сопротивлением 2 Ом подключен резистор с сопротивлением 4 Ом . Напряжение на зажимах 6 В . Определите полную тепловую мощность, выделяющуюся в цепи.

48.9. На одной лампочке написано « $220 \text{ В}, 60 \text{ Вт}$ », на другой – « $220 \text{ В}, 40 \text{ Вт}$ ». Лампочки соединяют последовательно и включают в сеть с напряжением 220 В . Найдите полную потребляемую мощность лампочек при таком включении.

48.10. Лампочка рассчитана на напряжение 120 В и мощность 40 Вт . Какое добавочное сопротивление следует включить последовательно с лампочкой, чтобы она горела нормальным накалом при напряжении в сети 200 В ?

48.11. К источнику постоянного напряжения подключают сопротивления R_1 и R_2 один раз последовательно, другой раз параллельно. Выделяемая на сопротивлениях мощность во втором случае в 4 раза больше, чем в первом. Определите отношение сопротивлений.

48.12. При силе тока 3 А во внешней цепи источника постоянного тока выделяется мощность 18 Вт , при силе тока 1 А – 10 Вт . Определите ЭДС и внутреннее сопротивление источника тока.

48.13. На сопротивлении 2 Ом , подключенном к аккумулятору с внутренним сопротивлением $0,2 \text{ Ом}$, выделяется тепловая мощность 8 Вт . Какая мощность будет выделяться на сопротивлении 10 Ом , если его подключить вместо предыдущего к аккумулятору?

48.14. ЭДС батареи 16 В , внутреннее сопротивление 3 Ом . Найдите сопротивление внешней цепи, если известно, что выделяющаяся в ней мощность 16 Вт .

48.15. От генератора напряжением 20 кВ требуется передать ток мощностью 1 МВт с использованием

медного провода длиной 5 км. Определите минимальное сечение провода, если тепловые потери в проводе не должны превышать 2%. Удельное сопротивление меди $0,017 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$.

48.16. ЭДС источника 1,6 В, внутреннее сопротивление 0,5 Ом. Чему равен КПД источника при силе тока 2,4 А?

48.17. Центрифуга для сортировки зерна с механической мощностью 2,8 кВт включена в сеть с напряжением 110 В. Определите силу тока, который проходит через обмотку двигателя центрифуги, если ее КПД 98%.

Третий уровень

48.18. Ползунок реостата перемещается с постоянной скоростью. Напряжение на зажимах реостата при этом неизменно и равно 10 В. Зависимость силы тока от времени задана выражением $I = 0,3t$ (А). Какое количество теплоты выделяется в проводнике за первую минуту?

48.19. Батарея с ЭДС 2 В и внутренним сопротивлением 1 Ом включена в электрическую цепь. При какой силе тока внешняя цепь потребляет мощность 0,75 Вт?

48.20. Источник постоянного тока замкнули первый раз на резистор сопротивлением 0,25 Ом, второй раз на резистор сопротивлением 4 Ом. В обоих случаях тепловая мощность, выделяемая на сопротивлениях, одинакова и равна 16 Вт. Определите ЭДС источника.

48.21. Батарея аккумуляторов замкнута на сопротивление $R = 2$ Ом. Мощность, выделяющаяся во внешней цепи, не изменяется, если параллельно сопротивлению R подключить еще одно такое же сопротивление. Найдите внутреннее сопротивление батареи.

48.22. Три одинаковые лампочки, соединенные параллельно, подключены к источнику постоянного тока. Когда одна из лампочек перегорела, мощность, выделяющаяся на каждой из оставшихся, возросла в $\frac{25}{16}$ раза.

Во сколько раз сопротивление одной лампочки больше внутреннего сопротивления батареи?

48.23. К источнику с внутренним сопротивлением 1 Ом подключили проволоку сопротивлением 4 Ом, затем

параллельно ей присоединили вторую такую же проволоку. Во сколько раз уменьшится тепловая мощность в первой проволоке после подключения второй?

48.24. Мощность генератора, подключенного к нагрузке, равна 1 кВт, напряжение на выходе генератора 250 В, сопротивление линии передачи 10 Ом. Какая мощность выделится на нагрузке?

48.25. Трамвай потребляет 110 А при напряжении 600 В и развивает силу тяги 3 кН. Определите скорость движения трамвая на горизонтальном участке пути, если КПД электроустановки 60%.

48.26. До какого значения необходимо повысить напряжение в линии электропередачи сопротивлением 36 Ом, чтобы от электростанции мощностью 5 МВт было передано 95% энергии?

48.27. Электромотор включен в сеть постоянного тока с напряжением 220 В. Сопротивление обмотки мотора 5 Ом, сила потребляемого тока 10 А. Найдите механическую мощность мотора и его КПД.

48.28. Найдите ток короткого замыкания батареи, если при силе тока 2 А во внешней цепи выделяется мощность 24 Вт, а при силе тока 5 А – мощность 30 Вт.

Четвертый уровень

48.29. Источник с ЭДС 12 В и внутренним сопротивлением 1 Ом замкнут на реостат. При какой силе тока выделяющаяся в цепи мощность будет максимальной?

48.30. Полезная мощность батареи равна 6 Вт при двух значениях силы тока в цепи: 2 А и 6 А. Чему равна максимальная полезная мощность этой батареи?

49. Электрические цепи с резисторами и конденсаторами

Второй уровень

49.1. Электрическая цепь состоит из батареи с ЭДС 6 В и внутренним сопротивлением 1 Ом, конденсатора и трех сопротивлений. Известны сопротивления двух резисторов: $R_2 = 3 \text{ Ом}$, $R_3 = 2 \text{ Ом}$ (рис. 176). Чему равна разность потенциалов на пластинах конденсатора?

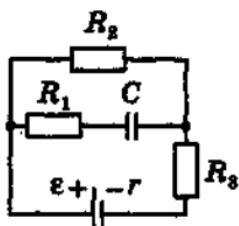


Рис. 176

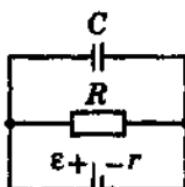


Рис. 177

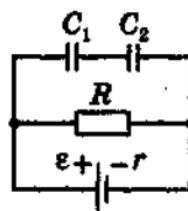


Рис. 178

49.2. При каком сопротивлении резистора (рис. 177) величина напряженности электрического поля в плоском воздушном конденсаторе будет 2 кВ/м ? ЭДС батареи 5 В , ее внутреннее сопротивление $0,5 \text{ Ом}$. Расстояние между пластинами $0,2 \text{ см}$.

49.3. Найдите заряды на обкладках конденсаторов, включенных в электрическую цепь, как показано на рис. 178, если ЭДС источника 4 В , внутреннее сопротивление 1 Ом , $R = 3 \text{ Ом}$, $C_1 = 2 \text{ мкФ}$, $C_2 = 4 \text{ мкФ}$.

49.4. Найдите заряд конденсатора емкостью 1 мкФ , если ЭДС источника 6 В , внутреннее сопротивление 5 Ом , а сопротивления всех резисторов одинаковы и равны 20 Ом (рис. 179).

49.5. Чему равна энергия конденсатора емкостью 6 мкФ , подключенного по электрической схеме, представленной на рис. 180? ЭДС источника тока 40 В , внутреннее сопротивление 1 Ом , $R = 3 \text{ Ом}$.

49.6. На схеме, изображенной на рис. 181, ключ K первоначально разомкнут, а конденсатор емкостью 3 мкФ не заряжен. Ключ замыкают на некоторое время, в течение которого конденсатор заряжается до 10 В . Определите количество теплоты, выделившееся к этому моменту времени в цепи. ЭДС источника 12 В .

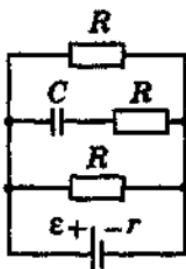


Рис. 179

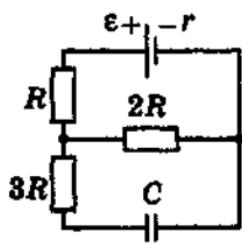


Рис. 180

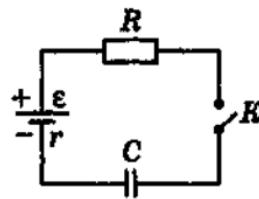


Рис. 181

49.7. Чему равна ЭДС источника тока, если заряд конденсатора емкостью 200 мкФ равен 15 мКл (рис. 182)? Сопротивление резистора $R = 1 \text{ Ом}$, внутреннее сопротивление источника $0,5 \text{ Ом}$.

Третий уровень

49.8. Определите заряд конденсатора емкостью 1 мкФ , включенного в электрическую цепь, схема которой приведена на рис. 183. Параметры цепи: $\epsilon = 10 \text{ В}$, $r = 25 \text{ Ом}$, $R_1 = 100 \text{ Ом}$, $R_2 = 40 \text{ Ом}$, $R_3 = 60 \text{ Ом}$.

49.9. Расстояние между пластинами плоского конденсатора емкостью 2 нФ , подключенного к источнику с ЭДС 100 В , уменьшили в 3 раза. Какая работа была совершена при этом источником тока?

Четвертый уровень

49.10. Плоский конденсатор с квадратными пластинами со стороной 16 см и расстоянием между ними 4 мм присоединили к полюсам батареи с ЭДС 25 В . В пространство между пластинами с постоянной скоростью 3 мм/с вдвигают стеклянную пластину толщиной 4 мм . Какой ток пройдет по цепи? Диэлектрическая проницаемость стекла 7 .

49.11. В электрической цепи, изображенной на рис. 184, определите разность потенциалов между точками A и B . ЭДС источника 3 В , внутреннее сопротивление 1 Ом , величины сопротивлений: $R_1 = 2 \text{ Ом}$, $R_2 = 3 \text{ Ом}$, емкости конденсаторов $C_1 = 0,2 \text{ мкФ}$, $C_2 = 0,3 \text{ мкФ}$.

49.12. Найдите заряд на конденсаторе C в электрической цепи, изображенной на рис. 185. Значения параметров указаны на рисунке: емкости конденсаторов, сопро-

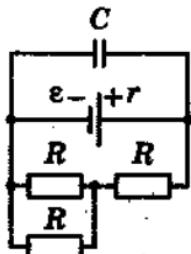


Рис. 182

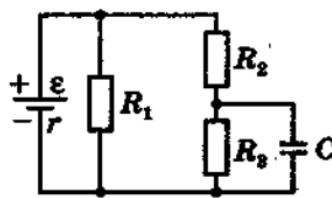


Рис. 183

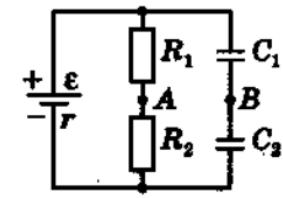


Рис. 184

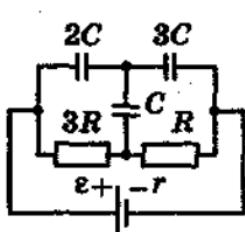


Рис. 185

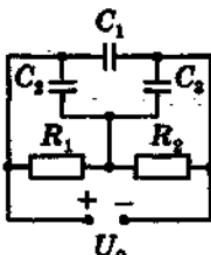


Рис. 186

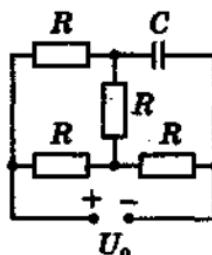


Рис. 187

тивления резисторов и ЭДС батареи считать известными. Внутренним сопротивлением источника тока пренебречь.

49.13. Конденсаторы емкостью $C_1 = 10 \text{ мкФ}$, $C_2 = 20 \text{ мкФ}$, $C_3 = 15 \text{ мкФ}$ включены в электрическую цепь с резисторами сопротивлением $R_1 = 4 \Omega$, $R_2 = 6 \Omega$ (рис. 186). Найдите установившиеся заряды на конденсаторах, если напряжение на концах цепи 40 В.

49.14. Конденсатор емкостью 100 мкФ и резисторы сопротивлением R каждый включены в электрическую цепь, как показано на рис. 187. Найдите установившийся заряд на конденсаторе, если напряжение на концах цепи 25 В.

50. Сила Ампера

Первый уровень

50.1. Какая сила действует на проводник длиной 8 см в однородном магнитном поле с индукцией 2 Тл, если сила тока в проводнике 4 А, а угол между вектором магнитной индукции и направлением тока 30° ?

50.2. На проводник с активной частью длиной 0,4 м, помещенный в однородное магнитное поле индукцией 0,8 Тл, действует сила 1,6 Н. Определите силу тока в проводнике, если он расположен перпендикулярно линиям магнитной индукции.

50.3. Определите индукцию магнитного поля, в котором на прямой провод длиной 10 см, расположенный под углом 45° к линиям магнитной индукции, действует сила 0,2 Н, когда по проводнику проходит ток 8 А.

50.4. На проводник длиной 5 см, по которому идет ток 20 А со стороны магнитного поля с индукцией 0,1 Тл,

действует сила 0,05 Н. Определите угол между направлением тока и вектором магнитной индукции.

50.5. Найдите длину активной части проводника, помещенного в однородное магнитное поле с индукцией 1,2 Тл под углом 60° к линиям магнитной индукции, если при силе тока 6 А на проводник действует сила 0,9 Н.

Второй уровень

50.6. На проводник с током со стороны однородного магнитного поля с индукцией 0,1 Тл действует сила Ампера, равная 3 Н. Чему будет равна сила Ампера, если индукцию магнитного поля увеличить на 0,2 Тл, а силу тока в проводнике и его расположение в магнитном поле оставить без изменений?

50.7. Магнитное поле образовано наложением двух однородных полей с индукциями 0,3 Тл и 0,4 Тл, силовые линии которых перпендикулярны. Перпендикулярно полям расположен проводник с током в 5 А и длиной 10 см. Определите силу, действующую на проводник со стороны полей.

50.8. Плоская прямоугольная рамка с числом витков 200 и со сторонами 10 см и 5 см находится в однородном магнитном поле с индукцией 0,05 Тл. Какой максимальный врачающий момент может действовать на рамку в этом поле, если сила тока в ней 2 А?

50.9. Рамка площадью 25 см², содержащая 100 витков провода, помещена в однородное магнитное поле так, что линии магнитной индукции параллельны плоскости рамки. При величине тока в каждом витке 1 А на рамку со стороны магнитного поля действует момент силы $5 \cdot 10^{-3}$ Нм. Определите величину вектора индукции магнитного поля.

50.10. Проводник длиной 10 см с током силой 5 А находится в однородном магнитном поле с индукцией 1 Тл. Угол между направлением тока и вектором магнитной индукции 60°. Определите работу силы Ампера при перемещении проводника на 10 см в направлении действия силы.

50.11. Прямой проводник, по которому течет ток 5 А, расположен в однородном магнитном поле с индукцией 2 Тл так, что образует угол 30° с линиями индукции. Под действием магнитного поля проводник переместил-

ся поступательно в направлении силы Ампера на 0,5 м, и при этом силой Ампера была совершена работа 1 Дж. Найдите длину проводника.

50.12. На проводник с током со стороны однородного магнитного поля действует сила в 2 раза меньше максимальной. Определите угол между проводником и вектором магнитной индукции.

50.13. По горизонтально расположенному проводнику длиной 20 см и массой 40 г течет ток 5 А. Найдите минимальную величину индукции магнитного поля, в которое нужно поместить проводник, чтобы сила тяжести уравновешивалась силой Ампера.

50.14. На тонких нитях висит горизонтально расположенный стержень длиной 2 м и массой 0,5 кг. Стержень находится в однородном магнитном поле с индукцией 0,5 Тл, силовые линии которого направлены вертикально вниз. На какой угол отклонятся нити от вертикали, если по стержню пропустить ток 5 А?

Третий уровень

50.15. На горизонтальных рельсах, расстояние между которыми 60 см, лежит стержень перпендикулярно им. Определите силу тока, который надо пропустить по стержню, чтобы он начал двигаться. Рельсы и стержень находятся в однородном магнитном поле с индукцией 0,6 Тл, линии индукции поля направлены вертикально вверх. Масса стержня 0,5 кг, коэффициент трения стержня о рельсы 0,1.

50.16. Горизонтальные рельсы находятся на расстоянии 0,3 м друг от друга. На них лежит стержень, перпендикулярный рельсам. Какой должна быть индукция магнитного поля, чтобы стержень начал двигаться, если по нему пропустить ток 50 А? Коэффициент трения скольжения о рельсы 0,2. Масса стержня 0,5 кг.

50.17. В однородном магнитном поле с индукцией 0,89 Тл перпендикулярно линиям магнитной индукции расположен проводник из меди длиной 0,2 м. Определите напряжение, приложенное к проводнику, если его сила тяжести уравновешивается силой Ампера. Плотность меди $8900 \text{ кг}/\text{м}^3$, удельное сопротивление $1,7 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$.

50.18. Прямой проводник с током 1 А приобрел под действием перпендикулярного ему магнитного поля ускорение 2 м/с². Площадь поперечного сечения проводника 1 мм², плотность его материала 2500 кг/м³. Найдите индукцию поля. Силой трения пренебречь.

50.19. Прямой проводник длиной 10 см подвешен горизонтально на двух нитях в однородном магнитном поле с индукцией 10 мТл. Вектор индукции горизонтален и перпендикулярен проводнику. На сколько изменится сила натяжения каждой нити, если по проводнику пропустить ток 10 А?

50.20. Однородный провод, согнутый в форме квадрата, свободно вращается вокруг горизонтальной оси, совпадающей с одной из сторон квадрата. Рамка находится в однородном вертикальном магнитном поле. Если по проводу течет ток 2 А, рамка отклоняется от вертикали на 30°. При какой силе тока угол отклонения будет равен 60°?

Четвертый уровень

50.21. Вдоль диэлектрической наклонной плоскости, образующей угол $\alpha = 30^\circ$ с горизонтом, может скользить металлический стержень массой 1 кг (рис. 188). Какой минимальный ток нужно пропустить по стержню, чтобы он оставался в покое, если вся система находится в однородном магнитном поле с индукцией 0,2 Тл, направленной вниз? Длина стержня 0,5 м, коэффициент трения 0,2.

50.22. Горизонтальный проводящий стержень прямоугольного сечения поступательно движется с ускорением вверх по гладкой наклонной плоскости в вертикальном однородном магнитном поле (рис. 189). По стержню про текает ток. Угол наклона плоскости $\alpha = 30^\circ$. Отношение массы стержня к его длине 0,1 кг/м. Модуль индукции

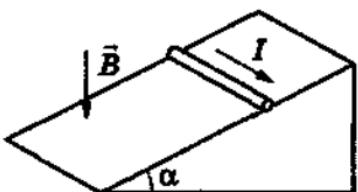


Рис. 188

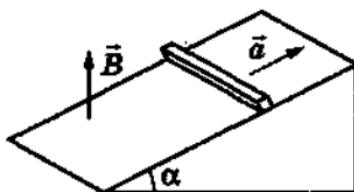


Рис. 189

магнитного поля 0,2 Тл. Ускорение стержня $1,9 \text{ м/с}^2$. Чему равна сила тока в стержне?

50.23. Стержень длиной 20 см подвешен на тонких гибких проводах. На какую высоту поднимется стержень, подвешенный в горизонтальном магнитном поле с индукцией 5 Тл, если через него пропустить ток силой 15 А в течение 1 мс? Смещением стержня во время пропускания тока пренебречь. Масса стержня 100 г.

51. Сила Лоренца

Первый уровень

51.1. Электрон влетает перпендикулярно линиям индукции магнитного поля со скоростью 10^7 м/с . С какой силой поле действует на электрон? Индукция магнитного поля 5 мТл, заряд электрона $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$.

51.2. На заряженную частицу, влетевшую в однородное магнитное поле с индукцией 0,25 Тл, перпендикулярно силовым линиям, действует сила Лоренца 1,5 мкН. Определите скорость частицы, если ее заряд 1 мкКл.

51.3. На частицу с зарядом 1 мкКл, влетающую в однородное магнитное поле со скоростью 10 м/с под углом 30° к линиям магнитной индукции, действует сила Лоренца 1,2 мкН. Определите величину индукции поля.

51.4. Найдите ускорение протона, который движется со скоростью 2 м/с в магнитном поле с индукцией 3 мТл перпендикулярно линиям поля. Отношение заряда протона к его массе (удельный заряд) 10^8 Кл/кг .

Второй уровень

51.5. Ядро атома гелия влетает в однородное магнитное поле с индукцией 1 Тл со скоростью $5 \cdot 10^6 \text{ м/с}$, направленной перпендикулярно линиям индукции. Определите радиус окружности, по которой движется частица, если ее масса $6,65 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$, заряд $3,2 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$.

51.6. Протон описал окружность радиусом 5 см в однородном магнитном поле с индукцией 20 мТл. Определите импульс протона, если его заряд равен $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$.

51.7. Заряженная частица движется в однородном магнитном поле по окружности со скоростью 10^6 м/с .

Индукция магнитного поля равна 0,312 Тл. Радиус окружности 4 см. Определите заряд частицы, если ее кинетическая энергия $2 \cdot 10^{-15}$ Дж.

51.8. Электрон влетает в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции. Через 1,8 нс направление вектора скорости электрона изменилось на противоположное. Определите величину индукции магнитного поля. Масса электрона $9,1 \cdot 10^{-31}$ кг, заряд $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

51.9. Протон влетел в однородное магнитное поле, описал дугу в $\frac{1}{4}$ окружности и снова вылетел из поля. Найдите время его движения в магнитном поле. Индукция магнитного поля 1 мТл. Масса протона $1,67 \cdot 10^{-27}$ кг, заряд $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

51.10. Электрон влетает в магнитное поле перпендикулярно ему и движется по окружности радиусом 1 см. Индукция магнитного поля 0,01 Тл. Найдите силу, действующую на электрон со стороны магнитного поля. Масса электрона $9,1 \cdot 10^{-31}$ кг, заряд $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

51.11. Две частицы, имеющие отношения зарядов $\frac{q_1}{q_2} = \frac{1}{4}$ и отношение масс $\frac{m_1}{m_2} = 2$, влетают в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции и движутся по окружностям. Определите отношение радиусов окружностей $\frac{R_1}{R_2}$ частиц, если отношение их скоростей $\frac{U_1}{U_2} = 2$.

51.12. В некоторой области пространства созданы однородные магнитное и электрическое поля. Перпендикулярно обоим полям движется по прямой положительно заряженная частица с постоянной скоростью. Найдите величину скорости, если вектор магнитной индукции составляет 0,3 Тл, а напряженность электрического поля 300 кВ/м.

Третий уровень

51.13. Два иона с одинаковыми зарядами и кинетическими энергиями влетают в однородное магнитное поле. Первый ион описал окружность радиусом 3 см, а вто-

рой – окружность радиусом 1,5 см. Определите отношение массы первого иона к массе второго.

51.14. Две заряженные частицы, заряды которых равны, а масса первой в 4 раза больше массы второй, в однородном магнитном поле вращаются по окружностям одного и того же радиуса. Во сколько раз кинетическая энергия второй частицы больше кинетической энергии первой?

51.15. Протон влетает в магнитное поле с индукцией $6,3 \text{ мТл}$ перпендикулярно линиям индукции. Сколько оборотов сделает протон за $0,1 \text{ с}$? Масса протона $1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$, заряд $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$.

51.16. Электрон, пролетевший ускоряющую разность потенциалов 500 В , влетел в однородное магнитное поле с индукцией $0,2 \text{ Тл}$ перпендикулярно линиям индукции. Найдите радиус кривизны траектории электрона. Масса электрона $9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$, заряд $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$.

51.17. Протон в магнитном поле с индукцией $0,01 \text{ Тл}$ движется по дуге окружности радиусом 10 см . После вылета из магнитного поля он полностью тормозится электрическим полем. Чему равна тормозящая разность потенциалов, если удельный заряд протона составляет 10^8 Кл/кг ?

51.18. Протон с энергией 1 МэВ влетает в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции поля. Какой должна быть минимальная протяженность поля в направлении движения протона, чтобы направление его скорости сменилось на противоположное? Индукция магнитного поля 1 Тл . Масса протона $1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$, заряд $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$.

51.19. Пройдя ускоряющую разность потенциалов $3,52 \text{ кВ}$, электрон влетел в однородное магнитное поле с индукцией $0,01 \text{ Тл}$ перпендикулярно линиям индукции и стал двигаться по дуге окружности радиусом 2 см . Найдите отношение заряда электрона к его массе (удельный заряд).

51.20. Электрон со скоростью 10^6 м/с влетает в совпадающие по направлению однородные магнитное и электрическое поля. Величина индукции магнитного поля 10^{-4} Тл , величина напряженности электрического поля 100 В/м . Вектор скорости электрона перпендикулярен силовым линиям полей. Найдите ускорение электрона. Масса электрона $9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$, заряд $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$.

51.21. Протон движется по окружности радиусом 8 см в магнитном поле с индукцией 0,6 Тл. Найдите величину напряженности однородного электрического поля, которое следует включить, чтобы протон стал двигаться по прямой. Масса протона $1,7 \cdot 10^{-27}$ кг, заряд $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

51.22. Шарик массой 1 г с зарядом 1 мКл, подвешенный на нити длиной 0,5 м, находится в вертикальном магнитном поле с индукцией 3 Тл и движется в нем по окружности так, что нить составляет с вертикалью угол 60° . Найдите угловую скорость шарика.

Четвертый уровень

51.23. Протон, ускоренный разностью потенциалов 500 кВ, пролетает поперечное однородное магнитное поле с индукцией 0,51 Тл. Найдите угол отклонения протона от первоначального направления, если толщина области поля 10 см. Масса протона $1,67 \cdot 10^{-27}$ кг, заряд $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

51.24. Протон влетает в однородное магнитное поле под углом 45° к линиям индукции и движется по винтовой линии с шагом 2 см. Определите начальный импульс частицы, если индукция магнитного поля 0,5 мТл. Заряд протона $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

51.25. Электрон движется в магнитном поле, индукция которого 2 мТл, по винтовой линии радиусом 2 см и шагом винта 5 см. Определите скорость электрона. Масса электрона $9,1 \cdot 10^{-31}$ кг, заряд $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

51.26. Электрон, ускоренный разностью потенциалов 250 В, влетает в однородное магнитное поле с индукцией 0,51 Тл под углом 60° . Найдите шаг винтовой линии, по которой будет двигаться электрон. Масса электрона $9,1 \cdot 10^{-31}$ кг, модуль заряда $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

51.27. Пучок протонов влетает в область однородного магнитного поля с индукцией 0,1 Тл. Направление поля перпендикулярно скорости пучка. В этом поле протоны движутся по дуге окружности радиусом 0,2 м и попадают на заземленную мишень. Рассчитайте тепловую мощность, выделяющуюся в мишени во время попадания протонов. Сила тока в пучке 0,1 мА. Удельный заряд протона 10^8 Кл/кг.

11 КЛАСС

52. Магнитный поток. Закон электромагнитной индукции

Первый уровень

52.1. Замкнутый контур площадью 12 см^2 находится в однородном магнитном поле с индукцией $0,3 \text{ Тл}$. Вектор магнитной индукции перпендикулярен плоскости контура. Чему равен магнитный поток, пронизывающий контур?

52.2. Определите магнитный поток через плоскость прямоугольной рамки со сторонами $0,2 \text{ м}$ и $0,5 \text{ м}$, если вектор магнитной индукции образует с нормалью к плоскости рамки угол 60° , а модуль вектора магнитной индукции $0,1 \text{ Тл}$.

52.3. Магнитный поток, пронизывающий проводящий контур, изменился на $0,1 \text{ Вб}$ за $0,5 \text{ с}$. Какова ЭДС индукции в контуре?

52.4. Найдите скорость изменения магнитного потока в соленоиде, состоящем из 100 витков, если в нем возникает ЭДС индукции 40 В .

52.5. Магнитный поток, пронизывающий контур проводника, изменился от $0,25 \text{ Вб}$ до 1 Вб , при этом ЭДС индукции оказалась равной $2,5 \text{ В}$. Найдите время изменения магнитного потока.

Второй уровень

52.6. В однородном магнитном поле, индукция которого $0,01 \text{ Тл}$, находится квадратная рамка, ее плоскость составляет с направлением магнитного поля угол 30° . Длина стороны рамки 4 см . Определите магнитный поток, пронизывающий эту рамку.

52.7. Неподвижный виток площадью 10 см^2 расположены перпендикулярно линиям индукции однородного магнитного поля. Какая ЭДС индукции возникает в этом

витке, если магнитная индукция будет равномерно возрастать с 0,2 Тл до 0,7 Тл в течение 0,01 с?

52.8. За 5 мс в соленоиде, содержащем 500 витков провода, магнитный поток, направленный перпендикулярно плоскости витков, равномерно убывает с 7 Вб до 1 Вб. Найдите силу индукционного тока, возникающего при этом в соленоиде, если сопротивление его проводника 100 Ом.

52.9. Сколько витков надо намотать на стальной сердечник сечением 25 см^2 , чтобы в этой обмотке при равномерном изменении индукции магнитного поля от 0 до 1 Тл в течение 5 мс возникла ЭДС индукции 50 В? Поле направлено перпендикулярно плоскости витков.

52.10. Металлическое кольцо радиусом 4,8 см расположено в магнитном поле с индукцией 12 мТл перпендикулярно полю. На его удаление из поля затрачивается 25 мс. Какая средняя ЭДС возникает в кольце?

52.11. Магнитный поток через контур из провода с электрическим сопротивлением 2 Ом равномерно увеличивается от 0 до $3 \cdot 10^{-4}$ Вб. Какой заряд в результате этого прошел через поперечное сечение проводника?

52.12. Плоский замкнутый контур площадью 10 см^2 , ограниченный металлическим проводником, деформируется в однородном магнитном поле индукцией 10^{-2} Тл. Площадь контура за 2 с уменьшается до 2 см^2 (плоскость контура остается перпендикулярной магнитному полю). Определите силу тока, протекающего по контуру во время его деформации, если сопротивление контура 1 Ом.

52.13. Вектор индукции однородного магнитного поля перпендикулярен плоскости проводящего квадратного контура со стороной 10 см и сопротивлением 0,1 Ом. С какой скоростью должна изменяться индукция магнитного поля, чтобы ток в катушке был равен 1 мА?

52.14. В однородном магнитном поле расположен виток площадью 100 см^2 . Сопротивление витка 1 Ом. Нормаль к плоскости витка образует с направлением вектора магнитной индукции угол 120° . Определите силу индукционного тока, возникающего в витке, при равномерном увеличении индукции магнитного поля от 0,2 Тл до 0,6 Тл за 0,01 с.

52.15. Поток магнитной индукции в проводящем контуре меняется по закону $\Phi = 2 + 0,5t$ (Вб). Чему равна сила индукционного тока в контуре, если его сопротивление 2,5 Ом?

52.16. Проволочная рамка, содержащая 40 витков, охватывает площадь 240 см^2 . Вокруг нее создается однородное магнитное поле, перпендикулярное ее плоскости. При повороте рамки на $\frac{1}{4}$ оборота за 1,15 с в ней наводится средняя ЭДС 160 мВ. Определите индукцию магнитного поля.

52.17. Магнитный поток, проходящий сквозь поверхность некоторого контура, меняется с течением времени так, как показано на рис. 190. Постройте график зависимости ЭДС индукции, возникающей в контуре, от времени.

52.18. Магнитный поток, пронизывающий неподвижное проволочное кольцо сопротивлением 5 Ом, изменяется с течением времени по закону, показанному на рис. 191. Определите силу индукционного тока на каждом из трех участков.

Третий уровень

52.19. Квадратная рамка из алюминиевой проволоки, площадь которой $P = 36 \text{ см}^2$, помещена в магнитное поле с индукцией 0,1 Тл. Нормаль к рамке параллельна вектору магнитной индукции поля. Площадь сечения проволоки $S = 1 \text{ мм}^2$. Какой заряд пройдет по рамке после выключения поля? Удельное сопротивление алюминия $2,8 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$.

52.20. В однородном магнитном поле, индукция которого равна $5 \cdot 10^{-3}$ Тл, находится плоская прямоугольная

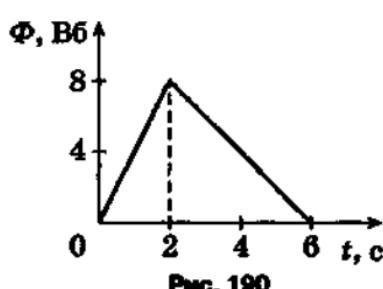


Рис. 190

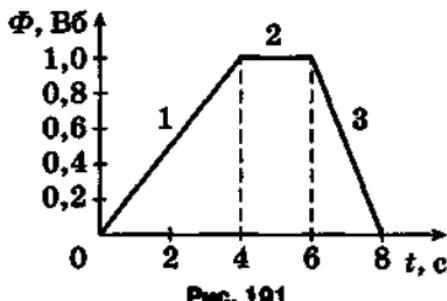


Рис. 191

рамка (рис. 192). Сопротивление рамки $0,5 \text{ Ом}$. Вначале плоскость рамки составляла угол $\alpha = 30^\circ$ с вектором индукции магнитного поля, затем рамку повернули так, что вектор индукции стал направлен параллельно плоскости рамки. В процессе поворота через рамку прошел заряд 5 мКл . Найдите площадь рамки.

52.21. Проволочный виток площадью 1 см^2 , имеющий сопротивление 1 мОм , пронизывается однородным магнитным полем, индукция которого перпендикулярна плоскости витка. Магнитная индукция меняется со скоростью $0,2 \text{ Тл/с}$. Какое количество теплоты выделится в витке за 5 с ?

52.22. Контур, содержащий 100 близко расположенных квадратных витков, помещен перпендикулярно силовым линиям магнитного поля с индукцией 1 Тл . С какой скоростью надо выдвинуть контур из магнитного поля, чтобы в нем индуцировалась ЭДС, равная 5 В ? Сторона витка 5 см .

52.23. Неподвижный проводящий квадратный контур со стороной 20 см помещен в однородное магнитное поле, индукция которого составляет с плоскостью контура угол 30° , а его величина возрастает от 0 до $0,5 \text{ Тл}$ за некоторое время. Определите заряд, прошедший через контур за это время. Сопротивление контура 1 Ом .

52.24. Рамка из проволоки, в которую вмонтирован конденсатор, пронизывается перпендикулярно ее плоскости однородным магнитным полем (рис. 193). Индукция магнитного поля равномерно увеличивается со скоростью $0,02 \text{ Тл/с}$. Определите энергию заряженного конденсатора, если его емкость 4 мКФ , а площадь рамки 50 см^2 .

52.25. Проволочный виток в виде квадрата со стороной 10 см находится в однородном магнитном поле так, что линии индукции поля составляют угол 60° с плоскостью витка. Какой заряд появится на обкладках конден-

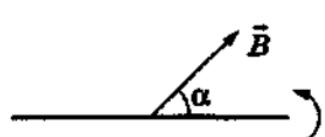


Рис. 192

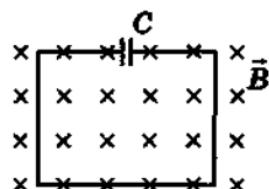


Рис. 193

сатора емкостью 10 мКФ , присоединенного к витку, если индукция магнитного поля будет убывать со скоростью $0,1 \text{ Тл/с}$?

52.26. Тонкий медный провод длиной $0,4 \text{ м}$ согнули в виде квадрата и поместили в однородное магнитное поле с индукцией $0,2 \text{ Тл}$ так, что его плоскость перпендикулярна силовым линиям поля. Определите величину заряда, который потечет по проводнику, если квадрат, потянув за противоположные вершины, вытянуть в линию. Сопротивление провода 1 Ом .

52.27. Соленоид диаметром 10 см , состоящий из 100 витков, расположен в магнитном поле с индукцией 5 Тл так, что его ось параллельна полю. За $0,05 \text{ с}$ соленоид поворачивается на 180° . Определите среднее значение ЭДС индукции, возникающей в соленоиде.

52.28. Плоский проводящий контур площадью 300 см^2 и сопротивлением $0,3 \text{ Ом}$ расположен в однородном магнитном поле с индукцией $0,05 \text{ Тл}$ таким образом, что его плоскость параллельна линиям индукции. Определите величину заряда, который пройдет по контуру, если при повороте плоскость контура стала перпендикулярна линиям индукции.

52.29. Два замкнутых круговых проводника лежат в одной плоскости. При равномерном изменении магнитного поля в первом возникла ЭДС индукции $0,15 \text{ В}$, а во втором – $0,6 \text{ В}$. Во сколько раз длина второго проводника больше длины первого?

52.30. Квадрат из проволоки сопротивлением 5 Ом поместили в однородное магнитное поле с индукцией $0,2 \text{ Тл}$ перпендикулярно линиям индукции, затем, не меняя его ориентации, деформировали в прямоугольник с отношением сторон $1 : 3$. В процессе деформации по контуру прошел заряд 4 мКл . Какова длина проволоки?

Четвертый уровень

52.31. Из двух одинаковых кусков проволоки изготовлены два контура – круглый и квадратный. Оба контура помещены в одной плоскости, в однородном магнитном поле, изменяющемся во времени. В круговом контуре индуцируется постоянный ток $0,4 \text{ А}$. Найдите величину тока в квадратной рамке.

52.32. Плоская прямоугольная рамка со сторонами 5 см и 15 см находится в магнитном поле с индукцией 0,2 Тл, перпендикулярной плоскости рамки. Сила тока в рамке 1 А. Эту рамку деформируют и превращают в окружность, не изменяя периметра и ориентации плоскости рамки относительно вектора магнитной индукции. Сила тока в рамке не изменяется. Найдите работу по изменению формы рамки.

52.33. Кольцо радиусом 6 см из провода сопротивлением 0,2 Ом расположено перпендикулярно однородному магнитному полю с индукцией 20 мТл. Кольцо складывается так, что получаются два одинаковых кольца в виде восьмерки, лежащей в той же плоскости, что и первое кольцо. Какой электрический заряд пройдет по проводу?

52.34. Из провода длиной 3,6 м необходимо сделать цилиндрическую катушку, чтобы в ней при равномерном изменении однородного магнитного поля, направленного вдоль оси, от 0,1 Тл до 0,2 Тл за 5 мс возникла ЭДС индукции, равная 0,9 В. Чему равен радиус такой катушки?

52.35. В магнитном поле с индукцией 0,05 Тл, с постоянной угловой скоростью 20 рад/с вращается стержень длиной 1 м. Ось вращения проходит через конец стержня и параллельна линиям индукции поля. Найдите ЭДС индукции, возникающую в стержне.

52.36. Металлический стержень длиной $l = 10$ см вращается вокруг точки О с частотой 10 с^{-1} в плоскости, перпендикулярной однородному магнитному полю с индукцией $B = 0,01$ Тл (рис. 194). Свободный конец стержня скользит по проволоке в виде дуги окружности. Между дугой и осью вращения включено сопротивление $R = 10$ Ом. Определите ток, текущий по цепи, если сопротивление проволоки, стержней и контактов пренебрежимо малы.

52.37. В однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,02$ Тл вращается массивный медный диск радиусом $r = 20$ см. Магнитное поле перпендикулярно плоскости диска, вращающегося с частотой $v = 1$ Гц (рис. 195). С помощью скользящих контактов резистор сопротивлением $R = 4$ Ом подключен к оси О и ободу диска. Какое количество теплоты выделится в резисторе за время, в течение которого диск совершил $N = 1000$ оборотов вокруг оси?

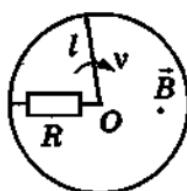


Рис. 194

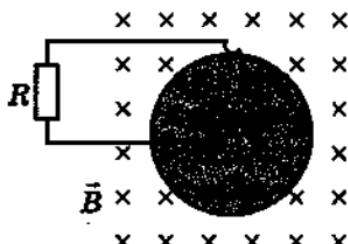


Рис. 195

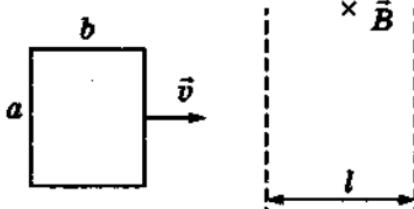


Рис. 196

52.38. Прямоугольная рамка, стороны которой $a = 5$ см и $b = 4$ см, движется со скоростью 1 м/с к области однородного магнитного поля с индукцией 0,2 Тл (рис. 196). Ширина области магнитного поля $L > b$. При пересечении магнитного поля в рамке выделилось 444 мДж теплоты. Сколько витков в рамке, если витки замкнуты и выполнены из проволоки с удельным сопротивлением $1 \cdot 10^{-7}$ Ом · м и площадью поперечного сечения 1 мм^2 ?

53. ЭДС индукции в движущихся проводниках

Первый уровень

53.1. Прямолинейный проводник длиной 35 см движется со скоростью 8 м/с в магнитном поле с индукцией 0,02 Тл. Угол между вектором индукции и скоростью проводника 45° . Какая ЭДС индуцируется в проводнике?

53.2. Какую длину активной части должен иметь проводник, чтобы при перемещении его со скоростью 15 м/с перпендикулярно линиям индукции поля в нем возникала ЭДС индукции 3 В? Магнитная индукция поля 0,4 Тл.

53.3. С какой скоростью движется проводник в магнитном поле с индукцией 0,1 Тл перпендикулярно линиям индукции, если между концами проводника возникла разность потенциалов, равная 0,2 В? Длина активной части проводника 50 см.

53.4. Проводник, активная длина которого 0,4 м, движется со скоростью 10 м/с, направленной под углом 30° к линиям индукции однородного магнитного поля. Определите индукцию магнитного поля, если на концах проводника возникает ЭДС индукции 2 В.

53.5. Под каким углом к линиям индукции однородного магнитного поля с индукцией 0,5 Тл надо перемещать проводник длиной 0,4 м со скоростью 15 м/с, чтобы в нем возникла ЭДС индукции, равная 2,12 В?

Второй уровень

53.6. Какой ток идет через гальванометр, присоединенный к железнодорожным рельсам, при приближении к нему поезда со скоростью 60 км/ч? Вертикальная составляющая индукции земного магнитного поля 50 мТл. Сопротивление гальванометра 100 Ом. Расстояние между рельсами 1,2 м, рельсы считать изолированными друг от друга и от земли.

53.7. С какой скоростью надо перемещать стальной проводник массой 20 г под углом 30° к линиям магнитной индукции, чтобы в нем возникла ЭДС индукции 0,1 В? Индукция магнитного поля 0,2 ТЛ, площадь поперечного сечения проводника 4 мм^2 , плотность стали 7800 кг/м³.

53.8. По горизонтальным рельсам, расположенным в вертикальном магнитном поле с индукцией 0,01 Тл, скользит проводник длиной 1 м с постоянной скоростью 10 м/с. Концы рельсов замкнуты на резистор сопротивлением 2 Ом. Найдите количество теплоты, которое выделится в резисторе за 4 с. Сопротивлением рельсов и проводов пренебречь.

53.9. Горизонтальный проводник длиной 1 м движется равномерно в вертикальном однородном магнитном поле, индукция которого направлена перпендикулярно проводнику и скорости его движения (рис. 197). При начальной скорости, равной нулю, и ускорении 8 м/с²

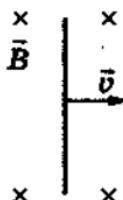


Рис. 197

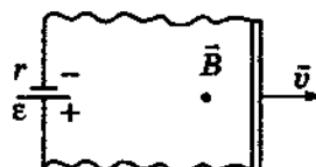


Рис. 198

он за некоторое время переместился на 1 м. Какова индукция магнитного поля, если ЭДС индукции на концах проводника в конце движения равна 2 В?

53.10. Прямолинейный проводник длиной 1,2 м с помощью гибких проводов присоединен к источнику тока с ЭДС 24 В и внутренним сопротивлением 0,5 Ом. Этот проводник помещен в однородное магнитное поле с индукцией 0,8 Тл (рис. 198). Сопротивление внешней цепи 2,5 Ом. Определите силу тока в цепи в тот момент, когда проводник двигался перпендикулярно силовым линиям со скоростью 12,5 м/с.

Третий уровень

53.11. По двум параллельным проводникам, находящимся друг от друга на расстоянии 0,5 м, перемещают перемычку с постоянной скоростью 10 м/с. Между проводниками включены последовательно два конденсатора (рис. 199). Отношение емкостей конденсаторов $\frac{C_2}{C_1} = 1,5$. Вся система находится в постоянном однородном магнитном поле, вектор индукции которого перпендикулярен плоскости, в которой лежат проводники. Какова индукция магнитного поля, если на конденсаторе C_2 напряжение 0,5 В?

53.12. Плоскость прямоугольной проволочной рамки перпендикулярна линиям индукции магнитного поля. Сторона bc длиной 1 см может скользить без нарушения контакта с постоянной скоростью 10 см/с по сторонам ab и dc (рис. 200). Между точками a и d включена лампочка сопротивлением 5 Ом. Какую силу надо приложить к стороне bc для осуществления такого движения? Индукция магнитного поля 10^3 Тл. Сопротивлением рамки пренебречь.

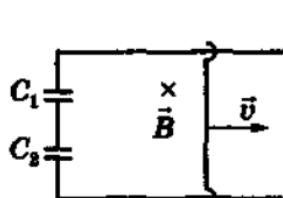


Рис. 199

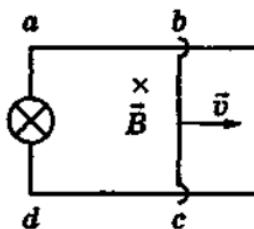


Рис. 200

53.13. По П-образной рамке, помещенной в однородное магнитное поле, перпендикулярно плоскости рамки движется без трения с постоянной скоростью 2 м/с перемычка, сопротивление которой 2 Ом (рис. 201). К перемычке приложена сила 4 Н. Найдите силу тока в перемычке. Сопротивлением рамки пренебречь.

53.14. В однородном магнитном поле с индукцией 10^{-2} Тл расположены вертикально на расстоянии $L = 50$ см два металлических прута, замкнутые наверху (рис. 202). Плоскость, в которой расположены прутья, перпендикулярна линиям индукции магнитного поля. По прутьям без нарушения контакта скользит вниз с постоянной скоростью 1 м/с перемычка массой 1 г. Определите сопротивление перемычки. Сопротивлением остальной части пренебречь.

53.15. Медный стержень АВ длиной $l = 0,4$ м качается на одинаковых тонких шелковых нитях в вертикальном магнитном поле с индукцией 0,1 Тл. При этом стержень движется поступательно, а его скорость всегда перпендикулярна АВ (рис. 203). Максимальная ЭДС индукции 0,12 В. Найдите длину нитей.

53.16. Тонкий алюминиевый брускок прямоугольного сечения, имеющий длину 0,5 м, соскальзывает из гори-

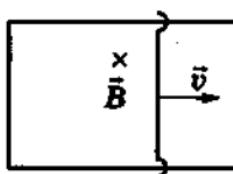


Рис. 201

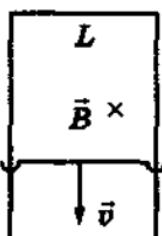


Рис. 202

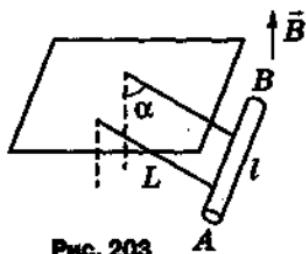


Рис. 203

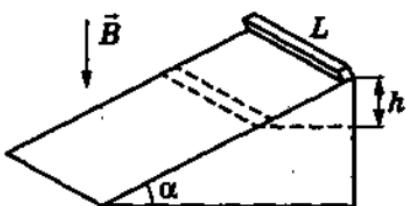


Рис. 204

зонтального положения по гладкой наклонной плоскости из диэлектрика в вертикальном магнитном поле с индукцией B (рис. 204). Плоскость наклонена под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту. Продольная ось бруска при движении сохраняет горизонтальное направление. В момент, когда брусок спустился на высоту $h = 0,8$ м, ЭДС индукции на концах бруска 0,17 В. Найдите величину индукции магнитного поля.

Четвертый уровень

53.17. По двум медным шинам, установленным под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту, скользит под действием силы тяжести перемычка массой 50 г и длиной 30 см (рис. 205). Скольжение происходит в однородном магнитном поле с индукцией 1 Тл. Поле перпендикулярно плоскости перемещения перемычки. Вверху шины соединены резистором с сопротивлением 1,2 Ом. Коэффициент трения скольжения между поверхностью шин и перемычки равен 0,4. Пренебрегая сопротивлением шин и перемычки, найдите ее установившуюся скорость. Перемычка перпендикулярна шинам.

53.18. По П-образной рамке, наклоненной под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту и помещенной в однородное

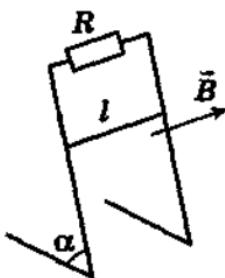


Рис. 205

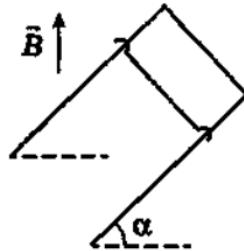


Рис. 206

магнитное поле, начинает соскальзывать без трения перемычка массой 30 г (рис. 206). Длина перемычки 10 см, ее сопротивление 1 мОм, индукция поля 0,1 Тл. Найдите установившуюся скорость перемычки. Сопротивлением движению пренебречь.

54. Индуктивность. Энергия катушки с током. Явление самоиндукции

Первый уровень

54.1. Определите индуктивность витка проволоки, если при силе тока 6 А создается магнитный поток, равный 0,3 Вб.

54.2. Чему равна сила тока в катушке индуктивностью 0,3 Гн, если ток создает в ней результирующий магнитный поток 1,5 Вб?

54.3. Чему равна энергия магнитного поля катушки индуктивностью 0,7 Гн, когда по ней проходит ток 2 А?

54.4. При помощи реостата равномерно увеличивают ток в катушке индуктивностью 2 Гн со скоростью 10 А/с. Определите возникающую в катушке ЭДС самоиндукции.

54.5. Чему равна индуктивность катушки, если за 0,5 с ток в цепи изменился на 5 А, а ЭДС самоиндукции на концах катушки составляет 25 В?

54.6. Определите скорость изменения силы тока в обмотке электромагнита индуктивностью 4 Гн, если в ней возникает ЭДС самоиндукции, равная 100 В.

Второй уровень

54.7. На катушке с сопротивлением 8,2 Ом и индуктивностью 25 мГн поддерживается постоянное напряжение 55 В. Определите энергию магнитного поля.

54.8. Катушка площадью 20 см^2 имеет индуктивность 0,02 Гн. Какой должна быть сила тока в катушке, чтобы индукция магнитного поля внутри катушки была 1 мТл, если катушка содержит 1000 витков?

54.9. Поток магнитной индукции через площадь перечного сечения катушки с 1000 витками изменился на 2 мВб в результате изменения тока с 4 А до 20 А. Найдите индуктивность контура.

54.10. Найдите индуктивность соленоида, если за 0,5 с ток в нем уменьшился в 4 раза и при этом в соленоиде возникла ЭДС самоиндукции 12 В. Начальное значение тока 8 А.

54.11. По катушке индуктивностью 0,2 Гн течет равномерно убывающий ток, в результате чего в ней возникает ЭДС самоиндукции 5 В. За какое время сила тока в катушке уменьшится вдвое, если в начальный момент времени она была 2 А?

54.12. По катушке протекает постоянный ток, создающий магнитное поле. Энергия этого поля 0,5 Дж, а магнитный поток, проходящий через катушку, равен 0,1 Вб. Определите величину тока в катушке.

54.13. Энергия магнитного поля катушки электромагнита с индуктивностью 0,2 Гн составляет 5 Дж. Определите ЭДС самоиндукции, возникающей в катушке, при равномерном уменьшении силы тока до нуля за 0,1 с.

54.14. Индуктивность катушки 0,1 Гн. Чему равен диаметр проводника, который намотан на катушку, если плотность тока в ней 1 A/mm^2 , а энергия магнитного поля 0,1 Дж?

54.15. На катушке с активным сопротивлением 10 Ом поддерживается напряжение 50 В. Определите величину полного магнитного потока через катушку, если энергия магнитного поля в ней 250 мДж.

Третий уровень

54.16. В неподвижной катушке энергия магнитного поля уменьшается в 4 раза за 0,1 с. Какова величина средней ЭДС самоиндукции в этой катушке, если ее индуктивность 0,5 Гн, а первоначальный ток 16 А?

54.17. Катушку с ничтожно малым активным сопротивлением и индуктивностью 3 Гн присоединяют к источнику с ЭДС 15 В. Через какой промежуток времени сила тока в катушке достигнет 50 В? Внутренним сопротивлением источника тока преиебречь.

54.18. По однослойной цилиндрической катушке с площадью поперечного сечения $15,7 \text{ см}^2$, содержащей 100 витков алюминиевого провода диаметром 1 мм, течет постоянный ток такой силы, что энергия поля катушки составляет 50 мДж. Магнитный поток самоиндукции,

пронизывающий один виток, 100 мкВб. Найдите количество теплоты, выделившейся в катушке за 10 с. Удельное сопротивление алюминия $28 \cdot 10^{-9}$ Ом · м.

Раздел 4. КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

55. Механические колебания

Первый уровень

55.1. Сколько полных колебаний совершил материальная точка за 5 с, если период колебаний 0,01 с?

55.2. Груз на пружине за 1 мин совершает 120 полных колебаний. Определите период и частоту колебаний.

55.3. Материальная точка колеблется с частотой 10 кГц. Определите период и число колебаний, совершенных за 30 с.

55.4. Колебательное движение описывается уравнением $x = 0,06 \sin(12,56t + 0,6)$. Определите период и амплитуду колебания.

55.5. Груз, подвешенный на пружине, колеблется с частотой 0,4 Гц. Определите циклическую частоту и период колебаний.

55.6. Найдите амплитуду, период, частоту и циклическую частоту колебаний, если закон колебания материальной точки имеет вид $x = 5 \cos 6,28t$.

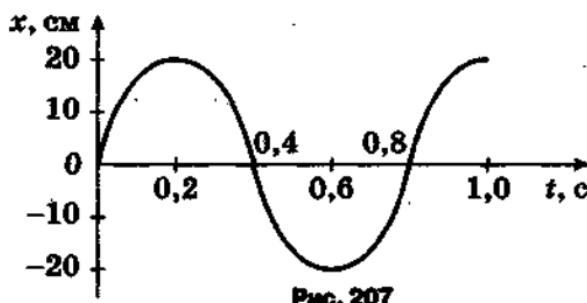
55.7. Частица колеблется по закону $x = 0,2 \sin \frac{2\pi}{T} \cdot t$.

Определите смещение частицы в момент времени $t = \frac{T}{4}$.

55.8. Период колебаний математического маятника равен 0,1 с. При какой частоте внешнего воздействия наступит явление резонанса?

55.9. Маятник установлен в кабине автомобиля, движущегося прямолинейно со скоростью 20 м/с. Определите частоту колебаний маятника, если за время, в течение которого автомобиль проходит 200 м, маятник совершает 27 полных колебаний.

55.10. Грузик на пружине колеблется вдоль прямой с амплитудой 2 см. Период колебаний 2 с. Определите



среднюю скорость движения грузика от положения равновесия до его максимального отклонения от положения равновесия.

55.11. По графику гармонических колебаний (рис. 207) определите амплитуду, период, частоту, циклическую частоту и запишите уравнение зависимости координаты колеблющегося тела от времени: $x(t)$.

Второй уровень

55.12. Период собственных колебаний Останкинской телевизионной башни 11,4 с, а наблюдавшееся максимальное отклонение при колебаниях под действием ветра составило 3,5 м. Найдите максимальную скорость и ускорение при таких колебаниях.

55.13. Материальная точка совершает синусоидальные колебания с амплитудой 8 см и начальной фазой $\frac{1}{3}\pi$. Частота колебаний составляет 0,25 Гц. Чему будет равно смещение точки от положения равновесия через 1 с после начала колебаний?

55.14. Координата материальной точки изменяется со временем по закону $x = A \cos \omega t$, где $A = 4$ см, $\omega = 6,28$ рад/с. Определите время, за которое точка пройдет из крайнего положения путь 8 см.

55.15. Один математический маятник совершает 75 полных колебаний за 5 с, а второй — 18 колебаний за 6 с. Во сколько раз частота колебаний первого маятника больше частоты колебаний второго?

55.16. Период колебаний первого маятника 2 с, второго — 3 с. На сколько колебаний больше совершил первый маятник за 1 мин?

55.17. На рис. 208 приведены графики зависимости смещения колеблющейся точки от времени. Напишите уравнения, описывающие движение точки, в каждом случае.

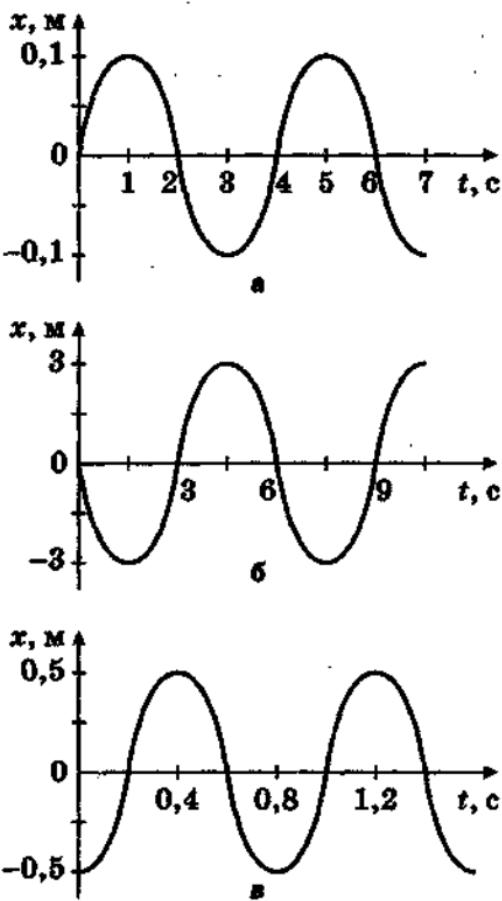


Рис. 208

55.18. Точка струны совершает колебания с частотой 1 кГц. Какой путь пройдет эта точка за 2 с, если амплитуда колебаний точки струны 1 мм?

55.19. Напишите уравнение гармонических колебаний точки, имеющей наибольшее отклонение 30 см от положения равновесия и совершающей 50 полных колебаний за 1 мин 40 с. В начальный момент времени ($t = 0$) точка имела максимальное смещение.

55.20. Материальная точка массой 10 г колеблется по закону $x = 0,05 \sin(0,6t + 0,8)$. Найдите максимальную силу, действующую на точку.

55.21. Найдите период гармонического колебания тела, фаза колебания которого увеличилась от 0 до 2 радиан за 4 с.

55.22. Частота гармонических колебаний математического маятника возрастает в 2 раза. На сколько процентов уменьшится при этом период колебания маятника?

Третий уровень

55.23. Уравнение колебательного движения материальной точки имеет вид $x = 0,2 \cos 2\pi t$. Определите смещение, скорость и ускорение материальной точки в момент времени $t = 0,5$ с.

55.24. Пружинный маятник, скрепленный со стеной, лежит на гладкой горизонтальной поверхности. В момент, когда пружина не деформирована, грузу сообщают начальную скорость 50 см/с. Найдите среднюю скорость груза за время, равное периоду его колебаний.

55.25. Небольшое тело совершает гармонические колебания, двигаясь по прямой. Зная, что его максимальная скорость 9,42 м/с, найдите величину средней скорости тела за время, в течение которого оно перемещается из одного крайнего положения в другое.

55.26. Амплитуда колебаний тела 4 см. Через какой минимальный промежуток времени от начала колебаний смещение тела составит 2 см, если колебания происходят по закону $x = X_m \cos \omega t$, а период колебаний составляет 0,6 с?

55.27. За какую часть периода частица, совершающая гармонические колебания, проходит первую половину пути от среднего положения до крайнего и вторую половину этого пути?

55.28. Груз, свободно колеблющийся на пружине, за время 0,01 с сместился из точки с координатой 0,5 см (от положения равновесия) до точки максимального отклонения с координатой 1 см. Каков период колебания груза?

Четвертый уровень

55.29. Материальная точка совершает гармонические колебания. В некоторый момент времени смещение точки равно 4 см, скорость 5 см/с, ускорение 80 см/с². Каковы максимальная скорость и ускорение материальной точки?

56. Математический маятник

Первый уровень

56.1. Определите период колебания математического маятника, длина нити которого 2,5 м.

56.2. Ускорение свободного падения на поверхности Луны $1,6 \text{ м/с}^2$. Какой длины должен быть математический маятник, чтобы его период колебаний на Луне был равен 1 с?

Второй уровень

56.3. Математический маятник длиной 99,5 см за 1 мин совершил 30 полных колебаний. Определите по этим данным ускорение свободного падения.

56.4. Какой длины должна быть нить математического маятника, чтобы он за 120 с совершил 60 полных колебаний?

56.5. Определите начальную длину математического маятника, если при уменьшении его длины до 1 м период колебаний уменьшился в 2 раза.

56.6. Найдите первоначальную длину математического маятника, если при уменьшении длины нити на 5 см частота колебаний увеличилась в 1,5 раза.

56.7. Математический маятник, состоящий из нити длиной 243 см и стального шарика радиусом 2 см, совершает гармонические колебания с амплитудой 10 см. Определите скорость шарика при прохождении им положения равновесия.

56.8. Математический маятник совершает колебания с амплитудой 1 см и имеет период колебаний 1 с. Определите максимальное значение ускорения маятника.

56.9. К потолку подвешены два маятника. За одинаковое время один маятник совершил 10 колебаний, а второй – 7. Какова длина первого маятника, если длина второго 1 м?

56.10. Математический маятник совершает 50 колебаний за 70 с. Определите период колебаний этого маятника после того, как его нить укоротили в 4 раза.

56.11. Найдите отношение длины первого математического маятника к длине второго, если они совершают

колебания по законам $x_1 = 0,02 \cos 3t$ и $x_2 = 0,03 \cos 6t$ соответственно.

Третий уровень

56.12. На сколько метров увеличилась длина нити математического маятника, если период его колебаний, первоначально равный 1,5 с, увеличился в 3 раза?

56.13. Один математический маятник имеет период колебаний 3 с, а другой – 4 с. Каков период колебаний маятника, длина которого равна сумме длин обоих маятников?

56.14. Два маятника, длина которых отличается на 22 см, совершают в одном и том же месте за некоторое время: один – 30 колебаний, другой – 36 колебаний. Найдите длину маятников.

56.15. С каким ускорением, направленным вниз, должна двигаться кабина лифта, чтобы находящийся в ней маятник за 2 мин 30 с совершил 100 колебаний? В неподвижной кабине период колебаний этого маятника равен 1 с.

56.16. Маятник длиной 1 м совершает гармонические колебания в кабине самолета. Чему равен период колебаний маятника при движении самолета в горизонтальном направлении с постоянным ускорением 3 м/с^2 ?

56.17. Математический маятник совершает колебания с амплитудой 2 см. Через 0,2 с после начала движения из положения равновесия его смещение было равно 1 см. Определите длину маятника.

56.18. Математический маятник с длиной нити 90 см совершает колебания вблизи вертикальной стенки. Под точкой подвеса маятника, на расстоянии $\frac{1}{3}$ от нее по вертикали (рис. 209), в стене вбит гвоздь. Определите период малых колебаний маятника.

Четвертый уровень

56.19. Часы с маятником длиной 1 м за сутки отстают на 1 ч. На сколько надо укоротить маятник часов, чтобы они показывали точное время?

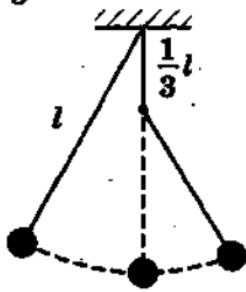


Рис. 209

56.20. Во сколько раз увеличится период колебаний математического маятника, если его поднять с уровня моря на Эверест? Радиус Земли 6400 км. Высота Эвереста над уровнем моря 8,9 км.

56.21. На какую часть следует уменьшить длину математического маятника, чтобы период колебаний маятника на высоте 10 км был равен периоду колебаний на поверхности Земли? Радиус Земли 6400 км.

56.22. Период колебания математического маятника на поверхности Луны в 2,46 раза больше его периода колебаний на Земле. Каков радиус Луны, если ее масса в 81 раз меньше массы Земли? Радиус Земли считать равным 6400 км.

57. Колебания груза на пружине

Первый уровень

57.1. На пружине жесткостью 100 Н/м подведен груз массой 250 г. Определите период вертикальных колебаний груза.

57.2. Груз массой 150 г совершает колебания на пружине жесткостью 200 Н/м. Определите частоту колебаний груза.

57.3. Пружинный маятник колеблется с периодом 1 с. Найдите массу груза, подвешенного к пружине, если ее жесткость 100 Н/м.

57.4. Груз массой 100 г совершает колебания на пружине с частотой 50 Гц. Найдите жесткость пружины.

57.5. Уравнение движения груза на пружине имеет вид $x = 0,02 \sin \pi t$. Определите коэффициент жесткости пружины, если масса груза 0,4 кг.

57.6. Колебания груза на пружине описывают уравнением $x = 0,03 \cos 3,2\pi t$. Найдите массу груза, если жесткость пружины 50 Н/м.

Второй уровень

57.7. Пружина под действием груза удлинилась на 1 см. С каким периодом начнет совершать колебания этот груз на пружине, если его вывести из положения равновесия?

57.8. Груз висит на пружине. Если его вывести из состояния равновесия, то он начнет совершать колебания с периодом 0,5 с. На сколько укоротится пружина, если с нее снять груз?

57.9. Небольшой груз подвешен на легкой пружине. На сколько укоротится пружина после снятия груза, если циклическая частота колебаний груза на этой пружине 10 рад/с?

57.10. Груз массой 0,25 кг колеблется на пружине жесткостью 100 Н/м. За какое время он совершил 10 полных колебаний?

57.11. Определите массу тела, которое на пружине жесткостью 250 Н/м делает 20 полных колебаний за 16 с.

57.12. Пружина под действием прикрепленного к ней груза массой 5 кг совершает 45 колебаний в минуту. Каков коэффициент жесткости пружины?

57.13. Два шарика, подвешенные на пружинах жесткостью 400 Н/м и 100 Н/м, совершают гармонические колебания с одинаковой частотой. Во сколько раз масса первого шарика больше массы второго?

57.14. Математический маятник длиной 50 см и груз на пружине жесткостью 200 Н/м совершают синхронные гармонические колебания. Найдите массу груза.

57.15. Во сколько раз уменьшится частота колебаний груза массой m , колеблющегося на вертикальной пружине, если к нему добавить груз массой $3m$?

57.16. Если к некоторому грузу, колеблющемуся на пружине, подвесить гирю массой 100 г, то частота колебаний уменьшится в 1,4 раза. Какой массы груз был первоначально подвешен к пружине?

57.17. Медный шарик, подвешенный к пружине, совершает вертикальные колебания. Во сколько раз уменьшится период колебаний, если медный шарик заменить на алюминиевый такого же объема? Плотность меди $8900 \text{ кг}/\text{м}^3$, плотность алюминия $2700 \text{ кг}/\text{м}^3$.

57.18. Груз, подвешенный на длинной легкой пружине, совершает колебания с периодом 1 с. Затем пружину перерезают пополам и груз подвешивают к половине пружины. Определите период колебаний груза в этом случае.

57.19. Период колебаний груза на пружине равен 1,2 с. Определите период колебаний этого груза, если пружины разрезать пополам и половины соединить параллельно.

57.20. Две пружины с коэффициентами жесткости 2 Н/м и 8 Н/м соединены один раз последовательно, второй раз параллельно. Во сколько раз период колебаний в первом случае больше, чем во втором?

57.21. Во сколько раз увеличится частота вертикальных колебаний груза, висящего на двух одинаковых последовательно соединенных пружинах, если соединение пружин заменить параллельным?

57.22. Груз массой 100 г совершает гармонические колебания на пружине жесткостью 100 Н/м с амплитудой 3 см. Определите максимальное ускорение груза (амплитуду колебаний ускорения).

57.23. Груз массой 0,5 кг колеблется с амплитудой 2 см на пружине с коэффициентом жесткости 50 Н/м. Напишите уравнение колебаний груза и определите его смещение в момент времени $t = \frac{T}{6}$. Считать, что в начальный момент времени отклонение груза от положения равновесия было максимальным.

Третий уровень

57.24. По грунтовой дороге прошел трактор, оставив след в виде ряда углублений, находящихся на расстоянии 30 см друг от друга. По этой дороге покатили детскую коляску, имеющую две одинаковые рессоры, каждая из которых прогибается на 2 см под действием груза массой 1 кг. С какой скоростью катили коляску, если от толчков на углублениях она, попав в резонанс, начала сильно раскачиваться? Масса коляски 10 кг.

57.25. Пружинный маятник колеблется с периодом 1 с. Найдите модуль ускорения груза при его отклонении от положения равновесия на 0,1 м.

57.26. К двум пружинам по очереди подвешивают один и тот же груз. Период колебаний груза на первой пружине равен 0,3 с, а на второй – 0,4 с. Определите период колебаний груза, подвешенного к этим пружинам, соединенным последовательно.



Рис. 210

57.27. Груз, подвешенный к пружине, совершает вертикальные колебания с периодом 0,6 с. После замены груза на другой груз период колебаний стал 0,8 с. Каким будет период колебаний, если оба груза подвесить на пружине одновременно?

57.28. К пружине подвешена чашка весов с гирами. Период вертикальных колебаний чашки равен 1,1 с. После того как на чашку положили добавочные гири, период вертикальных колебаний стал равен 1,2 с. На сколько сместилась точка равновесия пружинного маятника после добавления гирь?

57.29. Определите период колебаний тела массой 200 г, прикрепленного к стенкам двумя пружинами с коэффициентами жесткости 80 Н/м и 40 Н/м (рис. 210). В положении равновесия пружина не деформирована. Силами трения пренебречь.

58. Энергия колебательной системы. Сохранение и превращение энергии при гармонических колебаниях

Первый уровень

58.1. Максимальное значение потенциальной энергии свободно колеблющегося маятника 10 Дж, максимальное значение его кинетической энергии 10 Дж. Чему равна полная механическая энергия маятника?

58.2. Полная энергия пружинного маятника 0,05 Дж, а скорость груза в момент прохождения положения равновесия 1 м/с. Найдите массу груза, колеблющегося на пружине.

58.3. Скорость колеблющегося на пружине груза массой 0,5 кг меняется по закону $v = 2 \cos 0,5\pi t$. Определите максимальную кинетическую энергию груза в процессе колебания.

Второй уровень

58.4. К пружине, имеющей коэффициент упругости 800 Н/м, подвешен груз и приведен в колебательное движение. Определите амплитуду колебания, зная, что максимальная энергия груза 2,5 Дж.

58.5. Шарик, движущийся горизонтально под действием пружины, совершает свободные гармонические колебания. Полная энергия равна 0,6 Дж. На расстоянии 3 см от положения равновесия сила упругости, действующая на шарик со стороны пружины, равна 10 Н. Определите амплитуду колебаний.

58.6. Амплитуда гармонических колебаний материальной точки 2 см, полная энергия колебаний 0,3 мкДж. При каком смещении из положения равновесия на колеблющуюся точку действует сила 22,5 мкН?

58.7. Тело массой 0,2 кг совершает гармонические колебания с циклической частотой 5 рад/с. Определите амплитуду колебаний, если полная энергия равна 0,1 Дж.

58.8. Тело массой 200 г совершает колебания на пружине с жесткостью 100 Н/м. Амплитуда колебаний 10 см. Определите максимальную скорость движения тела.

58.9. Движение тела массой 2 кг описывается уравнением $x = 0,8 \sin\left(\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$. Определите полную энергию колеблющегося тела.

58.10. Определите отношение значений кинетической и потенциальной энергий колебаний груза на пружине в момент, когда смещение груза от положения равновесия составляет $\frac{2}{3}$ амплитуды.

58.11. Груз массой 200 г совершает колебания на пружине с периодом 0,4 с. Амплитуда колебаний 10 см. Определите полную механическую энергию колебаний.

58.12. Определите полную энергию колебаний маятника, состоящего из шарика массой 12 г, подвешенного на нити длиной 50 см, если амплитуда колебаний маятника 5 см. Массой и деформацией нити пренебречь.

58.13. Грузик массой 10 г совершает колебания на нити длиной 1 м и обладает энергией 15 мДж. Чему равна амплитуда колебаний грузика?

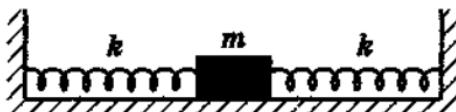


Рис. 211

58.14. Груз имеет массу 1 кг, а связанные с ним пружины имеют жесткость 1250 Н/м каждая (рис. 211). Какой будет амплитуда колебаний этого груза, если ему сообщить начальную скорость 2 м/с? Горизонтальная плоскость гладкая.

Третий уровень

58.15. Тело совершает гармонические колебания. Определите амплитуду колебаний, если максимальная сила, действующая на тело в процессе колебаний, 5 Н, а максимальная энергия равна 0,4 Дж.

58.16. Смещение груза пружинного маятника меняется с течением времени по закону $x = A \sin \frac{2\pi}{T} \cdot t$, где $T = 2$ с. Через какое минимальное время с момента начала колебаний потенциальная энергия маятника достигнет половины своего максимума?

58.17. Груз на пружине жесткостью 1 кН/м совершает гармонические колебания в горизонтальной плоскости. Зависимость смещения от фазы имеет вид $x = 0,02 \cos \varphi$. Найдите потенциальную и кинетическую энергию системы при фазе $\varphi = \frac{\pi}{3}$.

58.18. Шарик массой 20 г совершает гармонические колебания с амплитудой 0,25 м и периодом 4 с. В начальный момент времени смещение равно амплитуде. Найдите кинетическую и потенциальную энергию системы через 1 с после начала колебаний.

58.19. Материальная точка совершает гармонические колебания по закону $x = A \cos \omega t$. Найдите отношение кинетической энергии точки к ее полной энергии в момент времени $t = \frac{T}{6}$.

58.20. При гармонических колебаниях груза на пружине жесткостью 400 Н/м его смещение от положения

равновесия в некоторый момент времени равно половине амплитуды, а модуль силы упругости равен 20 Н. Найдите кинетическую энергию груза, соответствующую этому моменту.

58.21. Пружинный маятник совершает гармонические колебания с амплитудой 0,04 м. При смещении на 0,03 м сила упругости равна $9 \cdot 10^{-5}$ Н. Определите кинетическую энергию, соответствующую данному смещению.

58.22. Материальная точка совершает колебания, описываемые уравнением $x = 0,05 \sin 2t$. В некоторый момент времени сила, действующая на материальную точку, и ее потенциальная энергия соответственно равны $5 \cdot 10^{-3}$ Н и 10^{-4} Дж. Чему равна кинетическая энергия точки в этот момент?

58.23. Шарик массой 100 г, подвешенный на нити, отклонили из положения равновесия на угол 60° . Чему равна потенциальная энергия шарика относительно положения равновесия, если частота малых колебаний такого маятника 1 Гц?

58.24. При малых колебаниях математического маятника длиной 1 м максимальная скорость движения груза 0,8 м/с. Найдите скорость груза в момент, когда косинус угла отклонения маятника от вертикали равен 0,986.

58.25. Тело массой $M = 10$ кг, насаженное на гладкий горизонтальный стержень, связано пружиной с неподвижной стенкой (рис. 212). В это тело попадает и застревает в нем пуля массой $m = 10$ г, летевшая горизонтально со скоростью 500 м/с, направленной вдоль стержня. Тело вместе с застрявшей в нем пулей начинает колебаться с амплитудой 10 см. Найдите период колебаний тела.

58.26. На гладком горизонтальном столе лежит шар массой $M = 110$ г, прикрепленный к пружине жесткостью

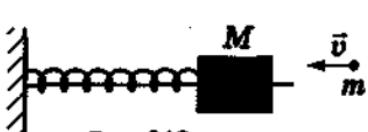


Рис. 212

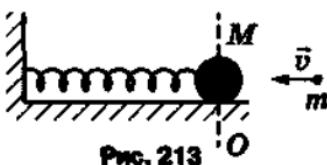


Рис. 213

10 Н/м. В шар попадает пуля, имеющая массу $m = 10$ г, летящая со скоростью $v_0 = 50$ м/с вдоль оси пружины (рис. 213). Считая удар неупругим и пренебрегая массой пружины и сопротивлением воздуха, определите амплитуду и период колебаний шара.

58.27. Шарик, прикрепленный к пружине, совершает гармонические колебания на гладкой горизонтальной поверхности с амплитудой 12 см (рис. 214). На сколько сантиметров сместится шарик от положения равновесия за время, в течение которого его кинетическая энергия уменьшится в 2 раза?

Четвертый уровень

58.28. Чему равно отношение кинетической энергии точки, совершающей гармонические колебания, к ее потенциальной энергии для момента времени $t = \frac{T}{12}$? Начальная фаза колебания равна нулю. В момент времени $t = 0$ тело находилось в точке с координатой $x = 0$.

58.29. К свободному концу вертикальной недеформированной пружины, прикрепленной к потолку, подвешивают груз и отпускают его без начальной скорости. Амплитуда возникших колебаний составляет 40 мм. Найдите период колебаний груза и величину максимальной скорости.

58.30. С высоты $h = 1$ м относительно блюдца массой $M = 400$ г, закрепленного на пружине жесткостью $k = 100$ Н/м, падает и прилипает к нему кусочек пластилина массой $m = 100$ г (рис. 215). Найдите амплитуду колебаний блюдца с пластилином.



Рис. 214

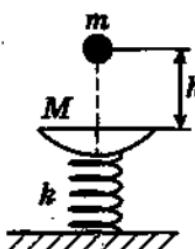


Рис. 215

59. Различные колебательные системы

Четвертый уровень

59.1. В идеально гладкую сферическую полость радиусом 1 м положили небольшой грузик и отпустили. Сколько раз в течение 5 с грузик побывает в положении равновесия, если известно, что амплитуда его колебаний ничтожно мала по сравнению с радиусом полости?

59.2. Определите период малых колебаний математического маятника длиной 20 см, если он находится в жидкости с плотностью, в 3 раза меньшей плотности материала шарика. Сопротивлением жидкости при движении шарика пренебречь.

59.3. Математический маятник в виде железного шарика массой 40 г, подвешенного на нити длиной 1 м, совершает гармонические колебания. Если снизу под шарик поместить магнит, то он будет притягивать шарик с постоянной силой 0,24 Н. Определите период колебаний маятника в новом состоянии.

59.4. Найдите период колебаний жидкости в U-образном сосуде постоянного сечения. Длина столба всей жидкости 20 см.

59.5. В сообщающиеся сосуды цилиндрической формы налита ртуть. Найдите период колебаний ртути, если площадь поперечного сечения каждого сосуда $0,3 \text{ см}^2$, а масса ртути 484 г.

59.6. Набухшее бревно, сечение которого постоянно по всей длине, погрузилось вертикально в воду так, что над водой находится лишь пренебрежимо малая (по сравнению с длиной) его часть. Период вертикальных колебаний бревна 5 с. Определите длину бревна.

59.7. Ареометр массой 0,2 кг плавает в жидкости. Если его погрузить немного в жидкость, а затем отпустить, то он начинает совершать колебания с периодом 3,4 с. Считая колебания ареометра гармоническими, найдите плотность жидкости, в которой он плавает. Радиус вертикальной цилиндрической трубки равен 5 мм.

59.8. Четыре одинаковых шарика массой 100 г каждый, соединенные одинаковыми пружинами жесткостью 10 Н/м, образуют квадрат (рис. 216). Одновременно всем

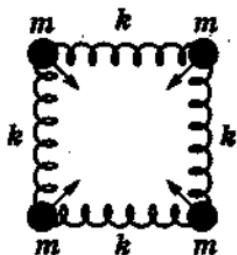


Рис. 216



Рис. 217

четырем шарикам сообщили одинаковые по модулю скорости, направленные к центру квадрата. Через какое время после этого пружины будут сильнее всего сжаты?

59.9. В Земле прорыт прямой тоннель, не проходящий через центр (рис. 217). Определите время движения поезда с выключенным двигателем по такому тоннелю, если влиянием вращения Земли на движение поезда и трением пренебречь. Плотность Земли считать одинаковой по всему объему, радиус – равным 6400 км.

59.10. Предположим, что в Земле прорыт прямолинейный железнодорожный тоннель длиной 1000 км. Вагон ставят на рельсы в начале тоннеля и отпускают без начальной скорости. Найдите максимальную скорость вагона. Землю считать шаром радиусом 6400 км с одинаковой плотностью по всему объему. Вращение Земли, сопротивление воздуха и все виды трения при движении не учитывать.

59.11. В тоннель, пронизывающий земной шар по диаметру, с поверхности Земли опустили тело. Найдите период колебаний этого тела. Силами сопротивления пренебречь, плотность Земли считать везде одинаковой. Радиус Земли принять равным 6400 км, ускорение свободного падения на поверхности Земли 10 м/с^2 .

59.12. Платформа совершает гармонические колебания в горизонтальном положении с частотой 0,25 Гц. На платформе лежит груз, коэффициент трения о платформу 0,1. Какой может быть максимальная амплитуда колебаний платформы, чтобы груз не скользил по ней?

59.13. Две идеально гладкие плоскости составляют двугранный угол. Левая плоскость наклонена к горизонту под углом $\alpha = 30^\circ$, а правая – под углом $\beta = 60^\circ$. Определите период колебаний шарика, скользящего вниз

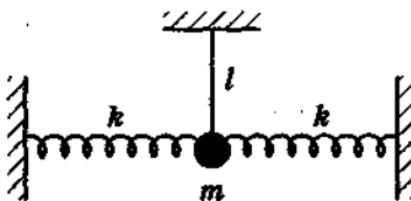


Рис. 218

и вверх по этим плоскостям, если вначале он находился на левой плоскости на высоте 20 см.

59.14. Найдите частоту малых колебаний маятника, изображенного на рис. 218. Длина нити 1 м, масса шарика 1 кг, жесткость пружины 7,5 Н/м.

60. Электромагнитные колебания. Колебательный контур

Первый уровень

60.1. Напряжение на обкладках конденсатора меняется по закону $u = 80 \cos 20\pi t$. Найдите максимальное напряжение на конденсаторе, циклическую частоту и период колебаний в контуре.

60.2. Заряд на конденсаторе меняется по закону $q = 2 \cdot 10^{-6} \cos 10^4 \pi t$. Найдите амплитуду, период и частоту колебаний.

60.3. Определите период собственных электромагнитных колебаний контура, если индуктивность катушки 2 мГн, а емкость конденсатора 800 нФ.

60.4. Чему равна частота свободных электромагнитных колебаний в контуре, конденсатор которого имеет емкость 100 нФ, а катушка – индуктивность 1 мГн?

60.5. Катушка, входящая в состав колебательного контура, имеет индуктивность 0,65 мГн. Определите емкость конденсатора, если частота собственных колебаний контура 4,2 кГц.

60.6. Частота собственных колебаний колебательного контура равна 5,3 кГц. Определите индуктивность катушки, если емкость конденсатора 6 мкФ.

60.7. В колебательном контуре индуктивность катушки 0,1 Гн. Величина тока изменяется по закону

$i = 0,28 \sin(1000t + 0,3)$. Определите емкость конденсатора в контуре.

60.8. Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью 0,2 мГн и конденсатора. Определите полную энергию колебательного контура, если ток в катушке достигает максимального значения 1 А?

60.9. Максимальный заряд конденсатора в колебательном контуре равен $4 \cdot 10^{-8}$ Кл. Определите энергию колебательного контура, если емкость его конденсатора 50 нФ.

60.10. Мгновенное значение тока в катушке индуктивности колебательного контура – 0,01 А, соответствующее ему значение заряда конденсатора – 0,4 мКл. Определите энергию колебательного контура, если индуктивность катушки 0,5 мГн, а емкость конденсатора 2 мКФ.

60.11. Определите силу тока в колебательном контуре в момент полной разрядки конденсатора, если энергия магнитного поля катушки равна $4,8 \cdot 10^{-3}$ Дж, а индуктивность катушки – 0,24 Гн.

60.12. В идеальном колебательном контуре, состоящем из конденсатора емкостью 0,01 мКФ и катушки, происходят гармонические колебания. Энергия конденсатора изменяется от максимального значения до нуля за 1 мкс. Определите индуктивность катушки.

Второй уровень

60.13. Разность потенциалов на обкладках конденсатора в колебательном контуре меняется по закону $u = 50 \cos 10^4 \pi t$. Емкость конденсатора 0,9 мКФ. По какому закону изменяется заряд на обкладках конденсатора с течением времени?

60.14. Заряд на обкладках конденсатора колебательного контура меняется по закону $q = 2 \cdot 10^{-6} \cos 10^4 \pi t$. Запишите уравнение зависимости силы тока в контуре от времени.

60.15. Заряд и напряжение на обкладках конденсатора в колебательном контуре меняются по закону: $q = 8 \cdot 10^{-6} \cos 10^8 t$; $u = 4 \cos 10^8 t$. Определите индуктивность контура.

60.16. Частота колебаний колебательного контура, состоящего из катушки индуктивности и конденсатора емкостью 10^{-6} Ф, составляет 400 Гц. Если параллельно конденсатору подключить второй конденсатор, то частота колебаний становится равной 100 Гц. Определите емкость второго конденсатора.

60.17. Колебательный контур имеет собственную частоту колебаний 16 кГц. Какой станет его собственная частота, если расстояние между пластинами плоского конденсатора увеличить в 4 раза?

60.18. Через какое минимальное время в долях периода на конденсаторе колебательного контура будет заряд, равный половине амплитудного значения? Процесс колебания начинается с момента зарядки конденсатора.

60.19. Амплитуда напряжения в колебательном контуре 100 В, частота колебаний 5 МГц. Через какое минимальное время напряжение на конденсаторе будет 71 В? Процесс колебания начинается с момента зарядки конденсатора.

60.20. Колебательный контур состоит из катушки, индуктивность которой 10^{-8} Гн, и конденсатора емкостью 10^{-5} Ф. Конденсатор зарядили до максимального напряжения 100 В. Определите максимальную силу тока в контуре при свободных колебаниях в нем.

60.21. Определите период колебаний колебательного контура, если максимальный заряд конденсатора в процессе колебаний равен $2 \cdot 10^{-8}$ Кл, а максимальный ток в катушке – 1 А.

60.22. Энергия конденсатора емкостью 1 нФ, включенного в идеальный колебательный контур, достигает при колебаниях максимального значения 0,1 мДж через 1 мкс. Определите амплитуду колебаний тока в контуре.

60.23. В колебательном контуре происходят свободные незатухающие электромагнитные колебания, период которых 0,2 мс. Найдите амплитуду колебаний заряда, если известно, что амплитуда колебаний силы тока 31,4 мА.

60.24. Колебательный контур состоит из катушки с индуктивностью 0,1 Гн и конденсатора емкостью 5 мкФ. В момент, когда напряжение на конденсаторе 2 В, ток в контуре 0,02 А. Каково максимальное напряжение на конденсаторе?

60.25. Из конденсатора емкостью 10 мкФ и катушки индуктивностью 0,1 Гн собран колебательный контур. В момент, когда напряжение на конденсаторе 30 В, ток в катушке 0,4 А. Каково максимальное значение тока в контуре?

60.26. К конденсатору емкостью 10 мкФ, заряд которого 20 мКл, подключили идеальную катушку индуктивностью 0,2 Гн. Найдите силу тока в контуре в тот момент, когда энергия распределится поровну между конденсатором и катушкой.

Третий уровень

60.27. Уравнение изменения со временем разности потенциалов на обкладках конденсатора в колебательном контуре имеет вид $u = 50 \cos 10^4 \pi t$. Запишите уравнение изменения со временем силы тока в катушке индуктивности, если емкость конденсатора 0,1 мкФ.

60.28. Контур состоит из катушки индуктивности и трех одинаковых, последовательно соединенных конденсаторов. Период колебаний в контуре равен 10 мкс. Каким станет период колебаний контура, если последовательное соединение конденсаторов заменить параллельным?

60.29. В колебательном контуре параллельно конденсатору емкостью C присоединили другой конденсатор, емкость которого $3C$. В результате частота электромагнитных колебаний изменилась на 300 Гц. Найдите первоначальную частоту колебаний.

60.30. Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью 0,2 Гн и конденсатора емкостью 10^{-6} Ф. В момент, когда напряжение на конденсаторе 1 В, ток в контуре 0,01 А. Каким будет заряд конденсатора в момент, когда ток равен 0,005 А?

60.31. Плоский конденсатор состоит из двух круглых пластин диаметром 8 см. Между ними зажата стеклянная пластина толщиной 5 мм. Обкладки конденсатора замкнуты через катушку индуктивностью 0,02 Гн. Определите период колебаний, возникающих в этом контуре. Диэлектрическая проницаемость стекла 7.

60.32. Катушка индуктивностью 31 мГн присоединена к плоскому конденсатору с площадью каждой

пластины 20 см^2 и расстоянием между ними 1 см. Чему равна диэлектрическая проницаемость среды, заполняющей пространство между пластинами, если амплитуда силы тока 0,2 мА, напряжения 10 В?

60.33. Конденсатор емкостью 2 мкФ , заряженный до напряжения 50 В, начинает разряжаться через катушку с индуктивностью 2 мГн . Спустя некоторое время конденсатор полностью разрядился, а ток в катушке достиг значения 1 А. Определите количество теплоты, выделившееся в катушке за это время.

60.34. В колебательном контуре емкостью 10^{-9} Ф происходят электромагнитные колебания. Максимальное напряжение на конденсаторе равно 100 В. Определите энергию магнитного поля катушки и энергию электрического поля конденсатора через $\frac{1}{8}$ периода от момента начала колебаний.

60.35. Найдите период колебаний энергии конденсатора в идеальном колебательном контуре, если амплитуда тока в контуре $31,4 \text{ мА}$, а амплитуда заряда конденсатора $2 \cdot 10^{-7} \text{ Кл}$.

Четвертый уровень

60.36. Батарею из двух последовательно соединенных конденсаторов емкостью 10 мкФ каждый, причем один из них предварительно заряжен до напряжения 1000 В, соединили с катушкой индуктивностью 100 мкГн так, что образуется колебательный контур (рис. 219). Найдите амплитуду колебаний силы тока в контуре.

60.37. В схеме, показанной на рис. 220, ЭДС элемента $\epsilon = 25 \text{ В}$, его внутреннее сопротивление $r = 1 \text{ Ом}$, емкость конденсатора $C = 1 \text{ мкФ}$, а индуктивность катушки $L = 0,2 \text{ Гн}$. Какое количество теплоты выделится в сопротивлении $R = 199 \text{ Ом}$ после размыкания ключа K ?

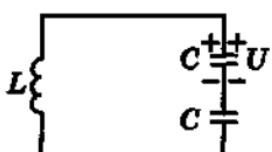


Рис. 219

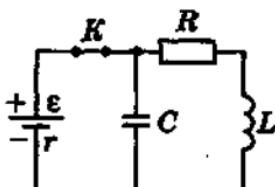


Рис. 220

60.38. Найдите отношение энергии магнитного поля к энергии электрического поля для момента времени $\frac{T}{8}$, считая, что процессы происходят в идеальном колебательном контуре.

61. Переменный ток

Первый уровень

61.1. Конденсатор емкостью 10^{-6} Ф включен в сеть переменного тока с частотой 50 Гц. Определите емкостное сопротивление конденсатора.

61.2. Катушка индуктивностью 20 мГн включена в сеть переменного тока с частотой 50 Гц. Определите индуктивное сопротивление катушки.

61.3. В цепь последовательно включены резистор с сопротивлением 1 кОм, катушка индуктивностью 0,5 Гн и конденсатор емкостью 1 мкФ. Найдите полное сопротивление цепи при частоте тока 50 Гц.

61.4. Найдите полное сопротивление цепи, состоящей из последовательно включенных конденсатора емкостью 0,1 мкФ и катушки индуктивностью 0,5 Гн, при частоте тока 1 кГц.

61.5. Индуктивное сопротивление катушки 500 Ом, частота переменного тока 1 кГц. Найдите индуктивность катушки.

61.6. Сила тока в цепи меняется по закону $I = 8,5 \sin(314t + 0,6)$. Определите частоту тока и действующее значение силы тока.

61.7. В цепи переменного тока, в которую включено активное сопротивление в 40 Ом, течет ток, действующее значение которого 5 А. Определите максимальное значение напряжения в цепи.

61.8. Амплитудные значения силы тока и напряжения в цепи переменного тока, содержащей резистор, равны 2,5 А и 120 В. Определите мощность тока.

Второй уровень

61.9. Катушка индуктивностью 35 мГн включена в цепь переменного тока с частотой 50 Гц и напряжением 220 В. Определите силу тока в катушке.

61.10. К зажимам генератора присоединен конденсатор емкостью $0,1 \text{ мкФ}$. Найдите амплитуду напряжения на зажимах, если амплитуда тока $2,2 \text{ А}$, а частота 5 кГц .

61.11. Определите индуктивность катушки, если при частоте 50 Гц переменного синусоидального тока его амплитуда при протекании через катушку равна $0,1 \text{ А}$, а амплитудное значение напряжения на ее концах $1,6 \text{ В}$.

61.12. К генератору переменного тока подключена электропечь, сопротивление которой 200 Ом . За 5 мин работы печи в ней выделяется 270 кДж теплоты. Каково амплитудное значение силы тока?

61.13. Какое количество теплоты выделится на активном сопротивлении в 20 Ом за 1 мин в цепи переменного тока, если напряжение на сопротивлении меняется по закону $u = 220\sqrt{2} \cos 100\pi t$?

61.14. Во сколько раз уменьшится индуктивное сопротивление катушки, если ее включить в цепь переменного тока с частотой 50 Гц вместо 10 кГц ?

61.15. Катушка индуктивностью $0,1 \text{ Гн}$ и конденсатор емкостью 10 мкФ включены последовательно в цепь переменного тока. При какой частоте максимальное напряжение на конденсаторе будет в 10 раз больше максимального напряжения на катушке?

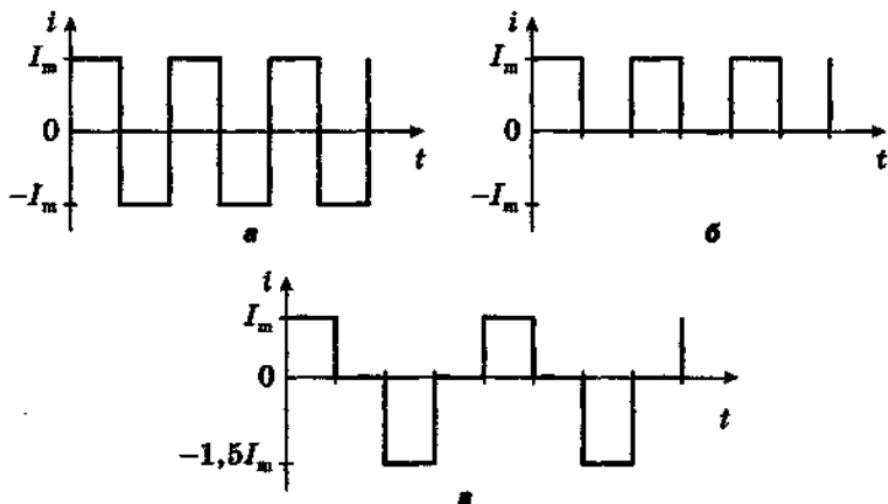


Рис. 221

61.16. Рамка площадью 300 см^2 имеет 200 витков и вращается с постоянной скоростью в однородном магнитном поле с индукцией 15 мТл . Максимальное значение ЭДС индукции в рамке 1,5 В. Определите время одного полного оборота рамки.

61.17. По цепи протекает импульсный ток. На рис. 221 представлены графики зависимости силы тока от времени. Найдите действующие значения силы тока для каждого случая, если $I_m = 5 \text{ А}$.

Третий уровень

61.18. При включении катушки в цепь постоянного тока с напряжением 21 В сила тока равна 7 А. Если катушку включить в цепь переменного тока с таким же напряжением и частотой 50 Гц, то сила тока в цепи будет равна 3 А. Определите индуктивность катушки.

61.19. Рамка вращается в магнитном поле и содержит 100 витков медного провода сечением $0,5 \text{ мм}^2$. Длина одного витка 40 см. Определите действующее значение тока в проводнике сопротивлением $5,6 \text{ Ом}$, который присоединен к концам рамки, если максимальное значение ЭДС в обмотке рамки 2 В. Удельное сопротивление меди $1,7 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$.

61.20. Рамка площадью 100 см^2 и сопротивлением 1 Ом равномерно вращается с частотой 3000 оборотов в минуту в однородном магнитном поле с индукцией $0,05 \text{ Тл}$. Ось вращения рамки перпендикулярна линиям индукции. Какое количество теплоты выделится в рамке за время одного полного оборота?

61.21. Рамка площадью 200 см^2 вращается вокруг оси с частотой 10 Гц в магнитном поле с индукцией 1 Тл. В начальный момент времени нормаль к плоскости рамки направлена вдоль линий магнитной индукции. Напишите уравнение зависимости ЭДС индукции от времени для данной рамки.

61.22. Действующее значение напряжения в сети переменного тока с частотой 50 Гц равно 120 В. Определите время, в течение которого горит неоновая лампа в каждом полупериоде, если потенциал зажигания лампы 84 В.

61.23. Хорошо проводящая рамка площадью 30 см^2 вращается в однородном магнитном поле с индукцией

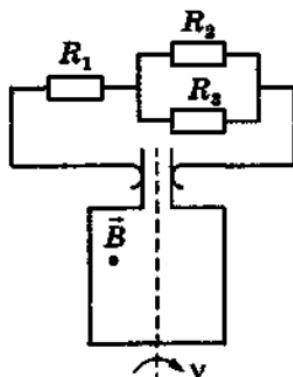


Рис. 222

2 Тл перпендикулярно оси вращения рамки с частотой 50 Гц (рис. 222). Скользящие контакты от рамки присоединены к цепи, состоящей из резисторов с сопротивлениями: $R_1 = 6 \text{ Ом}$, $R_2 = 3 \text{ Ом}$, $R_3 = 9 \text{ Ом}$. Найдите максимальную силу тока, текущего через резистор R_3 в процессе вращения рамки.

62. Трансформатор

Первый уровень

62.1. Первичная обмотка трансформатора содержит 800 витков, вторичная – 3200. Определите коэффициент трансформации.

62.2. Напряжение на клеммах первичной обмотки трансформатора 220 В. Определите напряжение на вторичной обмотке, если коэффициент трансформации равен 0,2.

62.3. Под каким напряжением находится первичная обмотка трансформатора, имеющая 1000 витков, если во вторичной обмотке 3500 витков и напряжение на ней 105 В?

62.4. Сила тока в первичной обмотке идеального трансформатора 2 А, напряжение на ее концах 220 В. Напряжение на концах вторичной обмотки 40 В. Определите силу тока во вторичной обмотке.

62.5. Понижающий трансформатор потребляет от сети мощность 2600 Вт, КПД трансформатора 90%. Определите мощность тока во вторичной катушке.

Второй уровень

62.6. Ток в первичной обмотке трансформатора 0,8 А, напряжение на ее концах 220 В. Ток во вторичной обмотке трансформатора 10 А, напряжение на ее концах 17 В. Найдите КПД трансформатора.

62.7. Действующее значение силы тока в первичной обмотке трансформатора 0,5 А, действующее значение напряжения на ее клеммах 220 В. Амплитудное значение силы тока во вторичной обмотке 15,5 А, амплитудное значение напряжения на клеммах 13,6 В. Найдите КПД трансформатора.

62.8. Понижающий трансформатор включен в сеть с напряжением 1 кВ и потребляет от сети мощность 400 Вт. Каков КПД трансформатора, если сила тока во вторичной обмотке 3,8 А? Коэффициент трансформации равен 10.

62.9. Вторичная обмотка трансформатора, имеющая 100 витков, пронизывается переменным магнитным потоком, изменяется со временем по закону $\Phi = 0,01 \cos 314t$. Напишите уравнение зависимости ЭДС от времени в этой обмотке.

62.10. Первичная обмотка понижающего трансформатора с коэффициентом трансформации 10 включена в сеть с напряжением 120 В. Сопротивление вторичной обмотки 1,2 Ом, ток во вторичной цепи 5 А. Определите величину сопротивления нагрузки трансформатора.

62.11. Первичная обмотка понижающего трансформатора с коэффициентом трансформации 8 включена в сеть с напряжением 220 В. Сопротивление вторичной обмотки 2 Ом, сила тока в ней 3 А. Определите напряжение на зажимах вторичной обмотки.

Третий уровень

62.12. Первичная обмотка трансформатора для питания цепи радиоприемника имеет 12 000 витков и включена в сеть переменного тока с напряжением 120 В. Какое число витков должна иметь вторичная обмотка, если ее сопротивление 0,5 Ом? Напряжение в цепи радиоприемника 3,5 В при силе тока 1 А.

62.13. Первичная обмотка трансформатора имеет 2400 витков. Сколько витков должна иметь вторичная

обмотка, чтобы при напряжении на зажимах 11 В передавать во внешнюю цепь мощность 22 Вт? Сопротивление вторичной обмотки 0,2 Ом. Напряжение в сети 380 В.

62.14. На первичную обмотку трансформатора подается напряжение 220 В. На вторичной обмотке при холостом ходе получается 180 В. Число витков в первичной обмотке 400. Определите число витков во вторичной обмотке, если потери составляют 3,8%.

62.15. Через замкнутый кольцевой сердечник трансформатора, понижающего напряжение с 220 В до 42 В, пропущен провод, концы которого присоединены к вольтметру. Вольтметр показывает напряжение 0,5 В. Сколько витков имеют первичная и вторичная обмотки трансформатора?

62.16. При включении первичной обмотки трансформатора в сеть переменного тока во вторичной обмотке возникает напряжение 12 В. При включении вторичной обмотки в сеть на первичной обмотке возникает напряжение 120 В. Найдите отношение числа витков в первичной обмотке трансформатора к числу витков во вторичной.

63. Механические волны

Первый уровень

63.1. Найдите скорость распространения механической волны в материале, в котором колебания с периодом 0,01 с создают волну, имеющую длину 10 м.

63.2. Определите скорость звука в воде, если колебания частотой 200 Гц вызывают звуковую волну длиной 7,175 м.

63.3. Определите длину звуковой волны, соответствующей частоте 440 Гц, при ее распространении в воздухе со скоростью 340 м/с.

63.4. Длина звуковой волны в воздухе 2 м, а ее скорость 340 м/с. Найдите период и частоту колебаний частиц в волне.

63.5. Расстояние до преграды, отражающей звук, 68 м. Через какое время человек услышит эхо посланного им звукового сигнала? Скорость звука в воздухе 340 м/с.

63.6. Звуковые ощущения сохраняются у человека примерно 0,1 с. На каком минимальном расстоянии должен находиться человек от преграды, чтобы слышать раздельно основной и отраженный от преграды звуки? Скорость звука в воздухе 340 м/с.

Второй уровень

63.7. За какое время звуковая волна длиной 2 м с частотой 165 Гц пройдет расстояние 660 м?

63.8. Волна распространяется в упругой среде со скоростью 100 м/с. Определите частоту колебаний, если наименьшее расстояние между двумя точками среды, фазы колебаний которых противоположны, равно 1 м.

63.9. Волна от катера, проходящего по озеру, дошла до берега за 1 мин, причем расстояние между соседними гребнями волн оказалось равным 1,5 м, а время между последовательными ударами волн о берег – 2 с. Как далеко от берега проходил катер?

63.10. Ультразвуковой генератор, создающий колебания с частотой 0,1 МГц, посылает импульс продолжительностью 2,5 мс. Определите число волн ультразвука, содержащихся в одном импульсе.

63.11. Охотник находится между наблюдателем и лесом на расстоянии 680 м от леса. Наблюдатель видит вспышку выстрела, после которой слышит звук «двух» выстрелов. Определите расстояние от наблюдателя до охотника, если второй звук пришел к наблюдателю через 7 с после увиденной вспышки. Скорость звука в воздухе 340 м/с.

63.12. Глубину моря под кораблем измеряют с помощью эхолокатора. В одном месте посланный сигнал возвращается через 2,5 с, в другом – через время, втрое большее. На сколько глубина моря во втором месте больше, чем в первом? Скорость звука в воде 1530 м/с.

63.13. Длина звуковой волны в воздухе 2 м, а ее скорость 340 м/с. Чему будет равна длина этой волны при переходе ее в воду, если скорость звука в воде 1350 м/с?

63.14. Длина звуковой волны в воздухе 0,75 м. На сколько увеличится длина звуковой волны при переходе из воздуха в воду? Скорость звука в воздухе 330 м/с, в воде – 1450 м/с.

Третий уровень

63.15. Расстояние между гребнями волн в море 5 м. При встречном движении катера волна за 1 с ударяет о корпус катера 4 раза, а при попутном – 2 раза. Найдите скорость волны и катера, если известно, что скорость катера больше скорости волны.

63.16. Определите частоту звуковых колебаний в стали, если расстояние между ближайшими точками звуковой волны, отличающимися по фазе на $\frac{\pi}{2}$, составляет

1,54 м. Скорость звуковых волн в стали 5000 м/с.

63.17. Поперечная волна распространяется вдоль натянутого шнура со скоростью 1,8 м/с при частоте 3 Гц. Чему равна разность фаз колебания двух точек, отстоящих друг от друга на расстояние 0,2 м?

63.18. Источник совершает незатухающие колебания по закону $x = 0,05 \sin 500\pi t$. Определите смещение точки, находящейся на расстоянии 60 см от источника колебаний, через 0,01 с после начала колебаний. Скорость распространения колебаний 300 м/с.

63.19. Волна распространяется от источника колебаний вдоль прямой. Смещение точки для момента времени, равного $0,5 T$, составляет 5 см. Точка удалена от источника колебаний на расстояние $\frac{\lambda}{2}$. Определите амплитуду колебаний.

63.20. Глубина моря 2600 м. Сигнал звукового эхолота, посланный с одного катера, приходит на другой катер, находящийся на расстоянии 3 км от первого, дважды с интервалом в 2 с. Определите скорость звука в воде.

Четвертый уровень

63.21. Из пункта *A* в пункт *B* дважды был послан звуковой сигнал частотой 50 Гц, причем во второй раз при температуре воздуха на $\Delta T = 20$ К выше, чем в первый. Число волн, укладываемых на расстоянии от *A* до *B*, во второй раз оказалось так же, как и в первый раз, четным, но на два меньше. Определите расстояние между пунктами, если при повышении температуры воздуха на $\Delta t = 1$ К скорость звука увеличивается на $\Delta v = 0,5$ м/с. Скорость звука в первый раз принять равной 330 м/с.

64. Электромагнитные волны

Скорость электромагнитных волн в вакууме (воздухе) равна $3 \cdot 10^8$ м/с.

Первый уровень

64.1. На какой частоте работает передатчик, излучающий электромагнитные волны длиной 500 м?

64.2. Электромагнитные волны распространяются в некоторой однородной среде со скоростью $2 \cdot 10^8$ м/с. Какую длину имеют электромагнитные волны в этой среде, если их частота в вакууме 1 МГц?

64.3. Чему равно расстояние до наблюдаемого объекта, если между излучением импульса радиолокатором и приемом отраженного от объекта прошло 3 мс?

64.4. Расстояние от Земли до Венеры примерно $4,3 \cdot 10^7$ км. Определите время, за которое радиосигнал, посланный на Венеру, отразится и будет принят на Земле.

64.5. Радиолокатор работает на волне длиной 5 см и испускает импульсы длительностью 1,5 мкс. Сколько колебаний содержится в каждом импульсе?

64.6. Изменение тока в антenne радиопередатчика происходит по закону $I = 0,3 \sin 1,57 \cdot 10^5 t$. Найдите длину излучаемой электромагнитной волны.

Второй уровень

64.7. На какую длину волны будет резонировать колебательный контур, в котором индуктивность катушки рана 8 мГн, а емкость конденсатора 20 нФ?

64.8. Колебательный контур излучает в воздухе электромагнитные волны длиной 300 м. Определите индуктивность колебательного контура, если его емкость 5 мкФ.

64.9. Радиостанция работает на длине волны 4,44 м. На какую электроемкость должен быть настроен конденсатор, чтобы принимать эту радиостанцию? Индуктивность катушки приемника 2 мкГн.

64.10. Колебательный контур радиоприемника настроен на длину волны 25 м. Во сколько раз надо увеличить емкость конденсатора колебательного контура радиоприемника, чтобы настроить его на волну длиной 50 м?

64.11. Во сколько раз нужно увеличить емкость контура радиоприемника, настроенного на частоту 6 МГц, чтобы можно было слушать радиостанцию, работающую на длине волн 100 м?

64.12. На какую длину волны настроен колебательный контур, состоящий из катушки индуктивностью 3 мГн и плоского конденсатора в виде двух дисков радиусом 1,2 см, расположенных на расстоянии 0,3 мм друг от друга? Конденсатор заполнен веществом с диэлектрической проницаемостью 4.

64.13. При изменении тока в катушке индуктивности на 1 А за 0,6 с в ней индуцируется ЭДС 0,2 мВ. Какую длину будет иметь радиоволна, излучаемая генератором, колебательный контур которого состоит из этой катушки и конденсатора емкостью 14,1 нФ?

64.14. Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью 10^{-3} Гн и двух последовательно соединенных конденсаторов емкостью 500 пФ и 200 пФ. На какую длину волны настроен этот контур?

Третий уровень

64.15. Емкость конденсатора переменной емкости приемника изменяется в пределах от C_1 до $C_2 = 9C_1$. Определите максимальную длину волны, улавливаемую приемником, если емкости C_1 конденсатора соответствует длина волны 3 м.

64.16. Радиоприемник можно настраивать на прием радиоволн длиной от 25 м до 200 м. Во сколько раз надо уменьшить расстояние между пластинами плоского конденсатора, включенного в колебательный контур приемника, чтобы перейти от приема самой короткой длины волны к самой длиной?

64.17. Определите длину электромагнитной волны, на которую настроен колебательный контур, если максимальный заряд конденсатора равен $2 \cdot 10^{-8}$ Кл, а максимальный ток в контуре 1 А.

64.18. Заряженный до напряжения 5 В конденсатор емкостью 4 нФ подсоединили к идеальной катушке. Через некоторое время напряжение на конденсаторе стало 3 В, а ток в катушке – 6 А. Определите длину волны, излучаемую контуром.

64.19. Конденсатор колебательного контура приемника имеет емкость 5 нФ. На какую длину волны настроен входной контур приемника, если отношение максимального напряжения на конденсаторе к максимальной силе тока в катушке 20 В/А?

64.20. Заряженный конденсатор присоединили к идеальной катушке. Через 10^{-8} с энергия конденсатора уменьшилась в 4 раза по сравнению с первоначальной. Определите длину волны, излучаемую контуром.

64.21. Колебательный контур, настроенный на длину волны 300 м, имеет индуктивность 0,2 Гн и активное сопротивление 2 Ом. На сколько процентов уменьшится энергия этого контура за время одного колебания?

Раздел 5. ОПТИКА

65. Прямолинейное распространение света. Отражение света. Плоское зеркало

Первый уровень

65.1. Под каким углом должен падать луч на плоское зеркало, чтобы отраженный луч был перпендикулярен падающему?

65.2. Угол падения света на плоское зеркало равен 16° . Каков угол между отраженным лучом и зеркалом?

65.3. На сколько градусов увеличится угол между падающим на плоское зеркало и отраженным лучами при увеличении угла падения на 8° ?

65.4. Человек стоял перед плоским зеркалом, затем отошел от него на 1,5 м. На сколько увеличилось расстояние между человеком и его изображением?

65.5. Во сколько раз увеличится расстояние между предметом и его изображением в плоском зеркале, если зеркало передвинуть в то место, где было изображение?

Второй уровень

65.6. Человек ростом 1,5 м, стоящий на берегу озера, видит в небе по направлению, составляющему угол 60°

с горизонтом, Луну. На каком расстоянии от себя увидит человек отражение Луны в воде озера?

65.7. Плоское зеркало поворачивается на угол 27° . На какой угол повернется отраженный луч?

65.8. Плоское зеркало движется по направлению к источнику света со скоростью 5 см/с. С какой скоростью движется изображение источника, созданное зеркалом? Плоскость зеркала перпендикулярна вектору скорости.

65.9. Два плоских зеркала располагаются под углом друг к другу, и между ними помещается точечный источник света. Расстояние от этого источника до одного зеркала 3 см, до другого – 4 см. Расстояние между первыми изображениями 10 см. Найдите угол между зеркалами.

65.10. Светящаяся точка расположена на биссектрисе угла, образованного двумя плоскими зеркалами, расположенными под углом 30° друг к другу. Расстояние от линии пересечения зеркал до точки 12 см. На каком расстоянии друг от друга находятся два первых изображения этой точки?

65.11. Два источника света S_1 и S_2 расположены на расстоянии 105 см друг от друга. Два плоских зеркала: одно на расстоянии 60 см от источника S_1 , другое на расстоянии 37,5 см от источника S_2 – расположены так, что изображения источников совпадают. Найдите угол между зеркалами.

Третий уровень

65.12. Точка S движется со скоростью $v_1 = 3$ см/с, а зеркало – со скоростью $v_2 = 2$ см/с. Движение поступательное и происходит во взаимно перпендикулярных направлениях (рис. 223). С какой скоростью движется изображение точки S ?

65.13. На стене висит плоское зеркало в форме квадрата со стороной 50 см так, что его нижняя сторона горизонтальна и опирается о стенку, а верхняя отклонена от стены так, что плоскость зеркала составляет со стеной угол $\alpha = 30^\circ$ (рис. 224). На зеркало падает перпендикулярно стене широкий пучок параллельных световых лучей. Определите площадь светового пятна на полу, образованного отраженными от зеркала лучами.

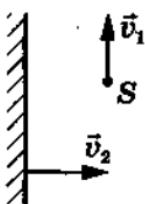


Рис. 223

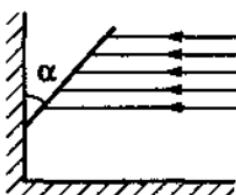


Рис. 224

65.14. На стене висит вертикальное зеркало высотой 1 м. Человек стоит на расстоянии 2 м от зеркала. Какова высота участка противоположной стены комнаты, который может увидеть в зеркале человек, не изменяя положения головы? Стена находится на расстоянии 4 м от зеркала.

65.15. Найдите число изображений точечного источника, полученных в двух плоских зеркалах, образующих друг с другом угол 60° . Источник находится на биссектрисе угла.

65.16. Два плоских зеркала расположены под углом друг к другу. Точечный источник света, находящийся между ними, дает 7 изображений в зеркалах. Чему равен угол между зеркалами?

66. Преломление света

Первый уровень

66.1. Определите угол преломления, соответствующий углу падения 45° , если известно, что показатель преломления данного вещества равен 1,63.

66.2. Показатель преломления кунжутного масла 1,47. Определите скорость распространения света в нем.

66.3. Луч света переходит из стекла в воздух. Угол падения луча 30° , угол преломления 45° . Чему равен показатель преломления данного сорта стекла?

66.4. Световой луч переходит из воды в стекло. Угол падения света 35° . Определите угол преломления, если абсолютный показатель преломления воды равен 1,3, стекла – 1,6.

66.5. Луч света падает из воздуха на поверхность некоторой жидкости под углом 40° . Угол преломления

равен 24° . Найдите угол преломления, если угол падения увеличить в 2 раза.

Второй уровень

66.6. Во сколько раз абсолютный показатель преломления стекла больше, чем абсолютный показатель преломления воды, если известно, что при угле падения 60° угол преломления в стекле 35° , а в воде 41° ?

66.7. Частота световых колебаний составляет $4 \cdot 10^{14}$ Гц. Определите длину волны этого излучения в алмазе. Абсолютный показатель преломления алмаза 2,42.

66.8. Определите показатель преломления стекла для фиолетового света, если его длина волны в воздухе $3,97 \cdot 10^{-7}$ м, а в стекле $2,32 \cdot 10^{-7}$ м.

66.9. Найдите скорость распространения света в скипидаре, если при угле падения света на скипидар, равном 45° , угол преломления составляет 30° .

66.10. Свет переходит из среды с абсолютным показателем преломления 2 в среду с абсолютным показателем преломления 1,5. Во сколько раз длина волны во второй среде больше, чем в первой?

66.11. Абсолютные показатели преломления алмаза и стекла соответственно равны 2,42 и 1,5. Во сколько раз толщина стекла больше толщины алмаза, если время распространения света в них одинаково?

66.12. Луч света падает из среды с показателем преломления $\sqrt{2}$ на границу раздела со средой с показателем преломления $\sqrt{3}$. Угол падения света 60° . Определите угол между падающим и преломленным лучами.

66.13. Под каким углом должен падать луч на поверхность стекла, чтобы угол преломления был в 2 раза меньше угла падения? Показатель преломления стекла 1,6.

66.14. Кажущаяся глубина водоема, если смотреть по вертикали вниз, равна 0,9 м. Определите истинную глубину этого водоема. Показатель преломления воды 1,33.

66.15. Луч падает перпендикулярно грани трехгранной призмы с преломляющим углом $\theta = 30^\circ$ (рис. 225). Определите угол между падающим лучом и лучом, выходящим из призмы. Показатель преломления вещества призмы 1,5.

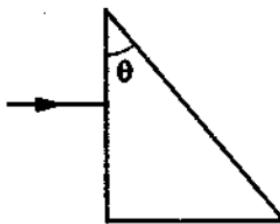


Рис. 225

66.16. Пловец, находящийся под водой с открытыми глазами, рассматривает светящийся предмет, расположенный над его головой на расстоянии 75 см над поверхностью воды. Каким будет видимое расстояние предмета над поверхностью воды? Показатель преломления воды $\frac{4}{3}$.

Третий уровень

66.17. Луч света падает на поверхность воды в глубоком цилиндрическом стакане с вертикальными стенками. В точке *A* на поверхности воды свет частично отражается, а частично преломляется (рис. 226). Во сколько раз время распространения преломленного луча до боковой поверхности стакана больше, чем отраженного? Относительный показатель преломления воды $\frac{4}{3}$.

66.18. В дно пруда вертикально вбита свая высотой 2,5 м так, что она целиком находится под водой (рис. 227). Определите длину тени, отбрасываемой сваей на дно водоема, если угол падения лучей на поверхность воды $\alpha = 60^\circ$. Показатель преломления воды $\frac{4}{3}$.

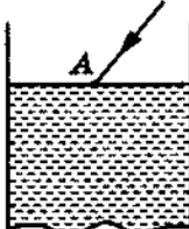


Рис. 226

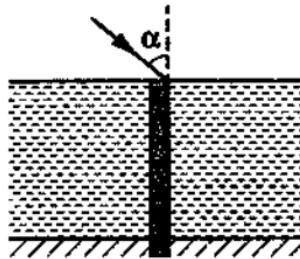


Рис. 227

66.19. Под каким углом световой луч падает на плоскую поверхность стекла, если отраженный и преломленный лучи образуют между собой прямой угол? Скорость света в стекле $2 \cdot 10^8$ м/с.

66.20. На горизонтальном дне водоема, имеющего глубину 1,2 м, лежит плоское зеркало. Угол падения луча света на поверхность воды 30° . На каком расстоянии от места падения луч снова выйдет на поверхность воды после отражения от зеркала? Показатель преломления воды 1,33.

66.21. На стеклянную трехгранную призму с преломляющим углом 45° падает луч света и выходит из нее под углом 30° . Найдите угол падения луча на призму. Показатель преломления стекла 1,5.

66.22. На какой угол от первоначального направления отклонится луч в слоистой среде (рис. 228)? Показатели преломления: $n_1 = 1$, $n_2 = \frac{4}{3}$. Угол падения луча 60° .

66.23. Два параллельных световых луча падают на боковую поверхность круглого прозрачного цилиндра. Расстояние между лучами равно R – радиусу основания цилиндра. Лучи падают параллельно основанию цилиндра (рис. 229). Найдите показатель преломления материала цилиндра, при котором лучи пересекаются на его поверхности.

66.24. Между точечным источником и глазом помещают плоскопараллельную стеклянную пластинку толщиной 21 мм. Найдите расстояние между источником и его изображением, если абсолютный показатель преломления стекла 1,5. Пластинка перпендикулярна линии, соединяющей источник и глаз.

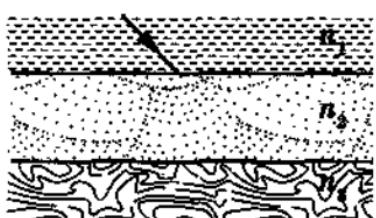


Рис. 228

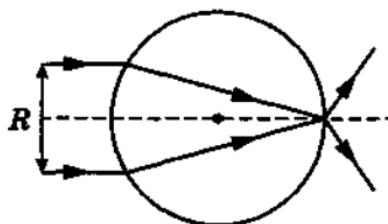


Рис. 229

Четвертый уровень

66.25. На поверхности водоема глубиной 5 м плавает фанерный круг радиусом 1 м, над центром которого на высоте 2 м расположен точечный источник света. Определите радиус тени на дне водоема от круга. Показатель преломления воды 1,33.

66.26. На тонкостенную пустую сферическую колбу, помещенную в жидкость, падает узкий параллельный пучок света так, что ось пучка проходит через центр колбы. На противоположной стороне колбы пучок имеет диаметр, вдвое отличающийся от диаметра пучка, падающего на колбу. Определите показатель преломления жидкости, в которую погружена колба.

66.27. На дне ручья лежит камешек. Турист решил достать его. Прицелившись, он опустил руку в воду под углом 45° к поверхности. На каком расстоянии от камешка рука коснется дна ручья, если его глубина 32 см? Показатель преломления воды $\frac{4}{3}$.

66.28. В дно водоема глубиной 1,5 м вбита свая, которая выступает из воды на 30 см. Найдите длину тени от сваи на дне водоема при угле падения солнечных лучей 45° . Показатель преломления воды $\frac{4}{3}$.

66.29. Угол падения света на плоскопараллельную стеклянную пластину равен 60° . Какова толщина пластины, если при выходе из нее луч сместился на 20 мм? Показатель преломления стекла 1,5.

67. Полное внутреннее отражение

Первый уровень

67.1. Вычислите предельный угол полного внутреннего отражения для каменной соли, абсолютный показатель преломления которой 1,54.

67.2. Световой луч переходит из некоторой жидкости в воздух. Предельный угол полного внутреннего отражения для этой жидкости составляет 49° . Определите абсолютный показатель преломления жидкости.

67.3. Луч света выходит из жидкости в воздух. Преломленный угол полного внутреннего отражения 45° . Определите скорость распространения света в жидкости.

Второй уровень

67.4. В жидкости с показателем преломления 1,8 находится точечный источник света. На каком максимальном расстоянии от источника следует поместить диск диаметром 2 см, чтобы свет не выходил из жидкости в воздух? Плоскость дна параллельна поверхности жидкости.

67.5. Точечный источник света расположен на дне водоема глубиной 3 м. Определите максимальный путь, который свет проходит в воде до выхода в воздух. Относительный показатель преломления воды $\frac{4}{3}$.

67.6. На дне сосуда с жидкостью, имеющей показатель преломления $\frac{5}{3}$, помещен точечный источник света. Какого минимального радиуса должен быть непрозрачный диск, плавающий на поверхности жидкости, чтобы, глядя сверху, нельзя было увидеть этот источник света? Высота слоя жидкости 12 см.

67.7. Турист ночью видит на поверхности водоема светлый круг площадью 22 м^2 , образованный лучами, идущими от точечного источника света, находящегося на дне водоема. Определите глубину водоема, если относительный показатель преломления воды $\frac{4}{3}$.

67.8. В стекле имеется воздушная сферическая полость радиусом 15 мм. На полость падает широкий пучок параллельных лучей света. Определите радиус светового пучка, который проникает в полость. Показатель преломления стекла 1,5.

Третий уровень

67.9. Луч света падает на поверхность стеклянной призмы перпендикулярно ей. При каком минимальном значении преломляющего угла призмы свет будет испытывать полное внутреннее отражение на второй поверхности? Показатель преломления стекла 1,5.

67.10. Световод представляет собой сплошной цилиндр из прозрачного материала (рис. 230). Луч света падает из воздуха в центр торца световода. Максимальное значение угла падения α , при котором луч распространяется внутри световода, не выходя за его пределы, равен 60° . Определите показатель преломления материала световода.

67.11. Каким должен быть внешний радиус R изгиба световода из прозрачного вещества с показателем преломления 2,6, чтобы при диаметре световода $d = 2$ мм (рис. 231) свет, вошедший в световод перпендикулярно плоскости его поперечного сечения, распространялся, не выходя через боковую поверхность наружу?

67.12. На какой глубине находится водолаз, рост которого 1,8 м, если он видит отраженные от поверхности воды те части горизонтального дна, которые расположены от него на расстоянии 35 м и дальше? Показатель преломления воды $\frac{4}{3}$.

67.13. На поверхности жидкости с показателем преломления $\sqrt{2}$ плавает черный диск радиусом 80 см. Под диском вдоль его оси с глубины 1 м начинает подниматься вертикально вверх с постоянной скоростью 5 мм/с точечный источник света. Через какое время источник перестанет быть видимым для внешнего наблюдателя?

67.14. Широкий непрозрачный сосуд доверху наполнен жидкостью с показателем преломления 1,25. Поверхность жидкости закрыли тонкой непрозрачной пластинкой, в которой имеется отверстие радиусом 2 см. Определите диаметр светлого пятна на дне сосуда, если он освещается рассеянным светом облачного неба, идущим во всех направлениях. Толщина жидкости 6 см.

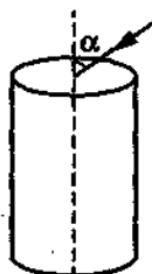


Рис. 230

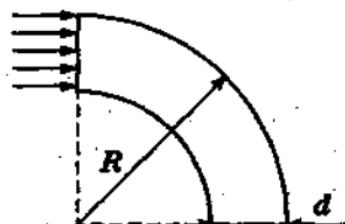


Рис. 231

68. Тонкие линзы

Первый уровень

68.1. Определите оптическую силу линзы с фокусным расстоянием 20 см.

68.2. Оптическая сила линзы 4 дптр. Чему равно фокусное расстояние данной линзы?

68.3. Чему равно фокусное расстояние тонкой собирающей линзы, если предмет, расположенный на расстоянии 20 см перед линзой, дает действительное изображение на экране, расположенном в 30 см за линзой?

68.4. Действительное изображение лампочки ученик получил на экране, расположенном на расстоянии 15 см от линзы, с фокусным расстоянием 10 см. На каком расстоянии от линзы расположена лампочка?

68.5. Мнимое изображение точечного источника света находится в фокусе тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием 10 см. Определите расстояние от источника света до линзы.

68.6. На расстоянии 60 см перед тонкой собирающей линзой с фокусным расстоянием 20 см расположен предмет. На каком расстоянии от линзы получится его изображение?

Второй уровень

68.7. Фокусное расстояние объектива фотоаппарата 20 см. С какого расстояния сфотографирован дом высотой 6 м, если на снимке он имеет высоту 12 мм?

68.8. Изображение предмета, поставленного на расстоянии 0,2 м от двояковыпуклой линзы, получилось действительным, перевернутым и увеличенным в 2 раза. Какова оптическая сила линзы?

68.9. Мнимое изображение предмета, полученное с помощью собирающей линзы, в 4,5 раза больше самого предмета. Чему равна оптическая сила линзы, если предмет находится на расстоянии 3,8 см от линзы?

68.10. Собирающая линза дает мнимое изображение предмета, увеличенное в 2 раза, если он находится от нее на расстоянии 5 см. Чему равно фокусное расстояние линзы?

68.11. Рассевающая линза с фокусным расстоянием 30 см дает уменьшенное в 3 раза мнимое изображение предмета. На каком расстоянии от линзы находится предмет?

68.12. Фокусное расстояние двояковыпуклой линзы 50 см. Предмет высотой 1,2 см помещен на расстоянии 60 см от линзы. Какой высоты получится изображение этого предмета?

68.13. Оптическая сила линзы 5 дптр. Предмет высотой 10 см помещен на расстоянии 60 см от линзы. Какой высоты получается изображение этого предмета?

68.14. Высота изображения человека ростом 160 см, полученная с помощью фотоаппарата, 2 см. Найдите оптическую силу объектива фотоаппарата, если человек находится на расстоянии 9 м от объектива.

68.15. Расстояние между предметом и экраном 120 см. На каком расстоянии от предмета надо поместить собирающую линзу с фокусным расстоянием 25 см, чтобы на экране появилось четкое изображение предмета?

68.16. На каком расстоянии от предмета получится его изображение в рассеивающей линзе с фокусным расстоянием 10 см, если расстояние от предмета до линзы 20 см?

68.17. Предмет помещен на расстоянии 25 см перед передним фокусом собирающей линзы. Изображение предмета получается на расстоянии 35 см за задним фокусом. Определите фокусное расстояние линзы.

Третий уровень

68.18. Линза с фокусным расстоянием 12 см формирует уменьшенное в 3 раза действительное изображение предмета. Другая линза, помещенная на место первой, формирует его увеличенное в 3 раза действительное изображение. Найдите фокусное расстояние второй линзы.

68.19. Если расстояние от предмета до линзы 36 см, то высота изображения 10 см. Если же расстояние от предмета до линзы 24 см, то высота изображения 20 см. Определите фокусное расстояние линзы.

68.20. Расстояние от предмета до переднего фокуса линзы в 4 раза меньше расстояния от действительного

изображения до заднего фокуса. Определите увеличение линзы.

68.21. Линза создает изображение предмета с увеличением 2, если предмет находится на расстоянии d_1 или d_2 от линзы ($d_1 > d_2$). Определите $\frac{d_1}{d_2}$.

68.22. На оптической скамье расположены две собирающие линзы с фокусными расстояниями 12 см и 15 см. Расстояние между линзами 36 см. Предмет находится на расстоянии 48 см от первой линзы. На каком расстоянии от второй линзы находится изображение предмета?

68.23. На собирающую линзу падает сходящийся пучок лучей. После преломления в линзе лучи пересекаются на главной оптической оси на расстоянии 15 см от линзы. Если линзу убрать, то точка пересечения лучей переместится на 15 см. Какова оптическая сила линзы?

68.24. На рассеивающую линзу с фокусным расстоянием 0,3 м падает сходящийся пучок лучей, которые пересекаются на главной оптической оси, на расстоянии 0,7 м от оптического центра. На какое расстояние сместится точка пересечения лучей, если убрать линзу?

Четвертый уровень

68.25. Собирающая линза дает на экране изображение лампы, увеличенное в 2 раза. Когда линзу передвинули на 36 см ближе к экрану, то она дала изображение, уменьшенное вдвое. Найдите фокусное расстояние линзы.

68.26. Если предмет поместить в точку *A*, линза дает увеличение в 2 раза, если же предмет передвинуть в точку *B*, увеличение станет равным 3. Каким будет увеличение предмета, если его перенести в середину отрезка *AB*?

68.27. Расстояния от предмета до линзы и от линзы до действительного изображения предмета одинаковы и равны 60 см. Во сколько раз увеличится размер изображения, если предмет переместить на 20 см ближе к линзе?

68.28. Расстояние от освещенного предмета до экрана 100 см. Линза, помещенная между ними, дает четкое

изображение предмета на экране при двух положениях, расстояние между которыми 20 см. Найдите фокусное расстояние линзы.

68.29. Грузик на пружине совершает гармонические колебания. С помощью собирающей линзы получено четкое изображение грузика на экране, находящемся на расстоянии 0,5 м от линзы. Максимальная скорость изображения 1 м/с. Определите максимальную скорость движения самого грузика. Оптическая сила линзы 5 дптр.

68.30. Материальная точка движется по окружности со скоростью 3 см/с вокруг главной оптической оси собирающей линзы в плоскости, перпендикулярной оси и отстоящей от линзы на расстояние, в 1,5 раза большее фокусного. С какой скоростью движется изображение точки?

68.31. Собирающая и рассеивающая линзы с фокусными расстояниями соответственно 30 см и 15 см расположены на расстоянии 15 см друг от друга. На собирающую линзу падает параллельно главной оптической оси узкий пучок света. Во сколько раз уменьшится площадь сечения пучка после прохождения системы линз?

68.32. Две собирающие линзы с фокусными расстояниями 12 см и 15 см расположены друг от друга на расстоянии 36 см. Предмет находится на расстоянии 48 см от первой линзы. Высота предмета 20 см. Какова высота его изображения, полученного в системе линз?

68.33. Оптическая система состоит из двух собирающих линз L_1 и L_2 (рис. 232). Известно, что расстояние от источника до первой линзы 50 см, расстояние между линзами 1,5 м, оптическая сила первой линзы 4 дптр. Наблюдатель видит изображение источника в месте нахождения самого источника. Какова оптическая сила второй линзы?

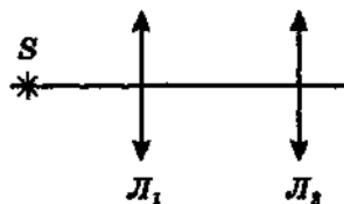


Рис. 232

68.34. Светящаяся точка находится на главной оптической оси на расстоянии 0,45 м от собирающей линзы с оптической силой 5 дптр. За линзой перпендикулярно оптической оси помещено плоское зеркало. На каком расстоянии от линзы нужно поместить плоское зеркало, чтобы лучи, отраженные от него, пройдя вторично через линзу, стали параллельными?

69. Интерференция света

Первый уровень

69.1. Два когерентных луча с длинами волн 404 нм пересекаются в одной точке экрана. Усиление или ослабление света будет наблюдаться в этой точке, если разность хода лучей равна 17,17 мкм?

Второй уровень

69.2. Разность хода двух когерентных лучей 2,5 мкм. Определите длину волн видимого света (от 700 до 400 нм), которые дадут интерференционные максимумы.

69.3. В воде интерфирируют когерентные волны частотой $5 \cdot 10^{14}$ Гц. Усиится или ослабится свет в точке, если геометрическая разность хода лучей равна 1,8 мкм? Показатель преломления воды равен $\frac{4}{3}$.

69.4. Какую наименьшую толщину должна иметь пластиника, сделанная из материала с показателем преломления 1,54, чтобы при освещении ее лучами с длиной волны 750 нм перпендикулярно поверхности она в отраженном свете казалась черной?

69.5. Чтобы уменьшить коэффициент отражения света от поверхности стекла, на него наносят тонкую прозрачную пленку с показателем преломления меньшим, чем у стекла. Определите необходимую минимальную толщину пленки. Длина волны падающего света 600 нм, показатель преломления пленки 1,2, свет падает на поверхность нормально.

69.6. Два когерентных источника S_1 и S_2 с длиной волны 0,5 мкм находятся на расстоянии 2 мм друг от друга. Параллельно линии, соединяющей источники, расположены две перпендикулярные к ним плоскости. На каком расстоянии от источников одна из плоскостей должна находиться, чтобы на ней наблюдалась полная интерференция света?

ложен экран на расстоянии 2 м от них. Что будет наблюдаться в точке A экрана, находящейся под источником S_1 ?

Третий уровень

69.7. Белый свет падает нормально на мыльную пленку с показателем преломления n . Найдите толщину пленки, если в проходящем свете интерференционный максимум наблюдается на длине волны λ_1 , а ближайший к нему минимум – на волне λ_2 .

69.8. В опыте Юнга отверстия освещались монохроматическим светом с длиной волны 600 нм. Расстояние между отверстиями 1 мм, расстояние от отверстий до экрана 3 м. Найдите расстояние от центрального максимума до первой светлой полосы.

Четвертый уровень

69.9. Два когерентных источника света, расстояние между которыми 0,24 мм, находятся на расстоянии 2,5 м от экрана. Для определения длины световой волны было подсчитано, что на 5 см экрана размещается 10 интерференционных полос. Чему равна длина волны падающего света?

69.10. На ширму от точечного источника, находящегося на большом расстоянии, падает свет с длиной волны 580 нм. В ширме имеются две параллельные щели на расстоянии 0,1 мм одна от другой. Определите расстояние между двумя соседними полосами интерференционных максимумов, наблюдаемых на экране, расположенным параллельно ширме на расстоянии 1 м от нее.

69.11. Каждый интерференционный максимум, создаваемый на экране двумя когерентными источниками белого света, является многоцветным: с красным (0,7 мкм) наружным и фиолетовым (0,4 мкм) внутренним краями. Какова ширина первого максимума, если расстояние между источниками света 4 мм, а они расположены в 4 м от экрана?

69.12. При освещении клина с очень малым углом α , сделанного из стекла с показателем преломления 1,5, светом с длиной волны 650 нм, падающим перпендикулярно его поверхности, на нем наблюдаются чередующиеся

темные и светлые полосы. Определите угол α , если расстояние между двумя соседними темными полосами на поверхности клина оказалось равным 12 мм.

69.13. Плоско-выпуклая линза с радиусом кривизны 1 м лежит на плоской стеклянной пластине. Систему освещают сверху монохроматическим светом с длиной волны 500 нм. При наблюдении сверху в отраженном свете видно круглое темное пятно, окруженное концентрическими светлыми и темными кольцами (кольца Ньютона). Определите радиус третьего темного кольца.

70. Дифракция света

Первый уровень

70.1. Определите период дифракционной решетки, если при ее освещении светом с длиной волны 656 нм максимум второго порядка виден под углом 15° .

70.2. Монохроматический свет с длиной волны L нормально падает на дифракционную решетку с периодом $d = 4L$. Под каким углом будет наблюдаваться максимум второго порядка?

Второй уровень

70.3. Через дифракционную решетку, имеющую 200 штрихов на 1 мм, пропущено монохроматическое излучение с длиной волны 750 нм. Определите угол, под которым виден максимум первого порядка.

70.4. Сколько штрихов на 1 см имеет дифракционная решетка, если спектр четвертого порядка, даваемый ею при нормальном падении света с длиной волны 0,65 мкм, наблюдается под углом 6° ?

70.5. Определите длину волны для линий в дифракционном спектре третьего порядка, совпадающей с линией спектра четвертого порядка с длиной волны 450 нм.

70.6. При освещении дифракционной решетки светом с длиной волны 590 нм спектр третьего порядка виден под углом 10° . Определите длину волны, для которой спектр второго порядка будет виден под углом 5° .

70.7. Дифракционная решетка освещена нормально падающим монохроматическим светом. В дифракцион-

ной картинке максимум второго порядка наблюдается под углом 14° . Под каким углом виден максимум третьего порядка?

70.8. На дифракционную решетку с периодом 0,01 мм падает монохроматический свет. Первый дифракционный максимум получается на экране смещенным на 3 см от первоначального направления света. Определите длину волны падающего света, если расстояние между экраном и решеткой 70 см. Углы считать малыми.

70.9. Спектр дифракционной решетки со 100 штрихами на 1 мм проектируется на экран, расположенный параллельно решетке на расстоянии 1,8 м от нее. Определите длину волны монохроматического света, падающего на решетку, если расстояние от центрального максимума до второго 21,4 см. Углы считать малыми.

70.10. Какой наибольший порядок спектра можно увидеть в дифракционной решетке, имеющей 500 штрихов на 1 мм, при освещении ее светом с длиной волны 720 нм? Сколько всего максимумов можно наблюдать?

Третий уровень

70.11. Световая волна длиной 530 нм падает перпендикулярно на прозрачную дифракционную решетку, постоянная которой 1,8 мкм. Определите угол дифракции, под которым образуется максимум наибольшего порядка.

70.12. Определите длину волны, падающей на дифракционную решетку, на 1 мм которой нанесено 400 штрихов. Дифракционная решетка расположена на расстоянии 25 см от экрана. Расстояние между третьими максимумами на дифракционной картине, полученной на экране, оказалось равным 27,4 см.

70.13. Определите расстояние между максимумами нулевого и наибольшего порядка при дифракции света с длиной волны L на дифракционной решетке с периодом $2,5 L$. Дифракционная картина наблюдается на экране на расстоянии 0,6 м от решетки.

70.14. Период дифракционной решетки, на которую нормально падает монохроматическая волна, равен 7 мкм. Определите длину волны, если угол между дифракционными максимумами первого и третьего порядков равен 8° . Углы считать малыми.

Раздел 6. АТОМНАЯ И ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА

71. Фотон. Свойства фотона

Первый уровень

71.1. Определите энергию фотонов рентгеновских лучей с длиной волны $4 \cdot 10^{-11}$ м.

71.2. Вычислите массу фотона видимого света, длина волны которого 650 нм.

71.3. Определите частоту видимого излучения, масса фотона которого $4 \cdot 10^{-36}$ кг.

71.4. Чему равен импульс фотона, если длина соответствующей световой волны равна 500 нм?

71.5. При какой длине электромагнитной волны энергия фотона равна $2,8 \cdot 10^{-19}$ Дж?

Второй уровень

71.6. Энергия фотона равна энергии покоя электрона. Найдите длину волны этого фотона, если масса покоя электрона $9,1 \cdot 10^{-31}$ кг.

71.7. Человеческий глаз наиболее чувствителен к зеленому свету с длиной волны 550 нм, для которого порог чувствительности глаза соответствует 80 фотонам, падающим на сетчатку за 1 с. Какой мощности света соответствует этот порог?

71.8. Источник света мощностью 100 Вт испускает $5 \cdot 10^{22}$ квантов за 4 с. Найдите среднюю длину волны излучения.

71.9. Энергия фотона в потоке монохроматического излучения $4,4 \cdot 10^{-19}$ Дж. Какова длина волны этого излучения в воде, если показатель преломления $\frac{4}{3}$?

71.10. Угол падения света из воздуха в стекло 45° , а угол преломления 30° . Длина волны света в стекле 0,33 мкм. Определите энергию отдельного фотона.

71.11. Поток монохроматических лучей с длиной волны 500 нм падает нормально на плоскую зеркальную поверхность и давит на нее с силой 10^{-8} Н. Определи-

делите число фотонов, падающих на эту поверхность за 1 с.

71.12. Свет с длиной волны 0,5 мкм падает на зеркальную поверхность под углом 30° . Найдите величину импульса, получаемого поверхностью при отражении от нее одного фотона.

71.13. На идеально отражающую поверхность за 1 с падает 10^{20} фотонов с длиной волны 500 нм. Определите силу давления света на поверхность.

Третий уровень

71.14. На поверхность площадью 100 см^2 нормально падает ежеминутно 63 Дж световой энергии. Найдите световое давление в случае, когда поверхность полностью поглощает все падающее излучение.

71.15. Параллельный пучок монохроматических лучей с длиной волны 660 нм падает нормально на плоскую зачерненную поверхность площадью 1 м^2 и производит на нее давление $3 \cdot 10^{-7}$ Па. Определите число фотонов, падающих на поверхность за 1 с.

71.16. Источник мощностью 100 Вт дает параллельный пучок света, падающий перпендикулярно поверхности. Определите силу давления света, оказываемую пучком на поверхность, если 50% падающего на поверхность света отражается, а остальные 50% поглощается.

71.17. Излучение лазера мощностью 15 Вт и длительностью 0,1 с попадает на стоящий перпендикулярно направлению его распространения кусочек идеальной отражающей фольги массой 1 мг. Определите скорость кусочка фольги после отражения света.

71.18. Рентгеновская трубка, работающая при напряжении 50 кВ и потребляющая ток 1 мА, излучает в секунду $2,5 \cdot 10^{18}$ фотонов со средней частотой $3 \cdot 10^{18}$ Гц. Определите КПД трубки.

71.19. Какое количество фотонов в видимой части спектра излучает за 1 с электрическая лампочка с мощностью 30 Вт, если энергия света составляет 4% от потребляемой энергии? Среднюю длину волны света принять равной 0,55 мкм.

72. Фотоэффект

Заряд электрона $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл, масса электрона $9,1 \cdot 10^{-31}$ кг.

Первый уровень

72.1. Красная граница фотоэффекта серебра равна 0,26 мкм. Определите работу выхода серебра.

72.2. Определите красную границу фотоэффекта (частоту) для платины. Работа выхода для платины 5,3 эВ.

72.3. Свет с энергией фотона 3,8 эВ вырывает из металлической пластины электроны, имеющие максимальную кинетическую энергию 1,8 эВ. Определите работу выхода электрона из этого металла.

72.4. Какой кинетической энергией обладают электроны, вырванные с поверхности меди, при облучении ее светом с частотой $6 \cdot 10^{18}$ Гц? Красная граница фотоэффекта для меди 270 нм.

72.5. Работа выхода электронов из кадмия равна 4,1 эВ. Какой должна быть длина волны излучения, падающего на кадмий, чтобы при фотоэффекте кинетическая энергия фотоэлектронов была равна $18,2 \cdot 10^{-19}$ Дж?

72.6. Найдите работу выхода электрона с поверхности некоторого металла, если при облучении его желтым светом с длиной волны 590 нм скорость выбивающихся электронов равна $0,28 \cdot 10^6$ м/с.

Второй уровень

72.7. Определите максимальную скорость электронов, вылетающих из цезия, при облучении его светом с длиной волны 400 нм. Работа выхода из цезия $2,9 \cdot 10^{-19}$ Дж.

72.8. Максимальная кинетическая энергия электронов, вылетающих из рубидия при его освещении УФ-светом с длиной волны 317 нм, равна $2,84 \cdot 10^{-19}$ Дж. Определите длину волны красной границы фотоэффекта.

72.9. Какую длину волны должен иметь свет, падающий на поверхность цезия, чтобы максимальная скорость фотоэлектронов была $2 \cdot 10^6$ м/с? Работа выхода из цезия $2,9 \cdot 10^{-19}$ Дж.

72.10. Максимальный импульс электронов, вылетающих из цинка при облучении его электромагнитными волнами некоторой частоты, равен $7,4 \cdot 10^{-26}$ кг · м/с. Определите частоту волны, если работа выхода для цинка $6 \cdot 10^{-19}$ Дж.

72.11. Красной границе фотоэффекта некоторого металла соответствует длина волны 0,25 мкм. Определите максимальный импульс фотоэлектронов, если на поверхность металла падает свет с длиной волны 0,2 мкм.

72.12. Чему равно задерживающее напряжение для фотоэлектронов, вырываемых с поверхности металла светом с энергией фотонов $7,8 \cdot 10^{-19}$ Дж, если работа выхода из этого металла $3 \cdot 10^{-19}$ Дж?

72.13. Красная граница фотоэффекта для материала катода $3 \cdot 10^{14}$ Гц. На катод падает излучение с частотой $6 \cdot 10^{14}$ Гц. Определите задерживающее напряжение для фотоэлектронов, вылетающих из катода.

72.14. На катод фотоэлемента падает монохроматический световой поток с энергией фотонов, превышающей работу выхода электронов в 3 раза. Длина волны света 414 нм. Электроны, вылетевшие из катода попадают в тормозящее электрическое поле. Найдите задерживающую разность потенциалов.

72.15. Отрицательно заряженная цинковая пластина освещалась монохроматическим светом с длиной волны 300 нм. Красная граница фотоэффекта для цинка составляет 332 нм. Какой максимальный потенциал приобретет цинковая пластинка в результате освещения?

72.16. Медный шарик, удаленный от других тел, под действием света, падающего на него, зарядился до потенциала 1,74 В. Определите длину волны света. Работа выхода для меди 4,47 эВ.

72.17. При освещении поверхности некоторого металла фиолетовым светом с длиной волны 0,4 мкм выбитые электроны полностью задерживаются разностью потенциалов 2 В. Чему равно задерживающее напряжение при освещении того же металла красным светом с длиной волны 0,77 мкм?

72.18. На поверхность цезия падает УФ-излучение с длиной волны 0,14 мкм. Какой максимальный путь пролетают до остановки фотоэлектроны, вырванные

излучением с поверхности цезия, в направлении вектора напряженности однородного электрического поля величиной 100 В/м ? Работа выхода из цезия $2,9 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$.

72.19. Какая часть энергии фотона, вызывающего фотоэффект, расходуется на работу выхода, если максимальная скорость электронов, вырываемых с поверхности цинка, составляет 10^6 м/с ? Красная граница фотоэффекта для цинка 290 нм.

72.20. При освещении поверхности вольфрама электромагнитное излучение выбивает фотоэлектроны, которые полностью задерживаются напряжением 4,5 В. Во сколько раз длина волны этого излучения меньше длины волны, соответствующей красной границе фотоэффекта? Работа выхода для вольфрама $7,2 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$.

Третий уровень

72.21. На поверхность металла падает поток излучения с длиной волны 0,36 мкм, мощность которого 5 мкВт.

Определите силу фототока насыщения, если $\frac{1}{20}$ всех падающих фотонов выбывает из металла электроны.

72.22. На поверхность металла падает свет с длиной волны 150 нм. При уменьшении длины волны в 2 раза задерживающее напряжение для фотоэлектронов возрастает в 3 раза. Определите частоту света, соответствующую красной границе фотоэффекта для этого металла.

72.23. Фотоэлектроны, выбитые с поверхности плоского катода светом с длиной волны $2,5 \cdot 10^{-7} \text{ м}$, попадают в однородное магнитное поле с индукцией $3 \cdot 10^{-4} \text{ Тл}$, линии которого параллельны поверхности катода. Максимальный радиус полуокружности, по которой движутся электроны, вылетевшие по нормали к катоду, 2 см. Найдите длину волны, соответствующую красной границе фотоэффекта.

72.24. Катод фотоэлемента освещается светом с длиной волны 0,5 мм и мощностью 1 Вт. Величина силы тока насыщения фотоэлемента 4 мА. Какое количество фотонов приходится на один электрон, выбиваемый из катода?

73. Атом водорода

Первый уровень

73.1. При переходе электрона в атоме водорода с третьей стационарной орбиты на вторую излучаются фотоны, соответствующие длине волны $0,652 \text{ мкм}$. Какую энергию теряет при этом атом водорода?

73.2. При переходе электрона в атоме водорода с четвертой стационарной орбиты на вторую излучается фотон с энергией $4 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$. Определите длину волны, соответствующую этой линии в спектре излучения водорода.

73.3. Определите энергию и импульс фотона, испускаемого при переходе электрона в атоме водорода с третьей орбиты на первую.

73.4. Найдите соотношение между первым, вторым и третьим радиусами орбиты электрона в атоме водорода согласно модели Бора.

Второй уровень

73.5. Во сколько раз длина волны излучения атома водорода при переходе из третьего энергетического состояния во второе больше, чем при переходе из четвертого в первое?

73.6. Вычислите кинетическую энергию электрона на третьей боровской орбите в атоме водорода.

73.7. Каков номер возбужденного состояния, в которое переходит атом водорода из основного состояния при поглощении фотона, энергия которого составляет $\frac{8}{9}$ энергии поглощения атома водорода?

73.8. Атом водорода в основном состоянии поглотил квант света с длиной волны $1,2 \cdot 10^{-5} \text{ см}$. Определите радиус орбиты электрона в возбужденном состоянии.

73.9. Во сколько раз увеличивается угловая скорость вращения электрона в атоме водорода, если при переходе атома из одного стационарного состояния в другое радиус орбиты электрона уменьшается в 4 раза?

73.10. Первоначально неподвижный атом водорода испустил фотон с длиной волны $121,5 \text{ нм}$. Какую скорость приобрел атом водорода?

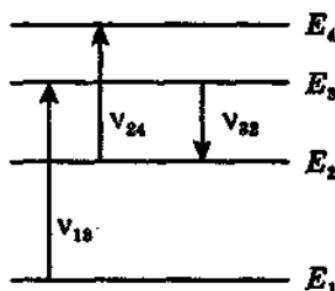


Рис. 233

73.11. При переходе атома водорода из второго и третьего возбужденного состояния в первое (основное) излучаются фотоны, соответствующие длинам волн: $\lambda_{21} = 0,120 \text{ мкм}$, $\lambda_{31} = 0,102 \text{ мкм}$. Определите длину волны излучения атома водорода при переходе его из третьего возбужденного состояния во второе.

73.12. На рис. 233 представлено несколько энергетических уровней электронных оболочек атомов и указаны частоты света, излучаемого и поглощаемого при переходах между этими уровнями. Какова частота v_{13} , если $v_{24} = 4 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$, $v_{32} = 3 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$, а при переходе с уровня E_4 на уровень E_1 излучается свет с длиной волны 360 нм?

74. Строение атома. Радиоактивный распад

Первый уровень

74.1. Чему равно число протонов и нейтронов в ядрах атомов: а) $^{23}_{11}\text{Na}$; б) $^{64}_{29}\text{Cu}$?

74.2. Определите число нейтронов в ядрах атомов: а) $^{107}_{47}\text{Ag}$; б) $^{122}_{51}\text{Sb}$.

74.3. Электронная оболочка атома состоит из 6 электронов. Сколько нейтронов находится в ядре атома, если массовое число 14?

74.4. На сколько в ядре атома урана $^{238}_{92}\text{U}$ нейтронов больше, чем протонов?

74.5. Во сколько раз меньше нейтронов содержит атом азота с массовым числом 14 и зарядовым числом 7, чем ядро цинка с массовым числом 65, зарядовым числом 30?

74.6. Во сколько раз число протонов в ядре атома $^{238}_{92}\text{U}$ больше, чем число нуклонов в атоме $^{16}_8\text{O}$?

74.7. Какие ядра образуются в результате электронного β -распада ядер изотопов: а) ^3_1H ; б) $^{66}_{29}\text{Cu}$?

74.8. Какие ядра образуются в результате α -распада ядер изотопов: а) $^{226}_{88}\text{Ra}$; б) $^{224}_{92}\text{U}$?

74.9. Ядро свинца $^{208}_{82}\text{Pb}$ может быть получено в результате α -распада полония $^{84}_{38}\text{Po}$ или β -распада таллия $^{81}_{31}\text{Tl}$. Напишите соответствующие реакции.

Второй уровень

74.10. Сколько нейтронов содержит кусочек алюминиевой фольги ($^{27}_{13}\text{Al}$), если его масса 1 г?

74.11. В какой элемент превращается радиоактивный изотоп лития ^3_3Li после одного β -распада и одного α -распада?

74.12. В какой элемент превращается $^{239}_{92}\text{U}$ после двух β -распадов и одного α -распада? Напишите соответствующие реакции.

74.13. Ядро полония $^{216}_{84}\text{Po}$ образовалось после двух последовательных α -распадов. Из какого ядра получилася полоний?

74.14. Ядро изотопа $^{211}_{83}\text{Bi}$ получилось из другого ядра после последовательных α - и β -распадов. Какое это было ядро?

74.15. Ядро атома $^{60}_{27}\text{Co}$ расщепляется с испусканием β -частицы. Определите число нейтронов в ядре возникшего атома.

74.16. Изотоп тория $^{232}_{90}\text{Th}$ претерпевает α -распад, два β -распада и еще один α -распад. Какое ядро после этого получится?

74.17. Ядро тория $^{232}_{90}\text{Th}$ в результате радиоактивного распада, испустив шесть α -частиц и четыре β -частицы, превратилось в ядро стабильного изотопа свинца. Сколько нейтронов содержится в этом изотопе?

Третий уровень

74.18. Массовое число хлора 35,5. Хлор имеет два изотопа: $^{35}_{17}\text{Cl}$ и $^{37}_{17}\text{Cl}$. Найдите процентное содержание обоих изотопов.

74.19. Радиоактивный атом $^{232}_{90}\text{Th}$ превращается в атом $^{212}_{88}\text{Bi}$. Сколько при этом происходит α - и β -распадов?

74.20. Сколько происходит α - и β -распадов при радиоактивном распаде $^{238}_{92}\text{U}$, если он превращается в $^{198}_{82}\text{Pb}$?

74.21. Изотоп нептуния $^{237}_{93}\text{Np}$ – родоначальник радиоактивного ряда, включающего в себя 11 реакций. На каком изотопе $^{88}_{88}\text{Bi}$ он заканчивается и сколько α - и β -распадов включает?

74.22. Препарат, активность которого $1,7 \cdot 10^{12}$ частиц в секунду, помещен в калориметр, заполненный водой при 293 К. Сколько времени потребуется, чтобы довести до кипения 10 г воды, если известно, что данный препарат испускает α -частицы энергией 5,3 МэВ, при чем энергия всех α -частиц полностью переходит во внутреннюю энергию? Теплоемкостью калориметра и потерями тепла пренебречь. Удельная теплоемкость воды 4200 Дж/(кг · К).

75. Период полураспада

Второй уровень

75.1. Сколько атомов радиоактивного элемента распадется за 23 ч из 10^6 атомов? Период полураспада данного элемента 92 ч.

75.2. Сколько процентов радиоактивного вещества останется через 4 периода полураспада?

75.3. У некоторого радиоактивного элемента период полураспада 1,5 ч. Через какое время останется 25% исходного числа радиоактивных атомов?

75.4. За 12 суток распалось 75% ядер некоторого радиоактивного элемента. Найдите период полураспада этого элемента.

75.5. Чему равен период полураспада изотопа, если за сутки распадается в среднем 750 атомов из 1000?

75.6. За время, равное 12,6 суткам, количество радиоактивного золота $^{196}_{79}\text{Au}$ уменьшилось в 16 раз. Чему равен период полураспада данного изотопа золота?

75.7. Определите массу не распавшегося за 135 лет радиоактивного цезия, если его начальная масса составляла 8 кг, а период полураспада равен 27 годам.

75.8. Имеется 4 г радиоактивного кобальта. Сколько граммов кобальта распадется за 216 суток, если период полураспада составляет 72 суток?

75.9. За 300 с распалось $\frac{7}{8}$ ядер радиоактивного вещества. Определите период полураспада данного вещества.

75.10. Какая доля радиоактивных ядер некоторого элемента распадается за время, равное половине периода полураспада?

Третий уровень

75.11. За некоторое время t начальное количество некоторого радиоактивного изотопа уменьшилось в 3 раза. Во сколько раз оно уменьшится за время $2t$?

75.12. За 6 ч начальное количество радиоактивного изотопа уменьшилось в 2 раза. Во сколько раз оно уменьшится за 24 ч?

75.13. За одно и то же время распалась $\frac{1}{2}$ ядер одного радиоактивного элемента и $\frac{3}{4}$ ядер другого радиоактивного элемента. Во сколько раз период распада первого элемента больше, чем второго?

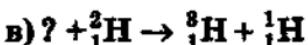
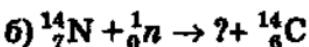
75.14. Радиоактивный натрий $^{24}_{11}\text{Na}$ распадается с периодом полураспада 14,8 ч. Вычислите количество атомов, распавшихся в 1 мг данного радиоактивного препарата за 29,6 ч.

75.15. Период полураспада полония $^{210}_{84}\text{Po}$ равен 140 суткам. При распаде полоний превращается в стабильный свинец $^{206}_{82}\text{Pb}$. Какая масса свинца образуется из 1 мг полония за 70 суток в результате распада?

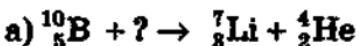
76. Ядерные реакции. Дефект массы. Энергия связи. Удельная энергия связи. Энергетический выход ядерных реакций

Первый уровень

76.1. Определите неизвестные элементы ядерных реакций.



76.2. Под действием каких частиц осуществлены следующие ядерные реакции?



76.3. Ядро изотопа магния ${}_{12}^{25}\text{Mg}$ подвергается бомбардировке протонами. Ядро какого элемента получается в результате реакции, если она сопровождается получением α -частицы?

Второй уровень

76.4. Вычислите дефект массы ядра бора ${}_{\gamma}^{11}\text{B}$.

76.5. Какое минимальное количество энергии требуется сообщить ядру изотопа ${}_{20}^{40}\text{Ca}$, чтобы расщепить его на отдельные, не взаимодействующие между собой нуклоны, если масса покоя ядра 39,97542 а. е. м.?

76.6. Найдите энергию связи ядра алюминия ${}_{13}^{27}\text{Al}$.

76.7. Энергия связи изотопа водорода ${}_{1}^3\text{H}$ равна 8,5 МэВ. Найдите удельную энергию связи и дефект массы ядра атома.

76.8. Энергия связи ядра, состоящего из трех протонов и четырех нейтронов, равна 39,3 МэВ. Определите массу нейтрального атома, обладающего этим ядром.

76.9. Определите удельную энергию связи ядра урана $^{238}_{92}\text{U}$.

76.10. Определите энергетический выход ядерной реакции: $^{14}_{7}\text{N} + ^{1}_{2}\text{He} \rightarrow ^{17}_{8}\text{O} + ^{1}_{1}\text{H}$.

76.11. Рассчитайте энергетический выход реакции α -распада радия $^{226}_{88}\text{Ra}$: $^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow ^{4}_{2}\text{He} + ^{222}_{86}\text{Rn}$.

Третий уровень

76.12. При бомбардировке $^{7}_{3}\text{Li}$ протонами он превращается в гелий $^{4}_{2}\text{He}$. Определите объем гелия, образовавшегося из 1 г лития, если гелий в конце опыта имел температуру 30 °С и давление 93 кПа.

76.13. Найдите энергетический выход ядерной реакции: $^{14}_{7}\text{N} + ^{1}_{0}\text{n} \rightarrow ? + ^{14}_{6}\text{C}$, если энергия связи ядра $^{14}_{7}\text{N}$ равна 104,66 МэВ, а ядра $^{14}_{6}\text{C}$ – 105,29 МэВ.

76.14. Какую массу воды можно нагреть от 0 °С до кипения, если использовать всю энергию, выделяющуюся в ядерной реакции: $^{7}_{3}\text{Li} + ^{1}_{1}\text{H} \rightarrow 2 ^{4}_{2}\text{He}$, при использовании 1 г лития? Удельная теплоемкость воды 4200 Дж/(кг · К).

Справочный материал

Массы атомов, а. е. м.		Массы атомов, а. е. м.	
^1_1H	1,00783	$^{17}_8\text{O}$	16,999131
^4_2He	4,00260	$^{27}_{13}\text{Al}$	26,98146
^7_3Li	7, 01420	$^{222}_{86}\text{Rn}$	222,02335
$^{11}_{5}\text{B}$	11,00931	$^{226}_{88}\text{Ra}$	226,03120
$^{14}_{7}\text{N}$	14,003074	$^{238}_{92}\text{U}$	238,05077

Массы частиц, а. е. м.	
электрон	0,0005484
протон	1,007276
нейтрон	1,008665

77. Деление ядер урана

Второй уровень

77.1. При распаде одного атома урана-235 выделяется 200 МэВ энергии. Какое количество энергии выделится при полном распаде 1 кг урана?

77.2. При делении одного ядра урана-235 освобождается 200 МэВ энергии. Сколько энергии выделится при цепной реакции в образце данного урана массой 60 кг, если разделится 0,1% содержащихся в нем ядер?

77.3. При реакции деления ядер урана-235 выделилось $1,2 \cdot 10^{26}$ МэВ энергии. Определите массу распавшегося урана, если при делении одного ядра выделяется 200 МэВ энергии.

77.4. Определите мощность реактора, в котором делится 1 г урана-235 в сутки. Энергия, выделяющаяся при делении ядра урана, равна 200 МэВ.

77.5. Какую массу каменного угля надо сжечь, чтобы получить такую же энергию, какая выделяется при полном делении 1 г урана-235? При делении одного ядра урана выделяется $3,2 \cdot 10^{-11}$ Дж энергии. Удельная теплота сгорания угля $3 \cdot 10^7$ Дж/кг.

Третий уровень

77.6. На атомной электростанции за год расходуется 19,5 кг урана-235. КПД станции 25%. Найдите электрическую мощность станции, если при делении одного ядра урана выделяется 200 МэВ энергии.

77.7. Атомная электростанция мощностью 1000 МВт имеет КПД 20%. Какова масса расходуемого за сутки урана-235? При делении одного ядра урана выделяется 200 МэВ энергии.

ОТВЕТЫ

Раздел 1. Механика

Кинематика

1. Путь, перемещение, координаты движущегося тела

- 1.1. 0,5 м; 3,5 м. 1.2. 5 м; 1 м. 1.3. 2. 1.4. 3,14 км; 0. 1.5. 800 м; 0. 1.6. 5 м. 1.7. 200 м; 141 м. 1.8. 4,47 м; 4 м; -2 м. 1.9. 4 м; -3 м; 5 м. 1.10. 5 м; 6 м. 1.11. -15 м; -35 м; 38 м. 1.12. 2 м; 2 м; 2,8 м; 4 м. 1.13. 1 м. 1.14. 60 км; 42,4 км. 1.15. 1,24. 1.16. 6,28 м. 1.17. 3 м; 3,14 м. 1.18. 100 м; 173,2 км. 1.19. 9,33 км; 2,5 км.

2. Равномерное прямолинейное движение

- 2.1. 1,2 м/с. 2.2. 1200 км/ч; 333 м/с. 2.3. Пуля винтовки. 2.4. 5 мин. 2.5. 1 ч. 2.6. 1,5 км. 2.7. 20 км. 2.8. 1,3 м/с. 2.9. 50 км. 2.10. 45 км/ч; 240 км. 2.11. 200 км. 2.12. 2 м/с. 2.13. 3,6 см. 2.14. 0,3 м/с. 2.15. $x = 6 - 2t$. 2.16. 5 м/с. 2.17. 0,25 м/с; 2. 2.18. 30 с. 2.19. 10 с; 50 м. 2.20. 3,5 м/с. 2.21. Превышил. 2.22. 90 м. 2.23. 900 м/с. 2.24. 8,1 км. 2.25. 0,6 ч; 54 км; 66 км. 2.26. 1,5 км. 2.27. 90 км/ч. 2.28. 25 м/с. 2.29. 350 км; 80 км/ч; 60 км/ч; 2,5 ч; 150 км; 200 км. 2.30. 85 м. 2.31. 30 км. 2.32. 1,25. 2.33. 200 км. 2.34. 3,3 км. 2.35. 75 км/ч. 2.36. 70 км/ч; 50 км/ч. 2.37. 6 м/с. 2.38. 4. 2.39. 11.

3. Относительность движения

- 3.1. 11,5 м/с; 8,5 м/с. 3.2. 15 м/с. 3.3. 4,8 км. 3.4. 1 ч. 3.5. 200 с. 3.6. 5. 3.7. 1,5 м/с; 5,5 м/с. 3.8. 10 с. 3.9. 28 с. 3.10. 17 км/ч. 3.11. а) 16 мин; б) 15 мин. 3.12. 7,5 км/ч; 17,5 км/ч. 3.13. 1,1 м/с; 0,5 м/с. 3.14. 0,5 м/с; 1,5 м/с. 3.15. 81 км/ч. 3.16. 10 м/с; 99 м. 3.17. 3,5 м/с. 3.18. 0; 144 км/ч; 102 км/ч. 3.19. 21,7 м/с. 3.20. 9,6 ч. 3.21. 35 сут. 3.22. 7,5 мин. 3.23. 4. 3.24. 45 с. 3.25. 40 с. 3.26. 90 с. 3.27. 87,5 м. 3.28. 114 км/ч. 3.29. 24 м/с. 3.30. 30°; 154 с. 3.31. 25 м. 3.32. 15 м/с. 3.33. 3 км/ч. 3.34. 7,5 км. 3.35. 6 м/с. 3.36. 60. 3.37. 150. 3.38. 120.

4. Средняя скорость неравномерного движения

- 4.1. 30 км/ч. 4.2. 5 км/ч. 4.3. 55 км/ч. 4.4. 1 м/с.
 4.5. 48 км/ч. 4.6. 40 км/ч. 4.7. 1 м/с. 4.8. 10 м/с. 4.9. 9,2 м/с.
 4.10. 6 км/ч. 4.11. 48 км/ч. 4.12. 6 м/с. 4.13. 15 м/с; 0,17 м/с².
 4.14. 20 м/с. 4.15. 6 с. 4.16. 1,2 м/с. 4.17. 2,6 м/с. 4.18. 8 км/ч.
 4.19. 24 м/с. 4.20. 1,1. 4.21. 16 м/с. 4.22. 5 км/ч. 4.23. 12 км/ч.
 4.24. 52,5 км/ч; 35 км/ч. 4.25. 50 км/ч. 4.26. 2,6 м/с. 4.27. 16 м/с.
 4.28. 1 м/с. 4.29. 8 км/ч. 4.30. 48 км/ч. 4.31. 700 км/ч.
 4.32. 88 км/ч. 4.33. 6 км/ч. 4.34. 80 км/ч. 4.35. 5,1 м/с.

5. Прямолинейное равноускоренное движение

- 5.1. 78,75 м. 5.2. 56 м. 5.3. 75 м. 5.4. 60 м/с².
 5.5. 4 м/с. 5.6. 4,5 м/с. 5.7. 4 м/с. 5.8. 0,15 м/с². 5.9. 3 м/с².
 5.10. 2 м/с². 5.11. 3 м/с. 5.12. $2 \cdot 10^5$ м/с². 5.13. $v = 6 - 16t$.
 5.14. 0,5 м/с²; 16 м. 5.15. 1 м/с³, 8 м. 5.16. $x = 100 + 4t - 0,5t^2$;
 106 м. 5.17. 33 м/с. 5.18. 100 м. 5.19. 0,1 м/с. 5.20. 100 м.
 5.21. 5 см/с²; 6,25 см/с². 5.22. 1,56. 5.23. 30 м. 5.24. 52 м.
 5.25. 90 см. 5.26. 20 м. 5.27. 2 м/с; 0,3 м/с². 5.28. 20 с. 5.29. 2 с.
 5.30. 1 м/с². 5.31. 5 м/с. 5.32. 100 м. 5.33. 10 с; 40 м; 45 м.
 5.34. 40 с. 5.35. 3,2 м/с². 5.36. 1 : 3 : 5 : 7... 5.37. 1 м/с; 2,5 м/с².
 5.38. 4 с. 5.39. 509 м; 42,4 м/с. 5.40. 4,1 м/с. 5.41. 0,17 с.
 5.42. 30 м; 5,5 с. 5.43. 36 м. 5.44. 3,4 с. 5.45. 30 с. 5.46. 45 см/с;
 30 см/с². 5.47. 34 м. 5.48. 35 см. 5.49. 7880 м.

6. Движение тела по вертикали под действием силы тяжести

- 6.1. 80 м. 6.2. 1,6 м/с². 6.3. 5 с. 6.4. 6 м/с. 6.5. 10 м/с.
 6.6. 1,5 с. 6.7. 0,3 с. 6.8. 6 с. 6.9. 11,5 м/с. 6.10. 20 м. 6.11. 20 м/с.
 6.12. 9,5 м/с. 6.13. 3,6 м. 6.14. 4. 6.15. 31 м. 6.16. 15 м.
 6.17. 0,6 с. 6.18. 3,4 с. 6.19. 15,5 м/с; 1,6 с. 6.20. 1 с и 5 с.
 6.21. 40 мс. 6.22. 10 м/с. 6.23. 55 м. 6.24. 20 м/с. 6.25. 1,1 с.
 6.26. 245 м; 7 с. 6.27. 45 м; 135 м. 6.28. 25 м/с. 6.29. 100 м.
 6.30. 50 м. 6.31. 7 м/с. 6.32. 5 м/с. 6.33. 350 м/с. 6.34. 35 м.
 6.35. 65 м. 6.36. 1 с. 6.37. 20 мс. 6.38. 10,5 мин. 6.39. 1,26.
 6.40. 3 с. 6.41. 97,6 м. 6.42. 1 с. 6.43. 24,5 м/с. 6.44. 15 м/с.
 6.45. 35 м. 6.46. 2,5 с. 6.47. 0,34 м. 6.48. 84 м. 6.49. 350 мм;
 1400 мм. 6.50. 30 м; 90 м; 150 м. 6.51. 151 м. 6.52. 1,5 с. 6.53. 6.
 6.54. 0,64 с; 0,5 м.

7. Движение тела, брошенного горизонтально

- 7.1. 20 м; 12 м. 7.2. 1,4 с. 7.3. 10 м. 7.4. 3,1 м/с. 7.5. 125 м.
 7.6. 20 м. 7.7. 2. 7.8. 10 м/с. 7.9. 100 м/с. 7.10. 20 м/с. 7.11. 45°.
 7.12. 8 с; 120 м. 7.13. 2 с. 7.14. 2,6 м. 7.15. 5,4 м/с. 7.16. 28,3 м.
 7.17. 36 м/с. 7.18. 9,8 м/с. 7.19. 25 м/с. 7.20. 5,8 м/с. 7.21. 60°.
 7.22. 11 м. 7.23. 105 м. 7.24. 2 см. 7.25. 648 м/с. 7.26. 14.

8. Движение тела, брошенного под углом к горизонту

- 8.1. 8,7 м. 8.2. 2,4 м. 8.3. 1,7 с. 8.4. 10 м/с. 8.5. 200 м.
 8.6. 2 с. 8.7. 19,5 м. 8.8. 4,9 м. 8.9. 6 м/с. 8.10. 5 м. 8.11. 19 м.
 8.12. 5 м/с. 8.13. 7,4 м. 8.14. 45 м. 8.15. 40 м. 8.16. 3,6 с.
 8.17. 5 м. 8.18. 2,9 м. 8.19. 76°. 8.20. 0,28 с. 8.21. 0,6 с.
 8.22. 10 м. 8.23. 8,7 м. 8.24. 289 м. 8.25. 80 м/с; 75 м.
 8.26. 4,8 м. 8.27. 20 м/с. 8.28. 1,31 м. 8.29. 45°. 8.30. 15°
 или 75°. 8.31. 19,4 м/с. 8.32. Попадет. 8.33. 39 м. 8.34. 7,3 с.
 8.35. 48 м. 8.36. 0,75 м. 8.37. 0,3 м. 8.38. 1. 8.39. 7,2 м.
 8.40. 56,6 м. 8.41. 1,8 м. 8.42. 64°. 8.43. 2,25 кг. 8.44. 154,8 м.
 8.45. 16,25 м. 8.46. 7,1 м/с. 8.47. 30°. 8.48. 24 с. 8.49. 19,3 м.

9. Движение тела по окружности с постоянной по модулю скоростью

- 9.1. 0,02 с; 50 Гц. 9.2. 12. 9.3. 60. 9.4. 2 см/с. 9.5. 80 c^{-1} .
 9.6. 2 m/s^2 . 9.7. 27 м/с. 9.8. 2. 9.9. $2,75\text{ mm/s}^2$. 9.10. 2 m/s^2 .
 9.11. 0,1 рад/с; $1,7 \cdot 10^{-3}$ рад/с; $1,45 \cdot 10^{-4}$ рад/с. 9.12. 0,4 м/с².
 9.13. 2,5 рад. 9.14. 300 м. 9.15. 0,37 м. 9.16. 125,6 м/с. 9.17. 218.
 9.18. 6000. 9.19. 0,8 с. 9.20. 1,25 м. 9.21. 0,13 м/с². 9.22. 1,05 рад.
 9.23. 36. 9.24. 50. 9.25. 3. 9.26. 628 м/с. 9.27. 47 с. 9.28. 10 см.
 9.29. 5 рад/с. 9.30. 50 см. 9.31. 6 м/с. 9.32. 15 м/с. 9.33. 4 с.
 9.34. 0,5 рад/с. 9.35. 32,7 мин. 9.36. 2 с. 9.37. 0,3 рад. 9.38. 52 с.

Динамика

10. Второй закон Ньютона

- 10.1. $1,5\text{ m/s}^2$. 10.2. 1 кН. 10.3. 4 кг. 10.4. 500 Н.
 10.5. 10 т. 10.6. 4 m/s^2 . 10.7. $0,8\text{ m/s}^2$. 10.8. 2,4 Н.
 10.9. $1,25\text{ m/s}^2$. 10.10. 10 м/с. 10.11. 12 м/с. 10.12. 10 Н.
 10.13. 25 мН. 10.14. 2 м. 10.15. 180 Н. 10.16. 0,1 с. 10.17. 2 МН.
 10.18. 4 кН 10.19. 2 m/s^2 . 10.20. 591 м. 10.21. 2 т. 10.22. 4 кН.
 10.23. 6 Н. 10.24. 0,6 Н. 10.25. 30 с. 10.26. 2,8 кН. 10.27. 5 м.
 10.28. $2,5\text{ m/s}^2$. 10.29. 3,3 Н. 10.30. 5 м/с. 10.31. $0,5\text{ m/s}^2$.
 10.32. 1,2 кг. 10.33. 10 m/s^2 . 10.34. 190 кг. 10.35. 2. 10.36. 8,5 с.
 10.37. 0,5 м/с. 10.38. $17,3\text{ m/s}^2$. 10.39. 100 км/ч.

11. Закон всемирного тяготения. Движение искусственных спутников

- 11.1. $2 \cdot 10^{20}$ Н. 11.2. 5 кг. 11.3. $1,2 \cdot 10^5$ т. 11.4. 2 кг.
 11.5. 2 m/s^2 . 11.6. 119 Н. 11.7. 720 кг. 11.8. $3,7\text{ m/s}^2$. 11.9. $1,1\text{ m/s}^2$.
 11.10. $6 \cdot 10^{24}$ кг. 11.11. 4. 11.12. 2. 11.13. 6. 11.14. 2. 11.15. 150 Н.
 11.16. $5 \cdot 10^3$ кг/м². 11.17. 3,4. 11.18. 27 Н. 11.19. 4. 11.20. 4.
 11.21. 1,25 Н. 11.22. 9,5 кН. 11.23. 1678 м/с. 11.24. 1,7 км/с.
 11.25. 8 км/с. 11.26. 7 км/с. 11.27. $19,2 \cdot 10^6$ м. 11.28. $2,65 \cdot 10^6$ м.

11.29. $8,5 \text{ м/с}^2$. **11.30.** 5 м/с^2 . **11.31.** $345,6 \cdot 10^6 \text{ м}$. **11.32.** 13 м/с^2 .
11.33. $1,5$. **11.34.** $2,56 \cdot 10^7 \text{ м}$. **11.35.** 578 кг/м^3 . **11.36.** $4,2 \cdot 10^7 \text{ м}$.
11.37. $1,8 \text{ ч}$. **11.38.** 164 года. **11.39.** 27 м. **11.40.** 2 ч. **11.41.** 900 км.

11.42. 340 с. **11.43.** 2,7 ч. **11.44.** $F = \frac{1}{7} GmM \left(\frac{8}{d^2} - \frac{1}{\left(d - \frac{R}{2} \right)^2} \right)$.

12. Вес тела

12.1. 0,5 кг. **12.2.** 2. **12.3.** 3,3 Н. **12.4.** 68,6 Н. **12.5.** 1 кН.
12.6. 3,3. **12.7.** 3,9 кН. **12.8.** 54 кН. **12.9.** 16 МН. **12.10.** 750 Н.
12.11. 83 Н. **12.12.** 75 кг. **12.13.** 2,16 кН. **12.14.** 12 л.
12.15. 213 Н. **12.16.** 2 кН. **12.17.** 2 м/с^2 ; вверх. **12.18.** 5 Н.
12.19. $2,5 \text{ м/с}^2$. **12.20.** 30 м/с^2 . **12.21.** 1,5. **12.22.** 5 м/с^2 .
12.23. 1 м/с^2 . **12.24.** а) 138 кН; б) 150 кН; в) 172,5 кН. **12.25.** 1 кН.
12.26. 2604 Н. **12.27.** 2 кг. **12.28.** 108 кПа.

13. Сила упругости. Закон Гука

13.1. 3 Н. **13.2.** 50 Н/м. **13.3.** 5 см. **13.4.** 1000 Н/м.
13.5. 0,1 кг. **13.6.** 1 см. **13.7.** 30 см. **13.8.** 30 см. **13.9.** 10 Н/м.
13.10. 2. **13.11.** 150 кН. **13.12.** 6 Н. **13.13.** 4 см. **13.14.** 34 Н;
 10^3 Н/м. **13.15.** 10 см. **13.16.** 2 м/с^2 . **13.17.** 35 см.
13.18. 20 м/с^2 . **13.19.** 210 Н/м. **13.20.** 1,5 см. **13.21.** 2 мм.
13.22. 82 см. **13.23.** 1 см. **13.24.** 5 см. **13.25.** 28 см^3 . **13.26.** 3,2 см.
13.27. 3,1 см. **13.28.** 6,4 см. **13.29.** 0,3 с..

14. Сила трения

14.1. 400 Н. **14.2.** 0,05. **14.3.** 0,3. **14.4.** 8 Н. **14.5.** 500 кг.
14.6. 583,3 т. **14.7.** $0,5 \text{ м/с}^2$. **14.8.** 0,1. **14.9.** 5 Н. **14.10.** 200 Н/м.
14.11. 0,3. **14.12.** 4 см. **14.13.** 530 Н. **14.14.** 2 м/с^2 . **14.15.** 3 Н.
14.16. 180 Н. **14.17.** 15 Н. **14.18.** 4,5 Н. **14.19.** $5,7 \text{ м/с}^2$.
14.20. 20 м/с. **14.21.** 4 кг. **14.22.** 1 МН. **14.23.** 16 Н; 0,04.
14.24. 4 м/с^2 . **14.25.** 1 Н. **14.26.** 30 с. **14.27.** 33,8 м. **14.28.** $0,82 \text{ м/с}^2$.
14.29. 9,6 Н. **14.30.** 0,41. **14.31.** 198 кг.

15. Наклонная плоскость

15.1. 1676 Н. **15.2.** 74,5 Н. **15.3.** 8660 Н/м. **15.4.** 1. **15.5.** 0,58
и более. **15.6.** 30° . **15.7.** 10 Н. **15.8.** 10 Н. **15.9.** 2. **15.10.** 3,4 Н.
15.11. 140 Н. **15.12.** 1,4 Н. **15.13.** 8 Н. **15.14.** 30 Н. **15.15.** 0,33.
15.16. 0,43. **15.17.** 3,2 м/с. **15.18.** 9 м/с. **15.19.** 2,8 кг. **15.20.** 13 с.
15.21. 4 м/с. **15.22.** 0,34; 4 с. **15.23.** 0,22. **15.24.** 430 Н.
15.25. 810 Н. **15.26.** 6 м/с^2 . **15.27.** 2 Н. **15.28.** 3 м/с^2 . **15.29.** 0,6.
15.30. 1 м/с. **15.31.** 34,6 Н. **15.32.** 24,9 м/с. **15.33.** 1,4 с.
15.34. 3,5 Н. **15.35.** 10 м/с^2 . **15.36.** 0,014. **15.37.** 1,2 Н.
15.38. 7,4 м/с. **15.39.** 0,05. **15.40.** 0,5 Н. **15.41.** 140 Н.
15.42. $3,2 \text{ м/с}^2$. **15.43.** 2,6 Н. **15.44.** 10 см.

16. Совместное движение тел

- 16.1. 200 Н. 16.2. 7,5 Н. 16.3. 8 Н; 30 м/с^2 . 16.4. 2. 16.5. 6,5 Н; 4 Н; 3,5 Н. 16.6. 4 Н. 16.7. 3 Н. 16.8. 1,1 м/с^2 . 16.9. 2 м/с^2 . 16.10. 1,1. 16.11. 20 Н. 16.12. 1,3 м/с^2 . 16.13. 300 г. 16.14. 2 м/с^2 . 16.15. 6,7 Н. 16.16. 0,5. 16.17. 2 м/с^2 . 16.18. 3. 16.19. 0,25. 16.20. 16 Н. 16.21. 5 мм. 16.22. 4,8 Н. 16.23. 5 Н. 16.24. 3 кг. 16.25. 0,67 Н. 16.26. 1 м/с^2 . 16.27. 21,2 Н. 16.28. 1,5 см. 16.29. 8 см; 5 см. 16.30. 245 г. 16.31. 2,5 Н. 16.32. 5 м/с^2 . 16.33. 0,7 Н. 16.34. 2,4 Н. 16.35. 2,6 м/с^2 ; 5,5 Н. 16.36. 7 Н. 16.37. 8 Н. 16.38. 26 см. 16.39. 0,6. 16.40. 1,2 с. 16.41. 32 Н. 16.42. 64 Н. 16.43. 1,4 м/с^2 ; 2,5 м/с^2 . 16.44. 5,3 Н. 16.45. 2 м/с^2 .

17. Динамика движения по окружности

- 17.1. 1,2 кН. 17.2. 950 Н. 17.3. 6 кН. 17.4. 8 кН. 17.5. 1 Н. 17.6. 10 м/с . 17.7. 10 Н. 17.8. 7 кН. 17.9. 0,5 Гц. 17.10. 1,25. 17.11. 5 Н. 17.12. 2 с. 17.13. 1,25 Н. 17.14. 0,4. 17.15. 74° . 17.16. 42,2 км. 17.17. 0,1 м/с . 17.18. 0,1 м. 17.19. 4,7 см. 17.20. 6,3 с. 17.21. 3 м/с^2 . 17.22. 0,16 Н. 17.23. 51 Н. 17.24. 0,2. 17.25. 25 см. 17.26. 15 см. 17.27. 1 Гц. 17.28. 9,4 см. 17.29. 1,3 с. 17.30. Увеличится в 4 раза. 17.31. 11,4 см. 17.32. 3 м/с . 17.33. 56,6 см. 17.34. 2,5 см; 184 Н/м. 17.35. 8,4 рад/с. 17.36. 1 Н. 17.37. 15 м/с . 17.38. 20 см. 17.39. 25 мН. 17.40. 8.

Статика. Гидростатика

18. Условия равновесия тел. Центр масс

- 18.1. 80 см. 18.2. 1 Н. 18.3. 75 см. 18.4. 1 м. 18.5. 4. 18.6. 3. 18.7. 2,5 кг. 18.8. 90 кг. 18.9. 70 см. 18.10. 0,8 м; 0,2 м. 18.11. 42 Н. 18.12. 200 г. 18.13. 0,2 м. 18.14. 5 см. 18.15. 1,1 кг. 18.16. 1,5 Н. 18.17. 0,3 Н. 18.18. 12,5 см. 18.19. 180 Н. 18.20. 0,4 кг. 18.21. 0,6 м. 18.22. 12,5 Н. 18.23. 20 кг; 20 кг; 20 кг; 10 кг. 18.24. 150 Н. 18.25. 20 Н. 18.26. 1,4. 18.27. 180,6 Н; 159,4 Н. 18.28. 10,5 кН. 18.29. 4 кН; 2,9 кН. 18.30. 1 кг. 18.31. 25 г. 18.32. 1,25. 18.33. 4,5 см. 18.34. 80 см. 18.35. 65 см. 18.36. 8,7 Н; 13,2 Н. 18.37. 25 Н. 18.38. 0,37. 18.39. 300 Н. 18.40. 6,25 Н. 18.41. 0,41 м. 18.42. 0,58. 18.43. 45° . 18.44. 25 Н. 18.45. 10 см. 18.46. 2,44 см.

19. Гидростатика

- 19.1. 2. 19.2. 600 кг/м^3 . 19.3. 20 кг. 19.4. 80 см^2 ; 720 см^2 ; уровень не изменится. 19.5. 1,25 кг. 19.6. 145 МН. 19.7. 80 см. 19.8. 21 см^3 . 19.9. 60 мН. 19.10. 800 кг/м^3 . 19.11. 100 см^3 . 19.12. 23 г. 19.13. 1,2 кН. 19.14. 14,7 кН. 19.15. 5. 19.16. 2470 кг/м^3 . 19.17. 1333 кг/м^3 . 19.18. 3,8 Н.

- 19.19. 6,3 Н. 19.20. 4 см. 19.21. 1,74 см. 19.22. 10 см².
 19.23. Архимедова сила не изменится; 0,8 Н. 19.24. 20 600 т.
 19.25. 1,08 кг. 19.26. 2 м³. 19.27. 1800 кг. 19.28. 4080 кг/м³.
 19.29. 300 Па. 19.30. 8,5 Н. 19.31. 32 г. 19.32. 1840 кг/м³.
 19.33. 750 кг/м³. 19.34. 2778 кг/м³; 833 кг/м³. 19.35. 12,8 см³.
 19.36. 0,5. 19.37. 1,3 см. 19.38. 0,5. 19.39. 0,8 см. 19.40. 80 г.
 19.41. 8,3 мм. 19.42. 4,1 кг. 19.43. 750 кг/м³. 19.44. 10 мН.
 19.45. 6 см. 19.46. 0,1 Н; 0,1 Н. 19.47. 500 Н.

Законы сохранения

20. Импульс тела. Закон сохранения импульса

- 20.1. 0,16 Н·с. 20.2. 10 г. 20.3. 20 кН·с. 20.4. 12 Н·с.
 20.5. 1,3. 20.6. 45 Н. 20.7. 20 мН·с. 20.8. 1,8 м/с. 20.9. 0,2 м/с.
 20.10. 80 кг. 20.11. 1,6 м/с. 20.12. 4,4 м/с. 20.13. 1 м/с.
 20.14. 0,4 Н·с. 20.15. 53 мН·с. 20.16. 28,8 кН·с. 20.17. 6 Н·с.
 20.18. 90 мН·с. 20.19. 24 кН·с. 20.20. 6 Н·с. 20.21. 0,8 Н·с.
 20.22. 3,2 Н·с. 20.23. 0,5 Н·с. 20.24. 0,04 м/с. 20.25. 300 м/с,
 противоположно начальной скорости. 20.26. 3. 20.27. 0,71 м/с;
 0,56 м/с. 20.28. 1,1 м/с. 20.29. 3 м/с. 20.30. 300 Н. 20.31. 1620 м.
 20.32. 400 м/с. 20.33. 219 м/с. 20.34. 0,17 м/с. 20.35. 17 мН·с.
 20.36. 1,3 м/с. 20.37. 8,5. 20.38. 500 м/с. 20.39. 0,5 кг.
 20.40. 5,7 см/с. 20.41. 29 см. 20.42. 4 м. 20.43. 60 кг. 20.44. 2 м.
 20.45. 2,7 см. 20.46. Подпрыгнет. 20.47. 86,4 Н. 20.48. 23,6 м/с.
 20.49. 1,8 м. 20.50. 20 см. 20.51. 1429 м. 20.52. $F = m\left(\frac{v^2}{l} + g\right)$.
 20.53. 2. 20.54. 19 м/с.

21. Механическая работа

- 21.1. 60 кДж. 21.2. 50 Дж. 21.3. 25 кН. 21.4. 2 м. 21.5. 60°.
 21.6. 300 Дж. 21.7. 20 м. 21.8. 12 м. 21.9. 9 м. 21.10. 1,5 Дж.
 21.11. 30 Дж. 21.12. 2. 21.13. 5 т. 21.14. 2,4 кДж. 21.15. 600 Дж.
 21.16. 180 Дж. 21.17. 41,7 Дж. 21.18. 4 МДж. 21.19. 40 Дж.
 21.20. 20 м. 21.21. 1152 кДж. 21.22. 24 кДж. 21.23. 1150 Дж.
 21.24. 4,6 МДж. 21.25. 1 Дж. 21.26. 0,5 Дж. 21.27. 80 мДж.
 21.28. 50. 21.29. 157,4 Н; 630 Дж. 21.30. 3. 21.31. $\frac{1}{3}$.
 21.32. 450 Дж. 21.33. 14 Дж. 21.34. 320 Дж. 21.35. 8 Дж.
 21.36. 100 Дж. 21.37. 100 Дж. 21.38. 5 Дж. 21.39. 1 кДж.
 21.40. 2 МДж. 21.41. 8 Дж.

22. Мощность

- 22.1. 50 Вт. 22.2. 14,4 кДж. 22.3. 33,3 мин. 22.4. 160 Вт.
 22.5. 8 кН. 22.6. 12 кВт. 22.7. 2 м/с. 22.8. 256 Вт. 22.9. 105,6 МВт.
 22.10. 5 кВт. 22.11. 4 м. 22.12. 30 кН. 22.13. 66,5 кН.

- 22.14. 1,5 кВт. 22.15. 1 мин 15 с. 22.16. 2,8 кВт. 22.17. 32 кВт.
 22.18. 208 кВт. 22.19. 3,2 т. 22.20. 20 кВт. 22.21. 8 кВт.
 22.22. 1,1. 22.23. 3. 22.24. 6,8 кВт. 22.25. 750 Вт. 22.26. 1 ч
 40 мин. 22.27. 22,5 Вт. 22.28. 37,7 Вт. 22.29. 947,7 Вт.

23. Коэффициент полезного действия

- 23.1. 80%. 23.2. 10,8 кДж. 23.3. 100 Дж. 23.4. 3,1 кДж.
 23.5. 98%. 23.6. 1,56 кДж. 23.7. 150 кг. 23.8. 95%. 23.9. 98%.
 23.10. 100 с. 23.11. 83,3%. 23.12. 62,5%. 23.13. 80%.
 23.14. 34,3 м³. 23.15. 4,8 кВт. 23.16. 660 Дж; 800 Дж;
 82,5%. 23.17. 71,4%. 23.18. 100 Н. 23.19. 75%. 23.20. 2,4 т.
 23.21. 24 см/с. 23.22. 80%. 23.23. 20 кВт. 23.24. 80%.

24. Кинетическая энергия

- 24.1. 40 Дж. 24.2. 400 г. 24.3. 3 м/с. 24.4. 9. 24.5. 50 МДж.
 24.6. 4 м/с. 24.7. 640 Дж. 24.8. 96 г. 24.9. 2. 24.10. 1,25.
 24.11. 1,125. 24.12. 20 Дж. 24.13. 102,4 Дж. 24.14. 9.
 24.15. 400 Дж. 24.16. 4 с. 24.17. 5 с. 24.18. 0,23 с. 24.19. 20 м/с.
 24.20. 72,2 Дж. 24.21. 8 Дж. 24.22. 2,5 Дж. 24.23. 81°.
 24.24. 60°. 24.25. 80 кДж. 24.26. 8 Дж. 24.27. 3. 24.28. 100 Дж.
 24.29. 630 мДж. 24.30. 0,25 Дж.

25. Потенциальная энергия

- 25.1. 200 Дж. 25.2. 96,6 кг. 25.3. 5 кДж. 25.4. 4 м.
 25.5. 24 мДж. 25.6. 150 Н/м. 25.7. 1,8 см. 25.8. 7 Дж. 25.9. 270 Дж.
 25.10. 2 м. 25.11. 2. 25.12. 245 мДж. 25.13. 12,5 мДж. 25.14. 2.
 25.15. 10 Н. 25.16. 200 г. 25.17. 0,32 Дж. 25.18. 0,45 Дж.
 25.19. 0,15 Дж. 25.20. 7,8 мДж. 25.21. 0,5 Дж. 25.22. 10 Дж.
 25.23. 1 с.

26. Закон сохранения и превращения механической энергии

- 26.1. 116 кДж. 26.2. 3,8 Дж. 26.3. 72 кДж. 26.4. 50 Дж.
 26.5. 20 м. 26.6. 7 Дж. 26.7. 10 Дж. 26.8. 7,2 м. 26.9. 6 Дж.
 26.10. 1,25 м. 26.11. 4 Дж. 26.12. 12,6 м/с. 26.13. 20 м/с.
 26.14. 40 м/с. 26.15. 13,3 м. 26.16. 10 м/с. 26.17. 6 Дж. 26.18. 20 м.
 26.19. 3 Дж. 26.20. 20 м/с. 26.21. 14 м/с. 26.22. 5,2 Дж; 5,2 Дж.
 26.23. 60 Дж. 26.24. 10,4 Дж. 26.25. 32 Дж. 26.26. 50 м.
 26.27. Энергия уменьшилась на 182 кДж. 26.28. 162,5 Дж.
 26.29. 4,5 м/с. 26.30. 2,2 м/с. 26.31. 180 мДж. 26.32. 120 Дж.
 26.33. 5 кДж; 2,5 кДж. 26.34. 400 Вт. 26.35. 14 Н. 26.36. 25 кН.
 26.37. 24,7 м. 26.38. 16 Дж. 26.39. 6 Н. 26.40. 1 Дж. 26.41. 3,2 м/с.
 26.42. 1,28 Дж. 26.43. 0,75. 26.44. 2,5 м. 26.45. 6 см.
 26.46. 3,98 м/с. 26.47. 10 Дж. 26.48. 3,3 см. 26.49. 2 Н.
 26.50. 4,2 м/с. 26.51. 0,33 м. 26.52. 0,5 Дж. 26.53. 1,25 Дж.

27. Закон сохранения импульса.

Закон сохранения энергии

- 27.1. 1 кг. 27.2. 1,5 м/с. 27.3. 4 Дж. 27.4. 2. 27.5. 4.
 27.6. 4 Дж. 27.7. 9,5 Дж. 27.8. 27 Н. 27.9. $\frac{1}{2}$. 27.10. 3.
 27.11. 6,7 Дж. 27.12. 8 м. 27.13. 0,1 м. 27.14. 45° . 27.15. 1,7 м/с.
 27.16. 463 м/с. 27.17. 3,1 см. 27.18. 1,15 м/с. 27.19. 363,6 м/с.
 27.20. 60° . 27.21. 25 см; 5 см. 27.22. $\frac{1}{2}$. 27.23. $\frac{2}{3}$. 27.24. 90° .

**Раздел 2. Молекулярная физика
и термодинамика**

28. Молекулярное строение вещества

- 28.1. $8,3 \cdot 10^{-27}$ кг. 28.2. 1 кмоль. 28.3. 6,4 кг. 28.4. $3 \cdot 10^{24}$.
 28.5. $7,5 \cdot 10^{25}$. 28.6. $6,9 \cdot 10^7$ км. 28.7. $8,4 \cdot 10^{28}$ м $^{-3}$.
 28.8. 0,1 кг/м 3 . 28.9. 0,12 л. 28.10. 2 г/моль (водород). 28.11. 2,5.
 28.12. $1,1 \cdot 10^{22}$. 28.13. $2,8 \cdot 10^{22}$. 28.14. $3,2 \cdot 10^{22}$. 28.15. 4.
 28.16. $4,1 \cdot 10^{22}$. 28.17. 1,8. 28.18. $2,3 \cdot 10^{21}$. 28.19. $5,6 \cdot 10^{28}$ м $^{-3}$.
 28.20. 3,4 г/моль. 28.21. $2,4 \cdot 10^{-26}$ кг. 28.22. 0,32 нм.
 28.23. 25%. 28.24. 39 нм. 28.25. $9,4 \cdot 10^{-2}$ м 2 . 28.26. 12,5 мин.
 28.27. 0,12 мкм.

29. Основное уравнение МКТ.

Средняя квадратичная скорость молекул

- 29.1. 4. 29.2. 5 кПа. 29.3. 253 м/с. 29.4. $3 \cdot 10^{22}$.
 29.5. 1,4 км/с. 29.6. 530 л. 29.7. Увеличится в 6 раз.
 29.8. $2,3 \cdot 10^{25}$ м $^{-3}$. 29.9. 26,2 мПа. 29.10. 4. 29.11. 89 м/с.
 29.12. 1,2 км/с. 29.13. 150 К. 29.14. $6,25 \cdot 10^{-21}$ Дж.
 29.15. $2,3 \cdot 10^7$. 29.16. 7,5 кДж. 29.17. 800 кПа. 29.18. 2.
 29.19. $2 \cdot 10^{22}$. 29.20. 400 К. 29.21. 1,2. 29.22. 1,44. 29.23. 2.
 29.24. $2 \cdot 10^{27}$. 29.25. $6 \cdot 10^{19}$.

30. Изопроцессы

- 30.1. 7 м. 30.2. 200 м 3 . 30.3. 4. 30.4. 250 К. 30.5. 1,6.
 30.6. $2,5 \cdot 10^5$ Па. 30.7. 9,2 л. 30.8. 225 К. 30.9. 100 кПа.
 30.10. 150 К; 300 К. 30.11. 300 К. 30.12. 40 см. 30.13. 75 К.
 30.14. 600 кПа. 30.15. 89 кПа. 30.16. 0,2 м. 30.17. 102 кПа.
 30.18. 5 м. 30.19. 300 К; 100 К. 30.20. 200 К. 30.21. 5640 Н.
 30.24. 9 мм 2 . 30.25. 1,4 см. 30.26. 346 К. 30.27. 5. 30.29. 900 К.
 30.30. 15 кг. 30.31. 2,5 м. 30.32. 50%. 30.33. 25 см. 30.34. 51 кПа.
 30.35. 15 кг. 30.36. 3,3 кг. 30.37. 525 мл. 30.38. 46,3 кПа.
 30.39. 14,8 Н. 30.40. 30 м.

31. Уравнение Менделеева – Кланейрона. Закон Дальтона

- 31.1. 14,4 кПа. 31.2. 2 м³. 31.3. 2 моль. 31.4. 582 г.
 31.5. 32 г/моль. 31.6. 241 К. 31.7. 2 кг/м³. 31.8. 200 кПа.
 31.9. 0,2 кг. 31.10. 100 кПа. 31.11. 28 г/моль. 31.12. 1,6.
 31.13. 546 К. 31.14. 100%. 31.15. 225 К. 31.16. 1,7.
 31.17. 0,74 моль. 31.18. 0,5. 31.19. 26,5 · 10⁵ Па. 31.20. 500 кПа.
 31.21. 500 л. 31.22. 7 мПа. 31.23. 40%. 31.24. 2. 31.25. 0,5 кг/м³.
 31.26. 9 м/с. 31.27. 1,4. 31.28. 300 К. 31.29. 249 кПа; 529 кПа.
 31.30. 7. 31.31. 2 кг. 31.32. 0,7. 31.33. 16,6 л. 31.34. 341 К.
 31.35. 12 г. 31.36. 1,3. 31.37. 27 К. 31.38. 422 К. 31.39. 25 см.
 31.40. 393 К. 31.41. 41 см. 31.42. 672 мг. 31.43. 18 г.
 31.44. 4,5 м/с². 31.45. 5 К. 31.46. 13,7 мин.

32. Внутренняя энергия идеального газа

- 32.1. 18,9 кДж. 32.2. 333 К. 32.3. 1 кДж. 32.4. 60 К.
 32.5. 40 г. 32.6. 15 МДж. 32.7. 100 кДж. 32.8. 600 кДж.
 32.9. 6 · 10⁻³⁰ Дж. 32.10. 7 · 10²⁴ м⁻³. 32.11. 2. 32.12. 1,4.
 32.13. 20,6 кДж. 32.14. 60 Дж. 32.15. 270 Дж. 32.16. 20 л.
 32.17. 20 К. 32.18. 2,4 · 10²⁵ м⁻³. 32.19. 31,2 кДж. 32.20. 8,6 кДж.
 32.21. Уменьшится на 267 Дж. 32.22. 320 К. 32.23. 1 кДж.
 32.24. 450 Дж.

33. Работа в термодинамике

- 33.1. 30 Дж. 33.2. 0,5 м³. 33.3. 6,2 кПа. 33.4. 180 кДж.
 33.5. 21,5 л. 33.6. 415,5 Дж. 33.7. 40 кДж. 33.8. 481 г. 33.9. 24 Дж.
 33.10. 44 Дж. 33.11. 6 К. 33.12. 20 К. 33.13. 1,25 кДж.
 33.14. 4 МДж. 33.15. 30 л. 33.16. 50 Дж. 33.17. Увеличилась
 на 30 кДж. 33.18. 366 Дж. 33.19. 2,5 кДж. 33.20. 20 Дж.
 33.21. 220 Дж. 33.22. 11 Дж. 33.23. 5 кДж. 33.24. 100 Дж.
 33.25. 2,9 кДж. 33.26. 83 мДж. 33.27. 301 К. 33.28. 2,5 кДж.
 33.29. 30 кДж.

34. Первый закон термодинамики

- 34.1. 100 Дж. 34.2. 20 кДж. 34.3. 25 Дж. 34.4. 8 МДж.
 34.5. 15 МДж. 34.6. 400 МДж. 34.7. 800 кДж. 34.8. 2,3 МДж.
 34.9. 17,5 · 10⁵ Дж. 34.10. 2 кДж. 34.11. 2,1 кДж. 34.12. 87 кДж.
 34.13. 2,5 кДж. 34.14. 2,5 кДж. 34.15. 34 кПа. 34.16. 5 моль.
 34.17. 0,4 моль. 34.18. 6 кДж. 34.19. 18 кДж. 34.20. 400 Дж.
 34.21. 283,6 К. 34.22. 4,4 Дж. 34.23. 207 Дж. 34.24. 0,6.
 34.25. 2,5. 34.26. 180 кДж. 34.27. 300 Ом. 34.28. 141 кПа.
 34.29. 700 кДж. 34.30. $\frac{21}{29}$. 34.31. 23 кДж. 34.32. 1,2. 34.33. 2.
 34.34. 166 кПа. 34.35. 166,2 Дж. 34.36. 8 К.

35. КПД теплового двигателя

- 35.1. 5. 35.2. 0,25. 35.3. 40%. 35.4. 360 К. 35.5. 40 кДж.
 35.6. 400 К. 35.7. 900 Дж. 35.8. 42%. 35.9. 1,2 кВт. 35.10. 60%.
 35.11. 88%. 35.12. 1,5. 35.13. 26,4%. 35.14. 6,7 кг. 35.15. 9,5%.
 35.16. 14%. 35.17. 5 кДж. 35.18. 25%. 35.19. 33,3%. 35.20. 1,1.
 35.21. 40%.

36. Относительная влажность

- 36.1. 60%. 36.2. 65%. 36.3. 1,8 кПа. 36.4. 91 г/м³.
 36.5. 11,5 г/м³. 36.6. 60%. 36.7. 1,2 · 10²⁵. 36.8. 39%. 36.9. 924 г.
 36.10. 9,8 г. 36.11. 7,5 г. 36.12. 73,5%. 36.13. 19%. 36.14. 54,7%.
 36.15. 0,7 г. 36.16. 563 мм. 36.17. 0,46 кг. 36.18. 6 г/см³.
 36.19. 8,6 кг. 36.20. 3,6 кПа. 36.21. 579 г. 36.22. 55%.
 36.23. 56%. 36.24. 23 л. 36.25. 97,8%. 36.26. 14,5%. 36.27. 29%.
 36.28. 33%. 36.29. 15,4 мин. 36.30. 80. 36.31. 1,5 кПа.

37. Смачивание. Поверхностное напряжение.

Капиллярные явления

- 37.1. 39 м. 37.2. 217 мН/м. 37.3. 2,4 мм. 37.4. 144 мм.
 37.5. 15. 37.6. 2,4. 37.7. 14 мм. 37.8. 24 см. 37.9. 75 мН/м.
 37.10. 11,5 мг. 37.11. 0,63 мДж. 37.12. 0,16 мДж. 37.13. 25 мН/м.
 37.14. 29 мм. 37.15. 21 см. 37.16. 110 мН. 37.17. 33 мН/м.
 37.18. $a = \frac{l(\sigma_1 - \sigma_2)}{m}$. 37.19. 58. 37.20. 32 мН/м. 37.21. 14,6 мм.
 37.22. 4,4 мм. 37.23. 0,7 см. 37.24. 5,8 мм. 37.25. 0,2 мДж.
 37.26. 14,4 мкДж. 37.27. 3,6 мДж. 37.28. $11,7 \cdot 10^{11}$ Дж.
 37.29. $\sigma = \sqrt{\frac{Qpg}{2\pi}}$. 37.30. $p = p_0 - \frac{2\sigma}{d}$.

38. Механические свойства твердых тел

- 38.1. $2,5 \cdot 10^{-4}$. 38.2. 0,2 м; $2,5 \cdot 10^{-3}$. 38.3. 200 МПа.
 38.4. 2,25 мм². 38.5. $0,2 \cdot 10^{-3}$. 38.6. 1,9 кН. 38.7. 55 Н.
 38.8. 20 мм². 38.9. $0,9 \cdot 10^{-3}$. 38.10. 270 кПа. 38.11. 0,6 мм.
 38.12. 5. 38.13. 6,3 кН. 38.14. 6,4 км. 38.15. 3 см. 38.16. 139 м.
 38.17. 39. 38.18. 3 мм. 38.19. 3 МПа. 38.20. 8,2 мм.
 38.21. 230 рад/с.

Раздел 3. Электродинамика

39. Напряженность электрического поля

- 39.1. 75 кН/Кл. 39.2. 1,8 мН. 39.3. 6 мКл.
 39.4. 9 кН/Кл. 39.5. 360 нКл. 39.6. 30 км. 39.7. 4 мН.
 39.8. 200 Н/Кл. 39.9. 10 см. 39.10. -23,1 мкКл.
 39.11. 186 Н/Кл. 39.12. 36 кН/Кл. 39.13. 900 Н/Кл.

- 39.14.** 8,5 м. **39.15.** На расстоянии 17,5 см от отрицательного зарада. **39.16.** 8 кН/Кл. **39.17.** 3,8 Н/Кл. **39.18.** 15,3 кН/Кл. **39.19.** 4 кН/Кл. **39.20.** 23 кН/Кл. **39.21.** 3,6 Н/Кл. **39.22.** 0,9 мкН. **39.23.** 6,4 кН/Кл. **39.24.** 0; 28 кН/Кл; 4,6 кН/Кл. **39.25.** $3,8 \cdot 10^6$ м/с. **39.26.** 40 Н/м. **39.27.** 2 с. **39.28.** 9,3 мкКл. **39.29.** 0,244 мм. **39.30.** 6. **39.31.** 490 Н/Кл. **39.32.** 1,6 кН/Кл.

40. Закон Кулона

- 40.1.** 675 мкН. **40.2.** 7,4 Н. **40.3.** 4 мкКл. **40.4.** 0,2 мкКл. **40.5.** 3,2 мм. **40.6.** 10 мкКл; 30 мкКл. **40.7.** $1,25 \cdot 10^9$. **40.8.** 2. **40.9.** 32 Н. **40.10.** $1,86 \cdot 10^{-9}$ кг. **40.11.** 0,9 Н. **40.12.** $36 \cdot 10^{-9}$ Н. **40.13.** 0,27 Н; в сторону первого заряда. **40.14.** 0,33 мН. **40.15.** 80 Н. **40.16.** 1,25 м. **40.17.** 38 мкКл; 12 мкКл. **40.18.** 509 мкН. **40.19.** 191 мН. **40.20.** 1,56 Н. **40.21.** 3,6 Н. **40.22.** 17,3 г. **40.23.** 1,4 мкКл. **40.24.** 57,5 нКл. **40.25.** 0,1 мкКл. **40.26.** 8,3 Н. **40.27.** $17,3 \text{ м/с}^2$. **40.28.** 48,7 мН. **40.29.** $T = 2\pi l \sin \alpha \sqrt{\frac{m \sin \alpha}{mg l^2 \operatorname{tg} \alpha \sin^2 \alpha - kq}}$. **40.30.** 67,5 нКл. **40.31.** 1600 кг/м^3 . **40.32.** 45° . **40.33.** $2,2 \cdot 10^{-4}$ Н.

41. Потенциал. Разность потенциалов

- 41.1.** 4 кВ. **41.2.** 48 мкДж. **41.3.** 0,8 нКл. **41.4.** 1 мДж. **41.5.** 0,9 Дж. **41.6.** 1440 кВ. **41.7.** 0,2 мкКл. **41.8.** 0. **41.9.** -180 В. **41.10.** 1 м. **41.11.** 300 кВ. **41.12.** 9. **41.13.** 2,7 кВ. **41.14.** 2020 В. **41.15.** 48 мДж. **41.16.** 1 Н. **41.17.** 45,5 В. **41.18.** 2100 кВ/м. **41.19.** -340 мВ. **41.20.** $6 \cdot 10^7$ м/с. **41.21.** 90 мДж. **41.22.** 10 В. **41.23.** 6,1 В. **41.24.** 6 м/с. **41.25.** 25 нс. **41.26.** 0,75 мкм. **41.27.** 0,2 с. **41.28.** 5,77 нКл. **41.29.** 460 кВ. **41.30.** 1,4 кВ.

- 41.31.** 8,4 кВ. **41.32.** 64,8 В. **41.33.** $v = \sqrt{\frac{2(gh - hq^2(1 - \operatorname{tg} \alpha))}{mh}}$.

41.34. 400 В. **41.35.** 24,5 мс.

42. Электроемкость. Конденсаторы.

Соединение конденсаторов

- 42.1.** 11 пФ. **42.2.** 40 кВ. **42.3.** 25 мкКл. **42.4.** 35,4 нФ. **42.5.** 1 см. **42.6.** 2 мкФ. **42.7.** 6. **42.8.** 8 мкКл. **42.9.** 0,1 мкКл. **42.10.** 4,8 мм. **42.11.** 0,02 пФ. **42.12.** 33,3 мН. **42.13.** 500 кВ/м. **42.14.** 10 кВ/м. **42.15.** 4,5 МВ/м. **42.16.** 400 В. **42.17.** а) 0,5 мкФ; б) 2 мкФ; в) 0,67 мкФ; г) 1,5 мкФ; д) 1,2 мкФ; е) 1 мкФ; ж) 1,33 мкФ; з) 1,6 мкФ. **42.18.** 3. **42.19.** 1,36 мкКл. **42.20.** 200 пФ. **42.21.** 120 мкКл; 120 В; 60 В; 40 В. **42.22.** 2 мкКл; 2 мкКл. **42.23.** 2 мкФ; 6 мкФ. **42.24.** 4 мкФ. **42.25.** 88,5 пКл. **42.26.** 1,6 мН. **42.27.** 0,4 нКл. **42.28.** 8 мкФ. **42.29.** 100 В; 100 мкКл; 400 мкКл. **42.30.** 260 В. **42.31.** 240 В. **42.32.** 100 В.

42.33. 40 мкКл; 80 мкКл. 42.34. 3 мкФ. 42.35. 30 мкКл; 12 мкКл; 18 мкКл. 42.36. 37,5 В. 42.37. 253 нКл; 303 нКл. 42.38. 40 В. 42.39. 0.

43. Энергия конденсатора

43.1. 250 мДж. 43.2. 75 Дж. 43.3. 50 мкДж. 43.4. 0,4 мкДж. 43.5. 0,38 мкДж. 43.6. 12,5 мкДж. 43.7. 2. 43.8. 15 кВт. 43.9. 1,1 мДж. 43.10. 500 В. 43.11. 60 мкКл. 43.12. 40 мкДж. 43.13. 10 мкДж. 43.14. 0,1 мН. 43.15. 60 мкДж. 43.16. Уменьшится на 21,8 мкДж. 43.17. 28,8 МВт. 43.18. 1,21.

44. Сила тока. Сопротивление.

Закон Ома для участка цепи

44.1. 3 А. 44.2. $5 \cdot 10^{-28}$ м⁻³. 44.3. 6,25 см. 44.4. 0,5 кОм. 44.5. 6,25 · 10¹⁸. 44.6. 1,25. 44.7. 3 · 10²¹. 44.8. 0,2 мГ. 44.9. 2,25. 44.10. 6,8 Ом. 44.11. 1,1 Ом. 44.12. 1,44 В. 44.13. 15 А/мм². 44.14. 3,5 А/мм². 44.15. 0,26 мм/с. 44.16. 60 Ом. 44.17. 0,02 В/м. 44.18. 0,1 с. 44.19. 2 А. 44.20. 0,6 мм/с. 44.21. 0,5 А. 44.22. 105 Кл.

45. Соединение проводников

45.1. 3,6 Ом. 45.2. 15 Ом. 45.3. 3 А; 2 А; 1 А; 1 А. 45.4. 18 Ом; 2 А; 0,8 А; 1,2 А; 0,8 А; 0,8 А; 2 А. 45.5. 0,5 А. 45.6. 90 кОм. 45.7. 9 Ом; 18 Ом. 45.8. 2,8 В. 45.9. 2 А. 45.10. 3 Ом. 45.11. 0,25 или 4. 45.12. 1 : 6 или 6 : 1. 45.13. 60 В. 45.14. 6 Ом. 45.15. 6 Ом; 2 А; 1 А; 0,5 А; 1 А; 0,5 А; 0,5 А. 45.16. 0,7 Ом. 45.17. 8 А. 45.18. а) 4 Ом; б) 5 Ом; в) 6 Ом. 45.19. 10 В. 45.20. а) 7 Ом; б) 9 Ом. 45.21. 7 Ом. 45.22. 13,7 Ом. 45.23. 3,24 Ом.

46. Закон Ома для полной цепи

46.1. 6,15 В. 46.2. 0,9 Ом. 46.3. 2 А. 46.4. 6 Ом; 4 Ом. 46.5. 1,2 В. 46.6. 6 В. 46.7. 1 А. 46.8. 30 А. 46.9. 11 Ом. 46.10. 295 Ом. 46.11. 0,5 Ом. 46.12. 2,1 В; 1,5 Ом. 46.13. 1,8 В; 0,5 Ом. 46.14. 6,5 м. 46.15. 4 В. 46.16. 2 В; 0,5 Ом. 46.17. 1,5 А. 46.18. 1,2 А. 46.19. 9 кДж. 46.20. 6 В; 3 В; 2 В. 46.21. 2 Ом. 46.22. 0,5 А. 46.23. 1 Ом. 46.24. 2 В. 46.25. 160 В. 46.26. 216 В. 46.27. 2 А; 1,3 А; 0,7 А. 46.28. 11,25 В. 46.29. 4,8 В. 46.30. 50 кОм. 46.31. 29,6 А. 46.32. 8 В. 46.33. 1,45 В.

47. Шунты и добавочные сопротивления

47.1. 20 кОм. 47.2. 5 мОм. 47.3. 5 кОм. 47.4. 2,7 А. 47.5. 340 В. 47.6. 6 кОм. 47.7. 20 Ом. 47.8. 6. 47.9. 540 м. 47.10. 176 см. 47.11. 9. 47.12. 1,8. 47.13. 105,5 Ом. 47.14. 0,1 В.

48. Работа, мощность постоянного электрического тока. Закон Джоуля — Ленца

- 48.1. 6 Дж. 48.2. 5 А. 48.3. 108 МДж. 48.4. 144 Ом. 48.5. 0,57 А. 48.6. 5,3. 48.7. 4,4 мм. 48.8. 13,5 Вт. 48.9. 24 Вт. 48.10. 240 Ом. 48.11. 1. 48.12. 12 В; 2 Ом. 48.13. 2 Вт. 48.14. 1 Ом или 9 Ом. 48.15. 10,6 мм². 48.16. 25%. 48.17. 26 А. 48.18. 5,4 кДж. 48.19. 0,5 А и 1,5 А. 48.20. 10 В. 48.21. 1,4 Ом. 48.22. 2. 48.23. 1,44. 48.24. 840 Вт. 48.25. 13,2 м/с. 48.26. 3 кВт. 48.27. 1,7 кВт; 77%. 48.28. 8 А. 48.29. 6 А. 48.30. 8 Вт.

49. Электрические цепи с резисторами и конденсаторами

- 49.1. 3 В. 49.2. 2 Ом. 49.3. 4 мКл. 49.4. 4 мКл. 49.5. 1,7 мДж. 49.6. 0,21 мДж. 49.7. 100 В. 49.8. 4 мКл. 49.9. 40 мкДж. 49.10. $1,6 \cdot 10^{-10}$ А. 49.11. 0,5 В. 49.12. $q = \frac{C\epsilon}{8}$. 49.13. 0,40 мКл; 0,32 мКл; 0,36 мКл. 49.14. 2 мКл.

50. Сила Ампера

- 50.1. 0,32 Н. 50.2. 5 А. 50.3. 0,35 Тл. 50.4. 30°. 50.5. 14,4 см. 50.6. 9 Н. 50.7. 0,25 Н. 50.8. 0,1 Н·м. 50.9. 0,02 Тл. 50.10. 43 мДж. 50.11. 40 см. 50.12. 30°. 50.13. 0,4 Тл. 50.14. 45°. 50.15. 1,4 А. 50.16. 67 мТл. 50.17. 0,84 мВ. 50.18. 5 мТл. 50.19. 5 мН. 50.20. 6 А. 50.21. 33,6 А. 50.22. 5,6 А. 50.23. 1,1 мм.

51. Сила Лоренца

- 51.1. $8 \cdot 10^{-15}$ Н. 51.2. 6 м/с. 51.3. 0,32 Тл. 51.4. 600 км/с². 51.5. 10,4 см. 51.6. $1,6 \cdot 10^{-22}$ Н·с. 51.7. $3,2 \cdot 10^{-31}$ Кл. 51.8. 0,01 Тл. 51.9. 5,2 мкс. 51.10. $2,8 \cdot 10^{-20}$ Н. 51.11. 1. 51.12. 1000 км/с. 51.13. 4. 51.14. 4. 51.15. 9611. 51.16. 0,38 мм. 51.17. 50 В. 51.18. 14,4 см. 51.19. $1,76 \cdot 10^{-11}$ Кл/кг. 51.20. $2,5 \cdot 10^{10}$ км/с². 51.21. $2,9 \cdot 10^6$ В/м. 51.22. 5 рад/с. 51.23. 30°. 51.24. $3,5 \cdot 10^{-25}$ Н·с. 51.25. $7,6 \cdot 10^6$ м/с. 51.26. $3,3 \cdot 10^{-4}$ м. 51.27. 2 Вт.

52. Магнитный поток.

Закон электромагнитной индукции

- 52.1. 0,36 мВб. 52.2. 5 мВб. 52.3. 0,2 В. 52.4. 0,4 Вб/с. 52.5. 0,3 с. 52.6. 8 мкВб. 52.7. 50 мВ. 52.8. 6 кА. 52.9. 100. 52.10. 3,5 мВ. 52.11. 10 мкКл. 52.12. 4 мкА. 52.13. 0,01 Тл/с. 52.14. 0,2 А. 52.15. 0,2 А. 52.16. 25 мТл. 52.18. 1 А. 52.19. 54 мКл. 52.20. 10 см². 52.21. 2 мкДж. 52.22. 1 м/с. 52.23. 10 мКл. 52.24. $2 \cdot 10^{-14}$ Дж. 52.25. 8,7 нКл. 52.26. 2 мКл. 52.27. 157 В. 52.28. 5 мКл. 52.29. 2. 52.30. 8 см. 52.31. 0,3 А. 52.32. 1 мДж. 52.33. 565 мкКл. 52.34. 2,5 см. 52.35. 0,5 В. 52.36. 0,3 мА. 52.37. 1,56 мДж. 52.38. 999.

53. ЭДС индукции в движущихся проводниках

- 53.1. 40 мВ. 53.2. 0,5 м. 53.3. 4 м/с. 53.4. 1 Тл. 53.5. 45°.
 53.6. 10 мА. 53.7. 1,6 м/с. 53.8. 20 мДж. 53.9. 0,5 Тл. 53.10. 4 А.
 53.11. 0,25 Тл. 53.12. 2 Н. 53.13. 2 А. 53.14. 2,5 мОм.
 53.15. 0,9 м. 53.16. 0,1 Тл. 53.17. 1 м/с. 53.18. 2 м/с.

54. Индуктивность. Энергия катушки с током.

Явление самоиндукции

- 54.1. 50 мГн. 54.2. 5 А. 54.3. 1,4 Дж. 54.4. 20 В. 54.5. 2,5 Гн.
 54.6. 25 А/с. 54.7. 560 мДж. 54.8. 0,1 А. 54.9. 0,125 Гн.
 54.10. 1 Гн. 54.11. 40 мс. 54.12. 10 А. 54.13. 14 В. 54.14. 1,3 мм.
 54.15. 0,1 Вб. 54.16. 40 В. 54.17. 10 с. 54.18. 500 Дж.

Раздел 4. Колебания и волны

55. Механические колебания

- 55.1. 500. 55.2. 0,5 с; 2 Гц. 55.3. 10^{-4} с; $3 \cdot 10^5$. 55.4. 0,5 с;
 0,06 м. 55.5. 2,5 рад/с; 2,5 с. 55.6. 5 м; 1 с; 1 Гц; 6,28 рад/с.
 55.7. 0,2 м. 55.8. 10 Гц. 55.9. 2,7 Гц. 55.10. 4 см/с. 55.11. 0,2 м;
 0,8 с; 1,24 Гц; 2,5к рад/с; $x = 0,2 \sin 2,5\pi t$. 55.12. 2 м/с; 1 м/с².
 55.13. 4 см. 55.14. 0,5 с. 55.15. 5. 55.16. 10. 55.17. а) $x = 0,1 \sin \frac{\pi}{2} t$;
 б) $x = -0,5 \cos 2,5\pi t$; в) $x = -3 \sin \pi 3t$. 55.18. 8 м. 55.19. $x = 0,3 \cos \pi t$.
 55.20. 0,18 мН. 55.21. 12,56 с. 55.22. 50%. 55.23. -0,2 м; 0;
 8 м/с². 55.24. 32 см/с. 55.25. 6 м/с. 55.26. 0,1 с. 55.27. $\frac{1}{12}; \frac{1}{6}$.
 55.28. 0,06 с. 55.29. 18,6 см/с; 83 см/с².

56. Математический маятник

- 56.1. 3,14 с. 56.2. 4 см. 56.3. 9,95 м/с². 56.4. 1 м.
 56.5. 4 м. 56.6. 9 см. 56.7. 0,2 м/с. 56.8. 0,4 м/с². 56.9. 49 см.
 56.10. 0,7 с. 56.11. 4. 56.12. 4,5 м. 56.13. 5 с. 56.14. 72 см;
 50 см. 56.15. 5,6 м/с². 56.16. 2 с. 56.17. 144 см. 56.18. 1,7 с.
 56.19. 78,4 мм. 56.20. 1,0014. 56.21. $3 \cdot 10^{-3}$. 56.22. 1750 км.

57. Колебания груза на пружине

- 57.1. 0,314 с. 57.2. 5,8 Гц. 57.3. 2,5 кг. 57.4. 10 кН/м.
 57.5. 4 Н/м. 57.6. 0,5 г. 57.7. 0,2 с. 57.8. 6,25 см. 57.9. 10 см.
 57.10. 3,14 с. 57.11. 4 кг. 57.12. 111 Н/м. 57.13. 4. 57.14. 10 кг.
 57.15. 2. 57.16. 104 г. 57.17. 1,8. 57.18. 0,7 с. 57.19. 0,6 с.
 57.20. 2,5. 57.21. 2. 57.22. 30 м/с². 57.23. $x = 2 \cdot 10^{-2} \cos \frac{\pi}{3} t$; 1 см.
 57.24. 48 см/с. 57.25. 4 м/с². 57.26. 0,5 с. 57.27. 1 с.
 57.28. 57,5 мм. 57.29. 0,25 с.

**58. Энергия колебательной системы.
Сохранение и превращение энергии
при гармонических колебаниях**

- 58.1.** 10 Дж. **58.2.** 0,1 кг. **58.3.** 1 Дж. **58.4.** 8 см. **58.5.** 6 см. **58.6.** 15 мм. **58.7.** 20 см. **58.8.** 2,2 м/с. **58.9.** 6,4 Дж. **58.10.** 1,25. **58.11.** 0,25 Дж. **58.12.** 0,8 мДж. **58.13.** 55 см. **58.14.** 4 см. **58.15.** 16 см. **58.16.** 0,25 с. **58.17.** 50 мДж; 150 мДж. **58.18.** 1,5 мДж; 0. **58.19.** 0,75. **58.20.** 1,5 Дж. **58.21.** 1 мкДж. **58.22.** 56,3 мкДж. **58.23.** 0,13 Дж. **58.24.** 0,6 м/с. **58.25.** 1,3 с. **58.26.** 0,46 м; 0,69 с. **58.27.** 8,5 см. **58.28.** 3. **58.29.** 0,4 с; 0,63 м/с. **58.30.** 7 см.

59. Различные колебательные системы

- 59.1.** 5. **59.2.** 1,1 с. **59.3.** 1,57 с. **59.4.** 0,76 с. **59.5.** 1,5 с. **59.6.** 6,3 м. **59.7.** 869 кг/м³. **59.8.** 0,11 с. **59.9.** 42 мин. **59.10.** 625 м/с. **59.11.** 84 мин. **59.12.** 0,4 м. **59.13.** 1,26 с. **59.14.** 0,8 Гц.

**60. Электромагнитные колебания.
Колебательный контур**

- 60.1.** 80 В; 62,8 рад/с; 0,1 с. **60.2.** $2 \cdot 10^{-6}$ Кл; 0,2 мс; 5 кГц. **60.3.** 0,25 мс. **60.4.** 16 кГц. **60.5.** 2,2 мкФ. **60.6.** 0,15 мГн. **60.7.** 10 мкФ. **60.8.** 0,1 мДж. **60.9.** 16 мДж. **60.10.** $6,5 \cdot 10^{-8}$ Дж. **60.11.** 0,2 А. **60.12.** 40 мкГн. **60.13.** $q = 45 \cdot 10^{-6} \cos 10^4 \pi t$. **60.14.** $I = 0,0628 \cos\left(10^4 \pi t + \frac{\pi}{2}\right)$. **60.15.** 0,5 Гн. **60.16.** 15 мкФ. **60.17.** 32 кГц. **60.18.** $\frac{1}{6}$. **60.19.** 2,5 нс. **60.20.** 10 А. **60.21.** 125,6 нс. **60.22.** 44,4 мА. **60.23.** 1 мкКл. **60.24.** 3,46 В. **60.25.** 0,5 А. **60.26.** 10 мА. **60.27.** $I = 0,157 \sin\left(10^4 \pi t + \frac{\pi}{2}\right)$. **60.28.** 30 мкс. **60.29.** 600 Гц. **60.30.** 15,8 мкКл. **60.31.** 7 мкс. **60.32.** 7. **60.33.** 1,5 мДж. **60.34.** 2,5 мкДж; 2,5 мкДж. **60.35.** 20 мкс. **60.36.** 223,6 А. **60.37.** 1,9 мДж. **60.38.** 1.

61. Переменный ток

- 61.1.** 3,2 кОм. **61.2.** 6,28 Ом. **61.3.** 3 кОм. **61.4.** 1,55 кОм. **61.5.** 80 мГн. **61.6.** 50 Гц; 6 А. **61.7.** 283 В. **61.8.** 150 Вт. **61.9.** 20 А. **61.10.** 700,6 В. **61.11.** 50 мГн. **61.12.** 3 А. **61.13.** 145,2 кДж. **61.14.** 200. **61.15.** 50 Гц. **61.16.** 0,38 с. **61.17.** а) 5 А; б) 3,5 А; в) 4,5 А. **61.18.** 0,02 Гн. **61.19.** 0,2 А. **61.20.** 0,25 мДж. **61.21.** $e = 1,256 \sin 62,8t$. **61.22.** 6,7 мс. **61.23.** 57 мА.

62. Трансформатор

- 62.1. 0,25. 62.2. 1,1 кВ. 62.3. 30 В. 62.4. 11 А. 62.5. 2,34 кВт.
 62.6. 96,6%. 62.7. 95,8%. 62.8. 95%. 62.9. $e = 314 \sin 314t$.
 62.10. 1,2 Ом. 62.11. 21,5 В. 62.12. 400. 62.13. 72. 62.14. 246.
 62.15. 440; 84. 62.16. 3,16.

63. Механические волны

- 63.1. 1 км/с. 63.2. 1435 м/с. 63.3. 77 см. 63.4. 6 мс; 170 Гц.
 63.5. 0,4 с. 63.6. 17 м. 63.7. 2 с. 63.8. 50 Гц. 63.9. 45 м. 63.10. 250.
 63.11. 1020 м. 63.12. 3 км 825 м. 63.13. 8 м. 63.14. 2,55 м.
 63.15. 5 м/с; 15 м/с. 63.16. 1,6 кГц. 63.17. 2,1 рад. 63.18. 0.
 63.19. 5 см. 63.20. 1501 м/с. 63.21. 449 м.

64. Электромагнитные волны

- 64.1. 600 кГц. 64.2. 200 м. 64.3. 450 км. 64.4. 287 с.
 64.5. $9 \cdot 10^8$. 64.6. 12 км. 64.7. 753,6 м. 64.8. 5 нГц. 64.9. 2,8 пФ.
 64.10. 4. 64.11. 4. 64.12. 753,5 м. 64.13. 2,45 км. 64.14. 712 м.
 64.15. 9 м. 64.16. 64. 64.17. 37,7 м. 64.18. 12 м. 64.19. 188,4 м.
 64.20. 5 м. 64.21. $10^{-3}\%$.

Раздел 5. Оптика

65. Прямолинейное распространение света.

Отражение света. Плоское зеркало

- 65.1. 45° . 65.2. 74° . 65.3. 16° . 65.4. 3 м. 65.5. 2. 65.6. 90 см.
 65.7. 54° . 65.8. 10 см/с. 65.9. 90° . 65.10. 12 см. 65.11. 120° .
 65.12. 5 м/с. 65.13. $0,25\text{ м}^2$. 65.14. 3 м. 65.15. 5. 65.16. 45° .

66. Преломление света

- 66.1. 26° . 66.2. $2 \cdot 10^8$ м/с. 66.3. 1,41. 66.4. 28° . 66.5. 39° .
 66.6. 1,14. 66.7. 310 нм. 66.8. 1,71. 66.9. $2,12 \cdot 10^8$ м/с. 66.10. 1,3.
 66.11. 1,6. 66.12. 165° . 66.13. 74° . 66.14. 1,2 м. 66.15. 19° .
 66.16. 1 м. 66.17. 1,8. 66.18. 2,2 м. 66.19. 56° . 66.20. 97 см.
 66.21. 40° . 66.22. $19,5^\circ$. 66.23. 1,9. 66.24. 7 мм. 66.25. 2,8 м.
 66.26. 1,5. 66.27. 12 см. 66.28. 124 см. 66.29. 3,9 см.

67. Полное внутреннее отражение

- 67.1. $40,5^\circ$. 67.2. 1,3. 67.3. $2,1 \cdot 10^8$ м/с. 67.4. 1,5 см.
 67.5. 4,5 м. 67.6. 9 см. 67.7. 2,3 м. 67.8. 10 мм. 67.9. 42° .
 67.10. 1,3. 67.11. 3,25 мм. 67.12. 16,3 м. 67.13. 40 с. 67.14. 20 см.

68. Тонкие линзы

- 68.1. 5 дптр. 68.2. 25 см. 68.3. 12 см. 68.4. 30 см. 68.5. 5 см.
 68.6. 30 см. 68.7. 100,2 м. 68.8. 5 дптр. 68.9. 20,5 дптр.
 68.10. 10 см. 68.11. 60 см. 68.12. 6 см. 68.13. 5 см. 68.14. 9 дптр.

68. 36,5 см или 84,5 см. 68.16. 13,3 см. 68.17. 29,6 см.
68.18. 36 см. 68.19. 12 см. 68.20. 2. 68.21. 3. 68.22. 60 см.
68.23. 1,57 длитр. 68.24. 49 см. 68.25. 24 см. 68.26. 2,4. 68.27. 3.
68.28. 24 см. 68.29. 67 см/с. 68.30. 6 см/с. 68.31. 4. 68.32. 20 см.
68.33. 0,5 длитр. 68.34. 28 см.

69. Интерференция света

- 69.1. Ослабление. 69.2. 417 нм; 500 нм; 65 нм. 69.3. Усиление. 69.4. 0,24 мкм. 69.5. 125 нм. 69.6. Усиление.

$$69.7. H = \frac{\lambda_1 \lambda_2}{2n(\lambda_1 - \lambda_2)}.$$
 69.8. 1,8 мм. 69.9. 480 нм. 69.10. 5,8 мм.

- 69.11. 0,3 мм. 69.12. $18 \cdot 10^{-6}$ рад. 69.13. 1,2 мм.

70. Дифракция света

- 70.1. 5 мкм. 70.2. 30° . 70.3. 9° . 70.4. 400. 70.5. 720 нм.
70.6. 445 нм. 70.7. 21° . 70.8. 429 нм. 70.9. 594 нм. 70.10. 2; 5.
70.11. 62° . 70.12. 400 нм. 70.13. 0,8 м. 70.14. 0,499 мкм.

Раздел 6. Атомная и ядерная физика

71. Фотон. Свойства фотона

- 71.1. $5 \cdot 10^{-15}$ Дж. 71.2. $3,4 \cdot 10^{-86}$ кг. 71.3. $5,5 \cdot 10^{14}$ Гц.
71.4. $1,3 \cdot 10^{-27}$ Нс. 71.5. 700 нм. 71.6. $2,4 \cdot 10^{-12}$ м.
71.7. $2,9 \cdot 10^{-17}$ Вт. 71.8. $2,5 \cdot 10^{-6}$ м. 71.9. $3,4 \cdot 10^{-7}$ м.
71.10. $4,2 \cdot 10^{-19}$ Дж. 71.11. $38 \cdot 10^{17}$. 71.12. $28 \cdot 10^{-28}$ Н·с.
71.13. $2,64 \cdot 10^{-7}$ Н. 71.14. $3,5 \cdot 10^{-7}$ Па. 71.15. $3 \cdot 10^{20}$.
71.16. $5 \cdot 10^{-7}$ Н. 71.17. 1 см/с. 71.18. 0,1%. 71.19. $3,3 \cdot 10^{18}$.

72. Фотоэффект

- 72.1. $7,6 \cdot 10^{-19}$ Дж. 72.2. $1,3 \cdot 10^{15}$ Гц. 72.3. 2 эВ.
72.4. $39 \cdot 10^{-18}$ Дж. 72.5. 80 нм. 72.6. 1,9 эВ. 72.7. 670 см/с.
72.8. 582 нм. 72.9. 94 нм. 72.10. $1,4 \cdot 10^{15}$ Гц. 72.11. $6 \cdot 10^{-25}$ Н·с.
72.12. 3 В. 72.13. 1,24 В. 72.14. 2 В. 72.15. 0,4 В. 72.16. 200 нм.
72.17. 0,5 В. 72.18. 7 см. 72.19. 0,6. 72.20. 2. 72.21. $7 \cdot 10^{-8}$ А.
72.22. 10^{15} Гц. 72.23. $7 \cdot 10^{-7}$ м. 72.24. 100.

73. Атом водорода

- 73.1. $3 \cdot 10^{-19}$ Дж. 73.2. 500 нм. 73.3. $1,93 \cdot 10^{-18}$ Дж;
 $6,45 \cdot 10^{-27}$ Н·с. 73.4. 1 : 4 : 9. 73.5. 6,75. 73.6. 1,7 эВ. 73.7. 3.
73.8. $2 \cdot 10^{-10}$ м. 73.9. 8. 73.10. 3,26 м/с. 73.11. 0,68 мкм.
73.12. $7,3 \cdot 10^{14}$ Гц.

74. Строение атома. Радиоактивный распад

- 74.1. а) 12; б) 35. 74.2. а) 60; б) 71. 74.3. 8. 74.4. 54. 74.5. 5.
74.6. 5,75. 74.7. а) ${}^1_2\text{H}$; б) ${}^{60}_{30}\text{Zn}$. 74.8. а) ${}^{222}_{88}\text{Rn}$; б) ${}^{230}_{90}\text{Th}$.

- 74.10. $3,1 \cdot 10^{23}$. 74.11. ${}_2^4\text{He}$. 74.12. ${}_{92}^{235}\text{U}$. 74.13. ${}_{38}^{224}\text{Ra}$. 74.14. ${}_{84}^{216}\text{Po}$.
 74.15. 32. 74.16. ${}_{88}^{224}\text{Ra}$. 74.17. 126. 74.18. 75%; 25%.
 74.19. 5 α -распадов и 3 β -распада. 74.20. 10 α -распадов и 10 β -распадов. 74.21. ${}_{209}^{209}\text{Bi}$; 7 α -распадов и 4 β -распада.
 74.22. 39 мин.

75. Период полураспада

- 75.1. $1,6 \cdot 10^5$. 75.2. 6,25%. 75.3. 3 ч. 75.4. 6 сут. 75.5. 12 ч.
 75.6. 3,15 сут. 75.7. 0,25 кг. 75.8. 3,5 г. 75.9. 100 с. 75.10. 0,29.
 75.11. 9. 75.12. 16. 75.13. 2. 75.14. $1,9 \cdot 10^{19}$. 75.15. 0,287 мг.

76. Ядерные реакции. Дефект массы.

Энергия связи. Удельная энергия связи.

Энергетический выход ядерных реакций

- 76.1. а) ${}_{6}^{12}\text{C}$; б) ${}_{1}^1\text{p}$; в) ${}_{1}^2\text{H}$; г) ${}_{92}^{238}\text{U}$. 76.2. а) ${}_{0}^1\text{n}$; б) ${}_{2}^3\text{He}$.
 76.3. ${}_{11}^{22}\text{Na}$. 76.4. 0,08181 а. е. м. 76.5. 319,88 МэВ. 76.6. 225 МэВ.
 76.7. 2,8 МэВ/нуклон; $9,1 \cdot 10^{-3}$ а. е. м. 76.8. 7,018 а. е. м.
 76.9. 7,57 МэВ/нуклон. 76.10. $-1,2$ МэВ. 76.11. 4,9 МэВ.
 76.12. $7,7 \cdot 10^{-3}$ м 2 . 76.13. 0,63 МэВ. 76.14. $5,1 \cdot 10^5$ кг.

77. Деление ядер урана

- 77.1. $8,2 \cdot 10^{18}$ Дж. 77.2. $4,9 \cdot 10^{12}$ Дж. 77.3. 235 г.
 77.4. 0,95 МВт. 77.5. 2,7 т. 77.6. $1,3 \cdot 10^7$ Вт. 77.7. 5,3 кг.

Использованная литература

1. Абрамов А.А. и др. Тысяча и одна задача по физике. Варианты письменных профильных тестирований. М.: МИЭТ, 2003.
2. Бабаев В.С. Кинематика, динамика, работа, мощность, энергия. Сборник разноуровневых задач по физике. СПб.: САГА; Азбука-классика, 2005.
3. Берестов А.Т., Горбатый И.Н., Гундырев В.В. и др. Абитуриенту–2007. Варианты вступительных экзаменов по физике, проводившихся в МИЭТ в 2006 году. М.: МИЭТ, 2006.
4. Гольдфарб Н.Н. Сборник вопросов и задач по физике: Учебное пособие. М.: Высшая школа, 1993.
5. Горбунов А.К., Панаюотти Э.Д. Сборник задач по физике для поступающих в ВУЗ. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002.
6. Задачи для подготовки к олимпиадам по физике. 9–11 классы (Законы сохранения законов в механике) / Авт.-сост. В.А. Шевцов – Волгоград: Учитель, 2004.
7. Задачи по физике: Учебное пособие / И.И. Воробьев, П.И. Зубов, Г.А. Кутузова и др.; под ред. О.Я. Савченко. М.: Наука, 1988.
8. Задачник по физике: Учебное пособие для поступающих в вузы / В.А. Овчинников, В.Б. Демин, А.А. Познер, под ред. В.А. Овчинникова. Екатеринбург: Изд-во УМЦ УПИ, 2012.
9. Лернер Г.И. Физика. Решение школьных и конкурсных задач. Уроки репетитора. М.: Новая школа, 1995.
10. Орлов В.А., Никифоров Г.Г. и др. Физика: Школьный курс. М.: АСТ-ПРЕСС, 2000.

11. Парфенова Н.А., Фомина М.В. Сборник задач по физике. М.: Мир, 1997.
12. Рымкевич А.П. Сборник задач по физике для 8–10 классов средней школы. М.: Просвещение, 1987.
13. Тренин А.Е., Никеров В.А. Готовимся к экзамену по физике. М.: Айрис-пресс, 2000.
14. Физика. Сборник олимпиадных задач. 8–11 классы / Под ред. Л.М. Монастырского. Ростов н/Д: Легион-М, 2011.
15. Физика: 3800 задач для школьников и поступающих в вузы / Авт.-сост. Н.В. Турчина, Л.И. Рудакова, О.И. Суворов и др. М.: Дрофа, 2000.
16. Физики на вступительных испытаниях в СПбГТУ: В помощь абитуриенту / М.А. Погарский. СПб.: Издательство СПбГТУ, 2002.
17. Черноуцман А.И. Физика. Задачи с ответами и решениями: Учебное пособие. М.: Книжный дом «Университет», 2001.

Содержание

Предисловие	3
10 КЛАСС	
Раздел 1. Механика	
Кинематика	
1. Путь, перемещение, координаты движущегося тела	4
2. Равномерное прямолинейное движение	6
3. Относительность движения	11
4. Средняя скорость неравномерного движения	16
5. Прямолинейное равноускоренное движение	21
6. Движение тела по вертикали под действием силы тяжести	26
7. Движение тела, брошенного горизонтально	31
8. Движение тела, брошенного под углом к горизонту	34
9. Движение тела по окружности с постоянной по модулю скоростью	40
Динамика	
10. Второй закон Ньютона	43
11. Закон всемирного тяготения. Движение искусственных спутников	48
12. Вес тела	52
13. Сила упругости. Закон Гука	55
14. Сила трения	58
15. Наклонная плоскость	62
16. Совместное движение тел	69
17. Динамика движения по окружности	78
Статика. Гидростатика	
18. Условия равновесия тел. Центр масс	84
19. Гидростатика	92
Законы сохранения	
20. Импульс тела. Закон сохранения импульса	98
21. Механическая работа	105
22. Мощность	109
23. Коэффициент полезного действия	111
24. Кинетическая энергия	114

25. Потенциальная энергия	116
26. Закон сохранения и превращения механической энергии	119
27. Закон сохранения импульса. Закон сохранения энергии	125
Раздел 2. Молекулярная физика и термодинамика	
28. Молекулярное строение вещества	129
29. Основное уравнение МКТ. Средняя квадратичная скорость молекул	132
30. Изопроцессы	135
31. Уравнение Менделеева – Клапейрона. Закон Дальтона	140
32. Внутренняя энергия идеального газа	146
33. Работа в термодинамике	149
34. Первый закон термодинамики	153
35. КПД теплового двигателя	157
36. Относительная влажность воздуха	161
37. Смачивание. Поверхностное натяжение. Капиллярные явления	165
38. Механические свойства твердых тел	168
Раздел 3. Электродинамика	
39. Напряженность электрического поля	171
40. Закон Кулона	175
41. Потенциал. Разность потенциалов	180
42. Электроемкость. Конденсаторы. Соединение конденсаторов	184
43. Энергия конденсатора	190
44. Сила тока. Сопротивление. Закон Ома для участка цепи	192
45. Соединение проводников	194
46. Закон Ома для полной цепи	199
47. Шунты и добавочные сопротивления	203
48. Работа, мощность постоянного электрического тока. Закон Джоуля – Ленца	205
49. Электрические цепи с резисторами и конденсаторами	208
50. Сила Ампера	211
51. Сила Лоренца	215
11 КЛАСС	
52. Магнитный поток. Закон электромагнитной индукции	219
53. ЭДС индукции в движущихся проводниках	225
54. Индуктивность. Энергия катушки с током. Явление самоиндукции	230

Раздел 4. Колебания и волны

55. Механические колебания	232
56. Математический маятник	236
57. Колебания груза на пружине	238
58. Энергия колебательной системы. Сохранение и превращение энергии при гармонических колебаниях	241
59. Различные колебательные системы	246
60. Электромагнитные колебания. Колебательный контур	248
61. Переменный ток	253
62. Трансформатор	256
63. Механические волны	258
64. Электромагнитные волны	261

Раздел 5. Оптика

65. Прямолинейное распространение света. Отражение света. Плоское зеркало	263
66. Преломление света	265
67. Полное внутреннее отражение	269
68. Тонкие линзы	272
69. Интерференция света	276
70. Дифракция света	278

Раздел 6. Атомная и ядерная физика

71. Фотон. Свойства фотона	280
72. Фотоэффект	282
73. Атом водорода	285
74. Строение атома. Радиоактивный распад	286
75. Период полураспада	288
76. Ядерные реакции. Дефект массы. Энергия связи. Удельная энергия связи. Энергетический выход ядерных реакций	290
77. Деление ядер урана	292

ОТВЕТЫ

Раздел 1. Механика	293
Раздел 2. Молекулярная физика и термодинамика	300
Раздел 3. Электродинамика	302
Раздел 4. Колебания и волны	306
Раздел 5. Оптика	308
Раздел 6. Атомная и ядерная физика	309
Использованная литература	311

Авторы - составители:
Московкина Елена Геннадьевна
Волков Владимир Анатольевич

СБОРНИК ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ
10–11 классы

Выпускающий редактор *Ирина Нагибина*
Дизайн обложки *Юлии Морозовой*
Верстка *Джитрия Сахарова*

По вопросам приобретения книг издательства «ВАКО»
обращаться в ООО «Образовательный проект»
по телефонам: 8 (495) 778-58-27, 967-19-26.
Сайт: www.obrazpro.ru

Приглашаем к сотрудничеству авторов.
Телефон: 8 (495) 507-33-42. Сайт: www.vaco.ru

Налоговая льгота –
Общероссийский классификатор продукции ОК 005-93-953000.
Издательство «ВАКО»

Подписано в печать 28.12.2016. Формат 84×108/32.
Бумага офсетная. Гарнитура Школьная. Печать офсетная.
Усл. печ. листов 16,8. Тираж 5000 экз. Заказ №1229.

ООО «ВАКО», 129085, Москва, пр-т Мира, д. 101.

Отпечатано в полном соответствии с предоставленными материалами
в типографии ООО «Чеховский печатник».
142300, Московская область, г. Чехов, ул. Полиграфистов, д. 1.
Тел.: +7-915-222-15-42, +7-926-068-81-80.