

Л. Э. Генденштейн
А. В. Кошкина
Г. И. Левиев



Физика

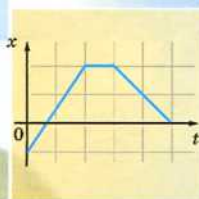
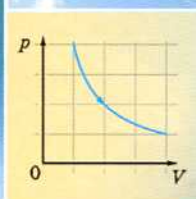
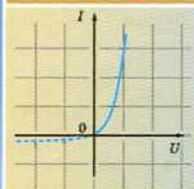
10

КЛАСС

ЧАСТЬ
3

ЗАДАЧНИК

БАЗОВЫЙ
И УГЛУБЛЁННЫЙ
УРОВНИ



**Л. Э. Генденштейн
А. В. Кошкина
Г. И. Левиев**

Физика

10

**КЛАСС
ЧАСТЬ**

3

ЗАДАЧНИК

для учащихся
общеобразовательных организаций

**БАЗОВЫЙ
И УГЛУБЛЁННЫЙ
УРОВНИ**

*Рекомендовано
Министерством образования и науки
Российской Федерации*



Москва 2014

УДК 373.167.1:53
ББК 22.3я721
Г34

Генденштейн Л. Э.

Г34 Физика. 10 класс. Ч. 3 : задачник для учащихся общеобразова-
зават. организаций (базовый и углублённый уровни) /
Л. Э. Генденштейн, А. В. Кошкина, Г. И. Левиев. — М. :
Мнемозина, 2014. — 191 с. : ил.

ISBN 978-5-346-02809-3

Задачник содержит качественные, расчётные и экспериментальные задачи по физике трёх уровней сложности в соответствии с материалом по физике для 10-го класса, изложенным в учебнике Л. Э. Генденштейна, Ю. И. Дика (базовый и углублённый уровни).

УДК 373.167.1:53
ББК 22.3я721

ISBN 978-5-346-02806-2 (общ.)
ISBN 978-5-346-02809-3 (ч. 3)

© «Мнемозина», 2014
© Оформление. «Мнемозина», 2014
Все права защищены

Часть **3**

ЗАДАЧНИК

Глава 1 Кинематика

Глава 2 Динамика

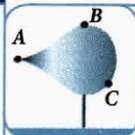
Глава 3 Законы сохранения в механике

Глава 4 Статика и гидростатика

Глава 5 Молекулярная физика и тепловые явления

Глава 6 Электростатика

Глава 7 Постоянный электрический ток



§ 1. СИСТЕМА ОТСЧЁТА, ТРАЕКТОРИЯ, ПУТЬ И ПЕРЕМЕЩЕНИЕ**БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ**

1. В каких из нижеперечисленных задач тела можно рассматривать как материальные точки? Ответ поясните.

- Расчёт манёвра стыковки двух космических кораблей.
- Расчёт периода обращения искусственного спутника Земли.
- Определение высоты подъёма ракеты.
- Определение давления опоры моста на грунт.
- Определение объёма гайки.
- Расчёт движения Земли вокруг Солнца.

2. Вертолёт равномерно поднимается вертикально вверх. Какова траектория движения точки на конце лопасти винта вертолёта в системе отсчёта:

- связанной с корпусом вертолёта?
- связанной с Землёй?

3. Тело, брошенное вертикально вверх, поднялось до высоты 20 м и упало в шахту глубиной 15 м. Чему равны пройденный путь и модуль перемещения тела?

4. Человек обошёл круглое озеро диаметром 1 км. Чему равны пройденный путь и модуль перемещения человека?

5. Какой (какие) из графиков, изображённых на рисунке 1.1, может быть графиком (могут быть графиками) зависимости пройденного пути от времени? Поясните ваш ответ.

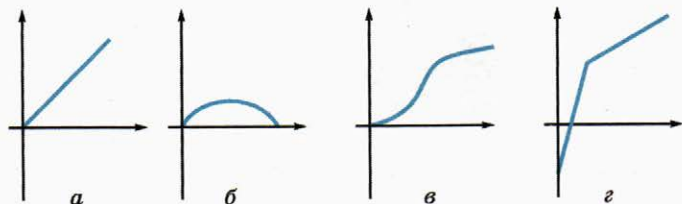


Рис. 1.1

6. Самолёт пролетел на восток 60 км, затем повернул на север и пролетел ещё 80 км. Сделайте схематический чертёж, найдите пройденный путь и перемещение самолёта.

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

7. Тело переместилось из точки A с координатами $x_0 = -2$ м и $y_0 = 5$ м в точку B с координатами $x = 4$ м и $y = -3$ м.

а) Сделайте чертёж, на котором изобразите вектор перемещения.

б) Найдите проекции вектора перемещения на координатные оси.

в) Найдите модуль вектора перемещения.

8. Изобразите траекторию движения тела, при котором:

а) модуль перемещения равен пройденному пути;

б) модуль перемещения равен 5 см, а путь равен 10 см;

в) путь больше модуля перемещения в $\sqrt{2}$ раз.

9. Длина минутной стрелки настенных часов 20 см. Найдите пройденный путь и модуль перемещения конца стрелки:

а) за 15 мин; б) за 30 мин; в) за сутки.

10. На рисунке 1.2 показана траектория движения материальной точки. Во сколько раз путь больше модуля перемещения?

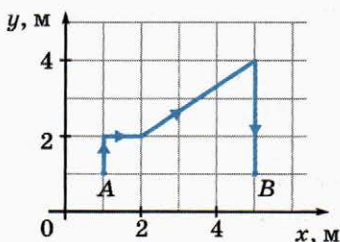


Рис. 1.2

11. Турист поднялся на холм высотой 30 м по прямой дороге, наклонённой под углом 30° к горизонту, а потом спустился на начальный уровень по прямому кру-

тому склону, составляющему угол 45° с горизонтом. Найдите пройденный путешественником путь и модуль перемещения.

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

12. Самолёт стартовал с Северного полюса, пролетел вдоль меридиана до экватора, а затем пролетел ещё 3000 км вдоль экватора на запад. Найдите модуль перемещения самолёта в системе отсчёта, связанной с Землёй. Есть ли в условии лишние данные?

13. Теплоход прошёл по озеру 2 км на север, а потом ещё 4 км — на северо-восток. Сделайте пояснительный рисунок. Найдите модуль перемещения и угол, который составляет вектор перемещения с направлением на север.

§ 2. ПРЯМОЛИНЕЙНОЕ РАВНОМЕРНОЕ ДВИЖЕНИЕ

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

1. Два автомобиля двигались прямолинейно и равномерно: один в течение 10 с, а второй — в течение 15 с. Автомобили прошли одинаковые пути. Какова скорость второго автомобиля, если скорость первого равна 12 м/с?

2. От пункта А до пункта Б легковой автомобиль ехал со скоростью 90 км/ч, а грузовой автомобиль — со скоростью 15 м/с. Сколько времени был в пути грузовик, если легковой автомобиль преодолел это расстояние за 20 мин?

3. Ось x направлена вдоль дороги, по которой едут два велосипедиста. Зависимость координаты x от времени t в единицах СИ для первого велосипедиста выражается формулой $x = 5t$, а для второго — формулой $x = 150 - 10t$. Найдите:

- а) время встречи велосипедистов;
- б) координату места встречи велосипедистов.

4. Из точек, находящихся на расстоянии 100 м друг от друга, начали одновременно двигаться навстречу друг другу два тела — первое со скоростью 5 м/с, а второе — со скоростью 15 м/с.

а) Напишите формулы, выражающие в единицах СИ зависимость координаты от времени для каждого тела.

б) Начертите графики зависимости координаты от времени для каждого тела.

в) Через какое время тела встретятся?

г) Чему равен модуль перемещения каждого тела до встречи?

5. На рисунке 2.1 изображены графики зависимости координаты от времени для двух тел, движущихся вдоль оси x .

а) Найдите проекции скорости тел.

б) Напишите формулы, выражающие зависимость $x(t)$ для каждого тела.

в) Найдите момент времени и координату точки встречи тел.

г) Найдите пути, пройденные телами до встречи.

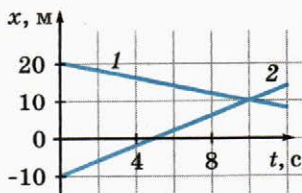


Рис. 2.1

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

6. Тело движется в плоскости xOy . Зависимость координат тела от времени в единицах СИ выражается формулами $x = 8 - 3t$, $y = 5 + 4t$.

- Найдите модуль скорости тела.
- Найдите модуль перемещения тела за 10 с.

7. На рисунке 2.2 показан график зависимости от времени координаты тела, движущегося вдоль оси x .

а) Постройте график зависимости проекции скорости тела от времени.

б) Постройте график зависимости пройденного телом пути от времени.

в) Найдите проекцию и модуль перемещения тела за первые 2 с движения.

г) Найдите проекцию и модуль перемещения тела за последние 2 с движения.

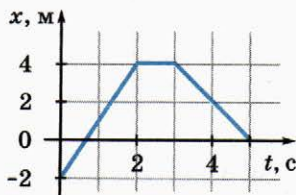


Рис. 2.2

8. На рисунке 2.3 изображён график зависимости координаты от времени для тела, движущегося прямолинейно. Определите путь и модуль перемещения тела: а) за 2 с; б) за 3 с; в) за 4 с; г) за 6 с.

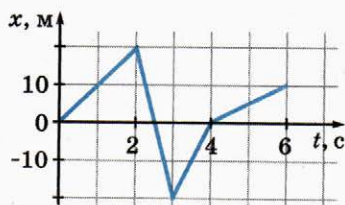


Рис. 2.3

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

9. Начальные координаты материальной точки $x_0 = 0$ м, $y_0 = 20$ м. Она движется прямолинейно и равномерно со скоростью 10 м/с вверх под углом 30° к горизонту.

а) Запишите формулы, выражающие зависимость координат x и y материальной точки от времени (в единицах СИ).

б) Запишите уравнение траектории материальной точки в единицах СИ (зависимость $y(x)$).

в) На какую высоту от начального положения поднимется материальная точка за 30 с?

г) Чему равен модуль перемещения материальной точки за 30 с?

10. На рисунке 2.4 изображён график зависимости проекции скорости тела от времени. Начальная координата тела $x_0 = 2$ м.

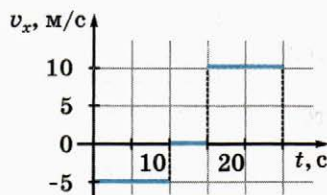


Рис. 2.4

а) Постройте графики зависимости координаты тела и пройденного им пути от времени.

б) Найдите модуль перемещения тела за 10 с.

в) Определите, в какой момент времени перемещение тела было равно нулю.

§ 3. СЛОЖЕНИЕ СКОРОСТЕЙ И ПЕРЕХОД В ДРУГУЮ СИСТЕМУ ОТСЧЁТА ПРИ ДВИЖЕНИИ ВДОЛЬ ОДНОЙ ПРЯМОЙ

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

1. По реке плывёт плот, а по плоту идёт человек (рис. 3.1). Скорость человека относительно плота равна 1,5 м/с, а скорость плота относительно берега равна 1 м/с. Длина плота 30 м.



Рис. 3.1

а) Чему равна скорость человека относительно берега при движении от A к B?

б) Чему равна скорость человека относительно берега при движении от B к A?

в) Чему равно время t_{AB} движения человека от A до B?

г) Чему равно время t_{BA} движения человека от B до A?

д) На какое расстояние переместится плот относительно берега за то время, пока человек пройдет от A к B?

е) На какое расстояние переместится человек относительно берега за то время, пока пройдёт от А к В?

ж) На какое расстояние переместится человек относительно берега за то время, пока пройдёт от В к А?

2. В море плывёт авианосец длиной 300 м со скоростью 10 м/с (рис. 3.2). Вдоль авианосца начинает двигаться в том же направлении катер со скоростью 20 м/с.

а) С какой скоростью катер движется относительно авианосца?

б) За какое время катер обогнал авианосец?

в) Какова скорость катера относительно авианосца, когда катер движется в обратном направлении?

г) Сколько времени катер находится рядом с авианосцем, двигаясь в обратном направлении?

д) Сколько времени катер будет двигаться от кормы до носа авианосца и обратно?

е) На какое расстояние переместился авианосец, пока катер плыл туда и обратно?



Рис. 3.2

3. Человек бежит со скоростью 5 м/с относительно палубы теплохода в направлении, противоположном направлению движения теплохода. Скорость теплохода относительно берега 54 км/ч. На какое расстояние сместится человек относительно пристани за 10 с?

4. При движении лодки по течению реки её скорость относительно берега равна 10 м/с. А при движении против течения скорость лодки относительно берега равна 6 м/с.

а) Чему равна скорость лодки в стоячей воде?

б) Чему равна скорость течения реки?

5. Самолёт летит из города А в город Б при попутном ветре, а обратно — при встречном. Скорость самолёта относительно воздуха в 10 раз больше скорости ветра. Чему равно отношение времени t_{AB} полёта из А в Б ко времени t_{BA} полёта из Б в А?

6. Пловец прыгает с плывущего по реке плота в воду, отплывает от плота на расстояние l , а затем возвращается обратно. Скорость течения v_t , скорость пловца относительно воды перпендикулярна берегу и равна v_p .

- В течение какого времени пловец удаляется от плота?
- В течение какого времени пловец приближается к плоту?
- Через сколько времени пловец вернётся на плот?

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

7. Катер плывёт по реке от пристани A к расположенной ниже по течению пристани B и обратно. Расстояние между пристанями l . Скорость течения v_t , скорость катера относительно воды v_k (рис. 3.3).

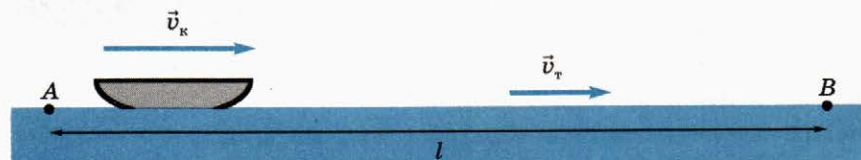


Рис. 3.3

- Чему равно время t_{AB} движения катера от A до B ?
- Чему равно время t_{BA} движения катера B до A ?
- Чему равно время t_p движения катера по реке туда и обратно?
- Чему равно отношение времени t_p движения катера туда и обратно по реке ко времени $t_{оз}$ движения катера туда и обратно между двумя пристанями, находящимися на расстоянии l на берегу озера?

8. Лодка обгоняет плывущий по реке плот длиной L . За время обгона лодка сместилась относительно берега на расстояние s_d . На какое расстояние s_p относительно берега сместился за это время плот?

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

9. Теплоход проходит расстояние между двумя пунктами на реке вниз по течению за 60 ч, а обратно — за 80 ч. Сколько времени между этими пунктами плывёт плот?

10. Эскалатор поднимает стоящего на нём пассажира за 1 мин. По неподвижному эскалатору пассажир поднимается

за 3 мин. За какое время пассажир поднимется по движущемуся вверх эскалатору?

11. Идя вниз по спускающемуся эскалатору, Миша насчитал за время спуска n ступенек (рис. 3.4). Чему равно отношение скорости v_m Миши относительно эскалатора к скорости v_e движения эскалатора, если, спускаясь по остановившемуся эскалатору, надо пройти N ступенек?



Рис. 3.4

12. От пункта А к пункту В по реке отправляется лодка со скоростью 3 км/ч относительно воды. Навстречу лодке одновременно с ней от В к А отправляется катер со скоростью 10 км/ч относительно воды. За время движения лодки от А к В катер успевает пройти дважды туда и обратно и прибывает в В одновременно с лодкой. Какова (по модулю и направлению) скорость течения?

13. По палубе корабля длиной 50 м, плывущего вдоль берега со скоростью 36 км/ч, идёт пассажир со скоростью 1 м/с (рис. 3.5). Пассажир идёт от носа к корме, разворачивается и возвращается в начальную точку. Вместе с пассажиром выбежала собачка, скорость которой в 2 раза больше скорости пассажира. Добежав до кормы, собачка поворачивает обратно и бежит к носу корабля. Так она бегала от одного конца палубы до другого, пока пассажир не возвратился в исходную точку.



Рис. 3.5

а) Чему равен путь, пройденный собачкой относительно корабля?

б) Начертите график зависимости от времени скорости собачки относительно берега.

в) Чему равен путь, пройденный собачкой относительно берега?

§ 4. МГНОВЕННАЯ И СРЕДНЯЯ СКОРОСТЬ

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

1. Автобус проезжает 20 км за 1 ч. Насколько уменьшится средняя скорость автобуса, если время движения увеличится на 20 мин?

2. На рисунке 4.1 изображён график зависимости координаты тела от времени.

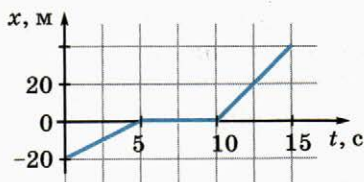


Рис. 4.1

а) В какой промежуток времени тело находилось в покое?

б) Чему равна скорость тела в первые 5 с движения?

в) Чему равна скорость тела в последние 5 с движения?

г) Чему равна средняя скорость движения тела?

3. Поезд движется на подъёме со скоростью 36 км/ч в течение 20 мин и затем на спуске со скоростью 72 км/ч в течение 10 мин. Чему равна средняя скорость поезда?

4. Автомобиль 2 ч ехал со скоростью 50 км/ч, а после этого он проехал ещё 140 км за 2 ч. Чему равна средняя скорость автомобиля?

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

5. На рисунке 4.2 изображён график зависимости от времени координаты тела, движущегося вдоль оси x .

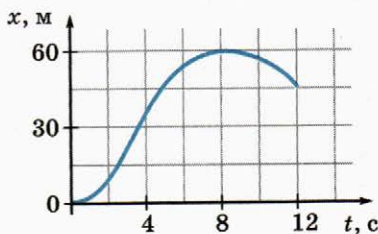


Рис. 4.2

а) В какой момент времени скорость автомобиля была такой же, как в момент $t = 2$ с?

б) В какой момент времени скорость тела была максимальной?

в) В какой момент (какие моменты) времени скорость тела минимальна? Чему она при этом равна?

г) Перенесите рисунок в тетрадь и изобразите на том же чертеже график зависимости пути от времени.

д) Чему равна средняя путевая скорость за первые 12 с движения?

6. Велосипедист проехал 1,2 км. Средняя скорость велосипедиста равна 10 м/с. Первый участок длиной 400 м он проехал за 1 мин, а на втором участке двигался равномерно.

- а) За какое время велосипедист проехал второй участок?
- б) Чему равна скорость велосипедиста на втором участке?

7. После того как автомобиль проехал 0,5 км за 0,5 мин, он начал тормозить и проехал ещё 60 м до остановки. Сколько времени автомобиль тормозил, если его средняя скорость на всём пути равна 14 м/с?

8. Три четверти всего времени движения автомобиль проехал со скоростью 60 км/ч, а остальную часть времени он ехал со скоростью 80 км/ч. Какова средняя скорость автомобиля?

9. Два автомобиля одновременно выехали из пункта А в пункт Б. Первый автомобиль половину пути ехал со скоростью 50 км/ч, а вторую половину пути — со скоростью 70 км/ч. Второй автомобиль первую половину времени ехал со скоростью 50 км/ч, а вторую половину — со скоростью 70 км/ч.

- а) Чему равны средние скорости автомобилей?
- б) Какой автомобиль приехал в пункт Б раньше?
- в) Насколько один автомобиль приехал в пункт Б раньше другого, если расстояние от А до Б равно 120 км?

10. В течение 2 ч теплоход двигался по озеру в тумане (рис. 4.3). После того как туман рассеялся, теплоход увеличил скорость в 2 раза и плыл ещё 6 ч. Какой путь проделал теплоход в тумане, если средняя скорость теплохода за 8 ч равна 14 км/ч?



Рис. 4.3

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

11. Автомобиль ехал 4 ч, при этом 40 % всего пути он ехал со скоростью 30 км/ч, а оставшуюся часть пути — со скоростью 45 км/ч.

- а) Найдите среднюю скорость автомобиля.
- б) Найдите расстояние между городами.

12. Катер проплыл по реке из пункта А в пункт Б и обратно, причём путь в одну сторону занял в 3 раза больше времени, чем в другую. Чему равны скорость катера относительно воды и скорость течения, если средняя путевая скорость катера относительно берега за всё время движения равна 3 км/ч?

13. На рисунке 4.4 изображён график зависимости проекции скорости от времени для тела, движущегося вдоль оси x .

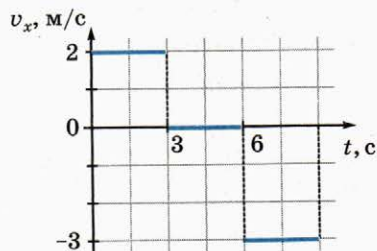


Рис. 4.4

а) Начертите график зависимости координаты тела от времени.

б) Начертите график зависимости пути от времени.

в) Найдите среднюю путевую скорость тела за первые 8 с движения.

14. Тело движется в плоскости xOy . Одну пятую всего времени движения оно движется со скоростью 3 м/с под углом 30° к оси x , а остальное время — под углом 120° к оси x со скоростью 4 м/с. Найдите среднюю путевую скорость тела.

§ 5. ПРЯМОЛИНЕЙНОЕ РАВНОУСКОРЕННОЕ ДВИЖЕНИЕ

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

1. На рисунках 5.1, а и б показаны начальная и конечная скорость для двух тел, движущихся вдоль оси x с постоянным ускорением. Одна клетка соответствует 3 м/с. Время наблюдения равно 4 с.



Рис. 5.1

- а) Какое тело разгонялось, а какое — тормозило?
б) Как изменилась скорость каждого тела по модулю?

- в) Чему равны проекции ускорений тел?
 г) Запишите уравнение зависимости проекции скорости от времени в единицах СИ для каждого тела.
 д) Постройте графики зависимости проекции скорости от времени для случаев а и б.

2. Мотоциклист разгоняется до скорости 72 км/ч, двигаясь по прямой с ускорением 2 м/с². Начальная скорость мотоциклиста равна нулю. Сколько времени длится разгон?

3. Тело движется прямолинейно равноускоренно с ускорением 0,2 м/с². Через 5 с после начала наблюдения скорость тела стала равной 4 м/с. Чему равна начальная скорость тела, если направление ускорения совпадает с направлением начальной скорости?

4. На рисунке 5.2 изображён график зависимости проекции скорости тела от времени.

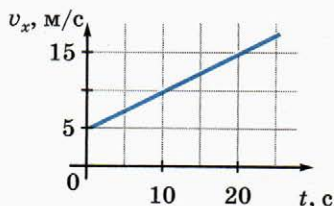


Рис. 5.2

а) Чему равна начальная скорость тела?

б) Чему равно ускорение тела?

в) Запишите в единицах СИ уравнение зависимости проекции скорости тела от времени.

г) Через какое время после начала движения скорость тела будет равна 30 м/с, если оно будет продолжать двигаться с тем же ускорением?

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

5. Шарик толкнули вверх по наклонной плоскости. Начальная скорость шарика 4 м/с. Ускорение шарика при движении вверх и вниз по наклонной плоскости одинаково и равно по модулю 0,5 м/с². Через сколько секунд после начала движения скорость шарика будет равна по модулю 2 м/с?

6. Мотоциклист и велосипедист одновременно начинают движение из состояния покоя в направлении оси x . Оба движутся с постоянным ускорением, но ускорение мотоциклиста в 3 раза больше, чем ускорение велосипедиста. Постройте возможные графики зависимости проекции скорости от времени для велосипедиста и мотоциклиста.

7. Совершая посадку, самолёт коснулся взлётно-посадочной полосы со скоростью 70 м/с. Направление оси x совпадает с направлением скорости самолёта. С помощью графика зависимости ускорения от времени (рис. 5.3):



Рис. 5.3

- определите, через какое время самолёт остановится;
- запишите уравнение зависимости проекции скорости самолёта от времени;
- постройте график зависимости проекции скорости самолёта от времени.

8. На рисунке 5.4 изображены графики зависимости от времени проекций скоростей трёх тел, движущихся вдоль оси x .

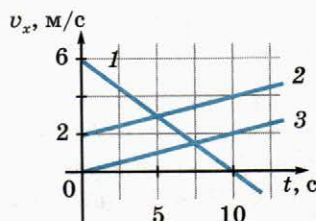


Рис. 5.4

а) Ускорения каких тел одинаковы? Чему они равны?

б) Какое тело движется с наибольшим по модулю ускорением? Чему оно равно?

в) Запишите уравнения зависимости проекций скорости от времени для всех тел.

г) Постройте графики зависимости проекции ускорения от времени для всех тел.

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

9. Автомобиль начал двигаться из состояния покоя с ускорением 3 м/с² и за 15 с проехал некоторый путь. Чему была равна скорость автомобиля, когда он проехал половину этого пути?

10. На рисунке 5.5 изображён график зависимости проекции ускорения тела от времени. Постройте график зависимости проекции скорости тела от времени, если начальная скорость тела равна нулю.

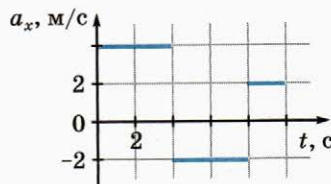


Рис. 5.5

§ 6. ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ПРИ ПРЯМОЛИНЕЙНОМ РАВНОУСКОРЕННОМ ДВИЖЕНИИ¹

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

1. На рисунке 6.1 изображён график зависимости проекции скорости от времени для тела, движущегося вдоль оси x .

- Чему равно ускорение тела?
- Запишите уравнение зависимости $v_x(t)$.
- Найдите путь, пройденный телом за 10 с.

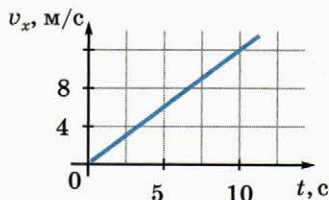


Рис. 6.1

2. С горы длиной 60 м санки скатились за 10 с. С каким ускорением двигались санки и какова их скорость в конце горы, если начальная скорость равна нулю?

3. Автомобиль остановился через 5 с после начала торможения. Найдите тормозной путь автомобиля, если его начальная скорость 20 м/с.

4. Ружейная пуля движется внутри ствола длиной 60 см в течение 0,004 с. Найдите скорость пули при вылете из ствола и её ускорение при движении внутри ствола.

5. Тормозной путь автомобиля, движущегося со скоростью 15 км/ч, равен 1,5 м. Каким будет тормозной путь этого же автомобиля при скорости 90 км/ч? Ускорение автомобиля при торможении в обоих случаях считайте одинаковым.

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

6. Автомобиль разгоняется с места до скорости 72 км/ч на пути 100 м. С каким ускорением он движется и сколько времени затратил на разгон?

7. На рисунке 6.2 изображён график зависимости проекции скорости автомобиля от времени. Чему равен путь, пройденный автомобилем за 3 ч?

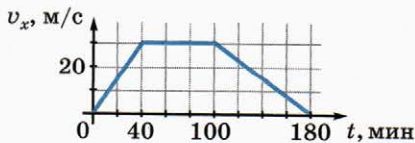


Рис. 6.2

¹ При решении задач этого параграфа считайте, что, когда скорость тела изменяется, оно движется с постоянным ускорением.

8. Шарик начинает двигаться по наклонному желобу из состояния покоя с постоянным ускорением 2 см/с^2 . Какой путь пройдёт шарик за третью секунду?

9. Тело движется прямолинейно вдоль оси x . График зависимости проекции ускорения от времени представлен на рисунке 6.3. Начальная скорость тела равна нулю. Чему равен путь, пройденный телом за 5 с?

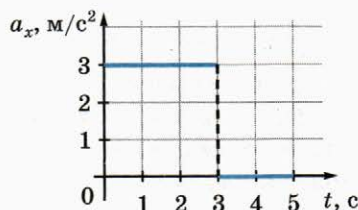


Рис. 6.3

10. Пуля, летящая со скоростью 400 м/с , попадает в песок и проникает на глубину 20 см . Чему была равна скорость пули на глубине 10 см ?

11. Поезд, разгоняясь с места с постоянным ускорением, прошёл 180 м за 15 с . Какое расстояние прошёл поезд за первые 5 с движения?

12. Мотоциклист разгоняется с ускорением 1 м/с^2 . За какое время он пройдёт 832 м и какова будет его скорость в конце этого пути, если начальная скорость мотоциклиста равна 10 м/с ?

13. Тело, движущееся прямолинейно равноускоренно, за 2 с прошло 20 м , при этом скорость тела увеличилась в 3 раза. Чему равна начальная скорость тела?

14. Тело движется в одном направлении с ускорением, равным по модулю a . Чему равна разность модулей перемещения тела за два последовательных равных промежутка времени продолжительностью t каждый?

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

15. По наклонной доске толкнули вверх шарик. На расстоянии 30 см от начального положения шарик побывал дважды: через 1 с и через 3 с после начала движения. Ускорения шарика при движении вверх и вниз по наклонной плоскости равны по модулю. На каком максимальном расстоянии от начальной точки побывал шарик?

16. Тело двигалось в одном направлении с постоянным ускорением $1,2 \text{ м/с}^2$ и прошло за четвертую секунду от начала наблюдения путь $6,2 \text{ м}$. Найдите начальную скорость тела и путь, пройденный телом за 10 с .

17. Два автомобиля движутся из одной точки в одном направлении. Скорость первого автомобиля в единицах СИ зависит от времени по закону $v_1 = 2 + 3t$, а скорость второго — по закону $v_2 = 1 + 4t$. Определите расстояние между автомобилями в момент $t = 4$ с.

18. Тело начинает двигаться вдоль прямой из состояния покоя с постоянным ускорением. Через 10 мин ускорение тела меняется по направлению на противоположное, оставаясь таким же по модулю. С этим ускорением тело движется ещё 20 мин. Во сколько раз путь, пройденный телом, больше модуля перемещения?

19. Санки скатились без начальной скорости с горки высотой 25 м за 5 с. Угол наклона горки к горизонту 30° . Затем санки скользили по горизонтальному участку 30 м до остановки. Чему равно время движения санок на горизонтальном участке?

§ 7. СВОБОДНОЕ ПАДЕНИЕ И ДВИЖЕНИЕ ТЕЛА, БРОШЕННОГО ВЕРТИКАЛЬНО ВВЕРХ¹

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

1. Свободно падающее без начальной скорости тело упало на землю через 2 с.

а) Какую скорость имело тело в момент падения?

б) С какой высоты падало тело?

в) Во сколько раз путь, пройденный телом за последнюю секунду, больше пути, пройденного за первую секунду?

2. С Пизанской башни высотой 56 м (рис. 7.1) свободно падает металлический шар без начальной скорости.

а) Сколько времени падал шар?

б) Какова его конечная скорость?

в) Начертите график зависимости проекции скорости шара от времени.



Рис. 7.1

¹ При решении задач этого параграфа считайте, что, когда скорость тела изменяется, оно движется с постоянным ускорением.

3. Зависимость от времени координаты y свободно падающего тела выражается в единицах СИ формулой $y = 45 - 5t^2$. Начало координат совпадает с уровнем земли.

- а) Как направлена ось y ?
- б) Чему равна начальная скорость тела?
- в) С какой высоты падало тело?
- г) Чему равно время падения?
- д) Чему равна скорость тела в момент падения?

4. Какой путь проходит тело за шестую секунду свободного падения без начальной скорости?

5. При свободном падении без начальной скорости первое тело находилось в полёте в 2 раза дольше, чем второе. Во сколько раз конечная скорость первого тела больше, чем конечная скорость второго? Во сколько раз перемещение первого тела больше, чем перемещение второго?

6. Стрела выпущена вертикально вверх со скоростью 40 м/с.

- а) Чему равно время подъёма стрелы?
- б) Чему равно время движения стрелы до падения на землю?
- в) Чему равна скорость стрелы в момент падения?
- г) Чему равна максимальная высота подъёма стрелы?
- д) Какой путь пройдёт стрела за последнюю секунду подъёма?
- е) Чему равна скорость стрелы через 6 с после начала движения?

7. На рисунке 7.2 изображён график зависимости проекции скорости для тела, брошенного вертикально вверх.

- а) Чему равна начальная скорость тела?
- б) Через сколько секунд после начала движения тело поднялось на максимальную высоту?
- в) Чему равна максимальная высота подъёма тела?
- г) Выберите два момента времени, в которые скорость тела равна по модулю и противоположна по направлению.

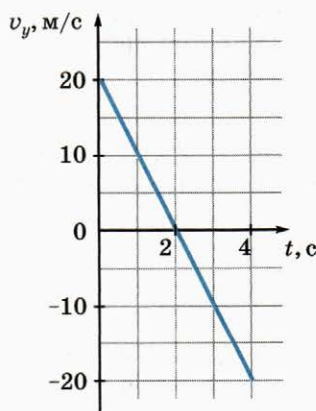


Рис. 7.2

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

8. Найдите среднюю скорость свободно падающего без начальной скорости тела за первую, вторую и третью секунду падения. Чему равна средняя скорость тела за n -ю секунду свободного падения?

9. Средняя скорость свободно падающего без начальной скорости тела за последнюю секунду падения равна 45 м/с. С какой высоты падало тело?

10. Первое тело падает с высоты 10 м без начальной скорости, а второе тело — одновременно с ним с высоты 15 м с некоторой начальной скоростью. Какова начальная скорость второго тела, если оба тела упали одновременно?

11. Камень брошен вертикально вверх с некоторой начальной скоростью v_0 .

а) Через какое время после броска камень достигнет высоты h в первый раз, если $h < \frac{v_0^2}{2g}$?

б) Чему будет равен модуль скорости камня в этот момент?

в) Через какое время после броска камень окажется на высоте h второй раз? Чему при этом будет равна его скорость?

12. Шарик брошен вертикально вверх с высоты 15 м над поверхностью земли. Начальная скорость шарика 10 м/с. Через какое время после броска шарик упадёт на землю? Чему равна скорость шарика непосредственно перед ударом о землю?

13. Тело брошено вертикально вверх с начальной скоростью 30 м/с. Какой путь прошло тело за 4 с?

14. Шарик начинает свободно падать из точки А, находящейся на высоте 45 м от поверхности земли. Одновременно из точки В, расположенной на 21 м ниже точки А на той же вертикали, бросают второй шарик вертикально вверх. Определите начальную скорость второго шарика, если оба шарика упали на землю одновременно.

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

15. Свободно падающее без начальной скорости тело спустя некоторое время после начала падения находилось на высоте 1100 м, а ещё через 10 с — на высоте 120 м над поверхностью земли. С какой высоты падало тело?

16. Тело свободно падает с высоты 45 м без начальной скорости. Найдите среднюю скорость тела на второй половине пути.

17. Из окна, расположенного на высоте 30 м, начинает падать без начальной скорости мячик. В этот момент точно под окном проезжает велосипедист (рис. 7.3). При какой скорости велосипедиста расстояние между ним и мячиком будет *всё время* увеличиваться?

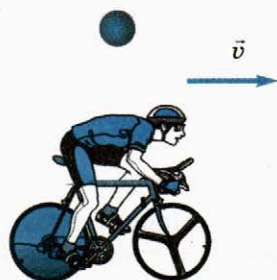


Рис. 7.3

18. Когда подброшенный жонглёром шарик достигает половины своей максимальной высоты, равной 5 м, жонглёр бросает второй шарик с такой же начальной скоростью. Через какой промежуток времени после броска второго шарика оба шарика будут находиться на одной высоте?

19. Камень брошен с поверхности земли вертикально вверх. На высоте 8,75 м он побывал дважды с интервалом времени 3 с. Определите начальную скорость камня.

§ 8. РАВНОМЕРНОЕ ДВИЖЕНИЕ ПО ОКРУЖНОСТИ

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

1. Круг делает один оборот за 0,2 с. Скорость точек на ободе круга равна 3,14 м/с. Чему равен радиус круга?

2. Скорость конца минутной стрелки кремлёвских курантов равна 6 мм/с. Какова длина этой стрелки?

3. С какой скоростью велосипедист проходит закругление велотрека радиусом 50 м, если он движется с центростремительным ускорением 2 м/с²?

4. Обруч (рис. 8.1) равномерно вращается вокруг своего центра. Перенесите рисунок в тетрадь и укажите направление ускорения и скорости в точках, отмеченных на рисунке.

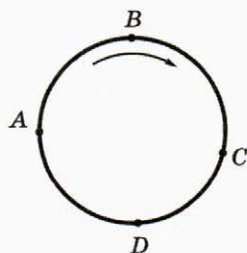


Рис. 8.1

5. Длина секундной стрелки 5 см. Чему равны скорость и ускорение конца стрелки?

6. Колесо радиусом 30 см совершает 20 оборотов в минуту.

- а) Чему равны период обращения и частота?
- б) Чему равна скорость точек обода колеса?
- в) Чему равна угловая скорость вращения колеса?
- г) Чему равно ускорение точек обода колеса?

7. Чему равна угловая скорость барабана лебёдки радиусом 8 см при подъёме груза со скоростью 0,4 м/с?

8. Радиус рукоятки колодезного ворота в 3 раза больше радиуса вала, на который наматывается трос (рис. 8.2). Какова скорость конца рукоятки, если ведро с глубины 10 м равномерно поднимают за 20 с?

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

9. Волчок, вращаясь с частотой 20 с^{-1} , свободно падает с высоты 5 м. Сколько оборотов сделает волчок за время падения?

10. Большой шкив ременной передачи (рис. 8.3) имеет радиус 32 см и вращается с частотой 135 об/мин. Радиус малого шкива 12 см. Найдите частоту вращения малого шкива и линейную скорость точек ремня, который движется без проскальзывания.

11. Мальчик вращает в вертикальной плоскости камень, привязанный к верёвке длиной 0,5 м. Частота вращения 120 об/мин.

а) Чему равна скорость вращения камня?

б) В какой момент мальчик должен отпустить верёвку, чтобы камень полетел вертикально вверх?

в) На какую высоту при этом поднимется камень?

12. Между досками без проскальзывания катится диск (рис. 8.4).



Рис. 8.2

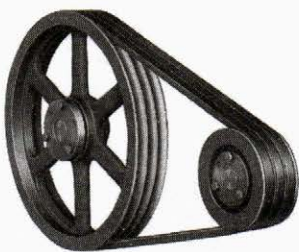


Рис. 8.3

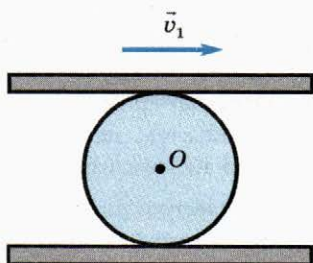


Рис. 8.4

Нижняя доска покоится, а верхняя движется со скоростью 5 м/с. Чему равна скорость точки O (центра диска)?

13. Девочка выгуливает собачку, двигаясь со скоростью 1,5 м/с (рис. 8.5). Собачка бежит вокруг девочки на натянутом поводке длиной 5 м, делая один оборот за 26 с. При этом модуль скорости собачки относительно девочки не изменяется. Какова наибольшая и наименьшая скорость собачки относительно земли?



Рис. 8.5

14. Определите обусловленные суточным вращением скорость и ускорение точек поверхности Земли, находящихся на широте 30° .

15. С какой скоростью автомобиль должен проезжать середину выпуклого моста, представляющего собой дугу радиусом 100 м, чтобы ускорение автомобиля в этот момент было равно ускорению свободного падения?

16. Через какое время после полудня встречаются минутная и часовая стрелки часов?

17. Скорость точки обода вращающегося колеса в 2,5 раза больше линейной скорости точки, лежащей на 3 см ближе к оси колеса. Чему равен радиус колеса?

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

18. Пропеллер самолёта радиусом 1,5 м вращается с частотой 2000 об/мин. Скорость самолёта 500 км/ч. Определите скорость точки на конце пропеллера. Что представляет собой траектория движения этой точки?

19. Грузовик едет со скоростью 72 км/ч, а за ним с такой же скоростью едет легковой автомобиль. На каком расстоянии друг от друга должны находиться автомобили, чтобы камешек, застрявший между сдвоенными колёсами грузовика, оторвавшись, не попал в легковой автомобиль? Высоту точки отрыва камня от колеса не учитывайте.

20. Обруч радиуса r катится без проскальзывания по горизонтальной поверхности со скоростью v_0 . Чему равен модуль a ускорения точки A в момент времени, показанный на рисунке 8.6?

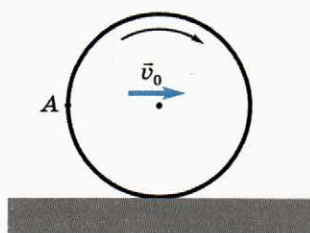


Рис. 8.6

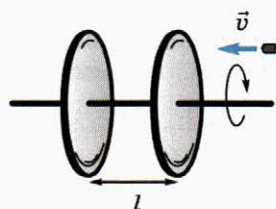


Рис. 8.7

21. Насаженные на общую ось диски расположены на расстоянии 0,5 м друг от друга и вращаются с частотой 1600 об/мин (рис. 8.7). Пуля, летящая вдоль оси на некотором расстоянии от неё, пробивает оба диска. При этом отверстие от пули во втором диске смещено относительно отверстия в первом диске на угол 12° . Определите скорость пули на участке между дисками.

§ 9. СЛОЖЕНИЕ СКОРОСТЕЙ И ПЕРЕХОД В ДРУГУЮ СИСТЕМУ ОТСЧЁТА ПРИ ДВИЖЕНИИ НА ПЛОСКОСТИ

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

1. Лодка переплывает реку по кратчайшему пути в системе отсчёта, связанной с берегом. Скорость течения реки u , а скорость лодки относительно воды v (причём $v > u$). Чему равен модуль скорости лодки относительно берега?

2. Моторная лодка плывёт из пункта A в пункт B , расположенный на противоположном берегу реки напротив пункта A . Скорость течения реки 5 км/ч, а скорость лодки относительно воды 10 км/ч. Под каким углом α к линии AB должна быть направлена скорость лодки относительно воды?

3. Небольшой самолёт летит из города A в город B при ветре, дующем перпендикулярно линии AB . Скорость самолёта относительно воздуха равна 100 м/с, а скорость ветра 20 м/с. Какова скорость самолёта относительно земли?

4. Теплоход плывёт в море на восток со скоростью $\vec{v}_1$, а танкер плывёт на запад со скоростью $\vec{v}_2$. В начальный момент расстояние между судами равно L . Через промежуток времени t расстояние между судами оказалось минимальным.

а) Изобразите на чертеже взаимное расположение судов в начальный момент.

б) Найдите минимальное расстояние между судами.

5. Лодка должна переправиться на другой берег реки. На переправу по кратчайшему пути требуется 15 мин, а для переправы за кратчайшее время требуется 12 мин. Чему равно отношение скорости течения к скорости лодки относительно воды?

6. Антон и Борис отплывают на одинаковых лодках одновременно из одной точки на берегу реки шириной 400 м. Скорость течения реки составляет 0,6 от скорости лодки относительно воды. Антон проплывает 400 м вдоль берега и возвращается обратно, а Борис доплывает до точки, находящейся на другом берегу напротив начальной точки, и возвращается обратно. У кого ушло больше времени на путешествие? Во сколько раз больше?

7. Автомобиль подъезжает к перекрёстку со скоростью 15 м/с. К тому же перекрёстку приближается мотоцикл со скоростью 20 м/с. Скорость мотоцикла направлена перпендикулярно скорости автомобиля. Какова скорость мотоцикла относительно автомобиля?

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

8. По реке шириной 300 м плывут лодка и плот. Скорость лодки относительно плота равна 4 км/ч и направлена перпендикулярно берегу. Скорость течения равна 3 км/ч. Найдите:

а) модуль скорости лодки относительно берега;

б) угол между скоростью течения и скоростью лодки относительно берега;

в) время переправы;

г) модуль перемещения лодки относительно берега за время переправы;

д) модуль перемещения лодки относительно плота.

9. Из Москвы до Новосибирска самолёт при боковом ветре пролетел за 4 ч. Обратно при попутном ветре, дующем с той же по модулю скоростью, самолёт летел 3 ч 36 мин. Каково время перелёта в безветренную погоду? Скорость самолёта относительно воздуха остаётся постоянной.

10. Проезжая на мотоцикле точку A , спортсмен должен поразить неподвижную цель B (рис. 9.1). Скорость мотоцикла 72 км/ч , скорость пули 600 м/с . Под каким углом к линии AB должен целиться спортсмен?

11. Такси и автобус едут к перекрёстку по дорогам, пересекающимся под прямым углом. Скорость такси v_t , скорость автобуса v_a . Автобус проезжает перекрёсток спустя время t после такси.

а) Чему равен модуль скорости такси относительно автобуса?

б) Чему равно минимальное расстояние между такси и автобусом?

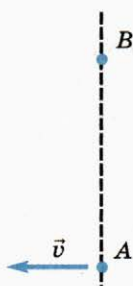


Рис. 9.1

§ 10. «СЕКРЕТЫ» ПРЯМОЛИНЕЙНОГО РАВНОУСКОРЕННОГО ДВИЖЕНИЯ¹

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

1. Автомобиль разгоняется с места в течение 10 с . В конце разгона скорость автомобиля равна 30 м/с . Какова была средняя скорость автомобиля? Какой путь проехал автомобиль?

2. Тело на некоторой планете свободно падало с высоты 100 м без начальной скорости. Какова была средняя скорость во время падения и сколько времени длилось падение, если при ударе скорость тела равна 40 м/с ? Чему равно ускорение свободного падения на этой планете?

3. Санки спускались с горы длиной 60 м в течение 20 с . Какова средняя скорость санок? Какова скорость санок в конце спуска? С каким ускорением двигались санки? Начальная скорость санок равна нулю.

4. Поезд, двигаясь равноускоренно, проехал участок 1 км за 1 мин . В начале участка скорость поезда была равна 40 км/ч . Чему равна скорость поезда в конце участка?

5. Автомобиль на участке длиной 30 м разгонялся с ускорением 2 м/с^2 . Каковы его начальная и конечная скорость, если он проехал этот участок за 3 с ?

6. Электричка проехала от одной станции до другой за 1 мин . Какой была её максимальная скорость, если всё вре-

¹ При решении задач этого параграфа считайте, что, когда скорость тела изменяется, оно движется с постоянным ускорением.

мя движения ушло на торможение и разгон, в течение которых электричка двигалась равноускоренно, а расстояние между станциями равно 1 км? При разгоне и торможении электричка двигалась с различными по модулю ускорениями.

7. Автомобиль проехал мимо одного километрового столба со скоростью 15 м/с, а мимо следующего — со скоростью 25 м/с. Сколько времени он ехал от одного столба до другого, если он двигался равноускоренно?

8. За первую секунду разгона автомобиль проехал 2 м. Какое расстояние он проехал за пятую секунду разгона, двигаясь с постоянным ускорением?

9. Вдоль наклонной плоскости длиной 90 см шарик скатился за 3 с. Какой путь проходил шарик за каждую секунду движения?

10. Автомобиль движется равноускоренно с начальной скоростью. В течение первой секунды он проехал 10 м, а в течение первых двух секунд — 22 м. Какое расстояние он проехал за 3 с?

11. При торможении игрушечный автомобиль проходит за пятую секунду 5 м и останавливается. Какой путь он прошёл за третью секунду?

12. За последнюю секунду свободного падения тело пролетело 35 м. Какова скорость тела в момент падения? Сколько времени длилось падение? Какова начальная высота тела?

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

13. Электричка проехала от одной станции до другой за 2 мин. Расстояние между станциями 2 км. При этом половину времени электричка ехала равномерно, а остальное время ушло на разгон и торможение, в течение которых электричка двигалась равноускоренно, но с разными по модулю ускорениями. Какова скорость равномерного движения?

14. Автомобиль тормозит с постоянным ускорением. Средняя скорость автомобиля за первые две секунды торможения в 1,5 раза больше, чем его средняя скорость за следующие две секунды. Через какое время после начала торможения автомобиль остановится?

15. Шарик, свободно падая без начальной скорости, проходит начальный участок пути некоторой длины за время t , а

конечный участок той же длины — за время $\frac{\tau}{n}$. С какой высоты H падает шарик?

16. За промежуток времени τ непосредственно перед ударом о землю свободно падающий без начальной скорости шарик пролетел расстояние, которое в n раз меньше начальной высоты. Чему равно время t падения шарика?

17. За последнюю секунду свободно падающее без начальной скорости тело пролетело путь, в n раз больший, чем за предпоследнюю.

- Сколько времени длилось падение?
- С какой высоты падало тело?

18. За последнюю секунду свободного падения тело пролетело 20 м. Какова скорость тела в момент падения? Сколько времени длилось падение? Какова начальная высота тела?

§ 11. ДВИЖЕНИЕ ТЕЛА, БРОШЕННОГО ГОРИЗОНТАЛЬНО И ПОД УГЛОМ К ГОРИЗОНТУ¹

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

1. С вершины крутого обрыва высотой h горизонтально бросают камень. Камень падает на землю на расстоянии l от основания обрыва.

- Чему равно время движения тела?
- Чему равна скорость броска?
- С какой скоростью камень упал на землю?
- Чему равен тангенс угла между скоростью камня непосредственно перед ударом о землю и вертикалью?

2. Стрелок держит винтовку на высоте 1 м от земли и стреляет горизонтально. Пуля попадает в маленькую мишень, находящуюся на расстоянии 200 м от стрелка. Скорость пули 800 м/с. На какой высоте от земли находится мишень?

3. Самолёт летит горизонтально на высоте H с постоянной скоростью v_1 . С самолёта нужно сбросить груз на корабль, движущийся встречным курсом со скоростью v_2 . На каком расстоянии от корабля по горизонтали лётчик должен сбросить

¹ При решении задач этого параграфа считайте, что сопротивлением воздуха можно пренебречь.

груз? Скорость груза относительно самолёта в момент сбрасывания равна нулю.

4. Тело брошено горизонтально с высоты h (рис. 11.1). Уравнение траектории тела имеет вид $y = 20 - 0,05x^2$. Чему равна дальность полёта тела? Какова начальная скорость тела?

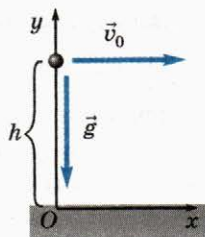


Рис. 11.1

5. Дальность полёта тела, брошенного горизонтально со скоростью 10 м/с, равна высоте, с которой брошено тело. Чему равна эта высота?

6. Камень брошен со скоростью 20 м/с под углом 60° к горизонту.

а) Чему равна проекция начальной скорости камня на горизонтально направленную ось x ?

б) Чему равна проекция начальной скорости камня на направленную вертикально вверх ось y ?

в) Запишите уравнения зависимости $x(t)$ и $y(t)$.

г) Запишите уравнение траектории камня $y(x)$.

д) Сколько времени камень находился в полёте?

е) Чему равна максимальная высота подъёма?

ж) Чему равна дальность полёта камня?

7. Футбольный мяч лежал на расстоянии 6,4 м от забора. После удара по мячу он перелетел забор, коснувшись его в верхней точке траектории. Какова начальная скорость мяча, если он коснулся забора через 0,8 с после броска?

8. Под каким углом α к горизонту необходимо бросить тело, чтобы максимальная высота подъёма была вдвое меньше дальности бросания?

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

9. Стоящий на земле вертикальный цилиндр высотой H заполнен водой. На какой высоте надо сделать отверстие в стенке цилиндра, чтобы дальность полёта вытекающей из отверстия струи воды была наибольшей? Чему она равна? Примите, что начальная скорость струи направлена горизонтально и равна $\sqrt{2gh}$, где h — глубина, на которой сделано отверстие (считая от уровня воды в цилиндре). Понижением уровня воды в цилиндре при истечении воды можно пренебречь.

10. Мяч, брошенный одним игроком другому под углом к горизонту со скоростью 20 м/с, достиг максимальной высоты через секунду после броска. На каком расстоянии находились игроки?

11. Из одной и той же точки с поверхности земли брошены два камня. Первый упал на землю на расстоянии l , а второй — на расстоянии $3l$ от точки бросания. Под каким углом к горизонту был брошен первый камень, если второй камень брошен под углом 30° , а высота подъёма у них одинакова?

12. Мяч брошен со скоростью 22 м/с под углом 60° к горизонту.

а) Через какой промежуток времени после броска скорость мяча будет направлена под углом 45° к горизонту?

б) Чему равна скорость мяча, когда она направлена под углом 45° к горизонту?

в) На какой высоте скорость мяча будет направлена под углом 45° к горизонту?

г) На каком расстоянии по горизонтали от точки бросания скорость мяча будет направлена под углом 45° к горизонту?

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

14. Из шланга бьёт струя воды со скоростью 10 м/с под углом 30° к горизонту (рис. 11.2). Определите массу воды, находящейся в воздухе, если площадь поперечного сечения шланга 3 см^2 .



Рис. 11.2

15. Какое максимальное расстояние по горизонтали может пролететь мяч, брошенный с начальной скоростью 20 м/с в спортивном зале высотой 8 м, не ударившись о потолок?

16. С башни высотой 25 м брошен камень со скоростью 15 м/с вверх под углом 30° к горизонту.

а) Сколько времени камень будет находиться в полёте?

б) На каком расстоянии от основания башни камень упадёт на землю?

в) С какой скоростью камень упадёт на землю?

17. Два тела, брошенные с поверхности земли из одной точки с одной и той же по модулю скоростью под разными углами к горизонту, попали в одну и ту же точку на поверхности земли. Первое тело достигло высоты $h_1 = 5$ м, а второе — высоты $h_2 = 20$ м.

а) Чему равна сумма углов α_1 и α_2 , образованных начальными скоростями тел с горизонтом?

б) До какой высоты h поднялось бы тело, если бросить его с той же начальной скоростью вертикально вверх?

в) Чему равна дальность l полёта тел?

г) Чему равна максимальная дальность полёта $l_{\max}$ с той же начальной скоростью?

§ 12. ОТНОСИТЕЛЬНОЕ ДВИЖЕНИЕ БРОШЕННЫХ ТЕЛ.

ОТСКОК ОТ НАКЛОННОЙ ПЛОСКОСТИ¹

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

1. С крыши высокого дома одна за другой упали две капли с промежутком 1 с. Каково расстояние между каплями через 3 с после начала падения второй капли?

2. Яблоко начинает свободно падать с высоты 100 м. В тот же момент из пружинного пистолета, расположенного на поверхности земли, стреляют в яблоко вертикально вверх. Начальная скорость пули 50 м/с. Через какое время после выстрела пуля попадёт в яблоко? На какой высоте это произойдёт?

3. Шарик брошен вертикально вверх с начальной скоростью 20 м/с. В момент, когда он достиг высшей точки, из той же начальной точки с той же начальной скоростью бросили второй шарик. Через какое время и на какой высоте шарики столкнутся?

4. Тело бросили горизонтально со скоростью v_0 со склона, образующего угол α с горизонтом (рис. 12.1).

а) Через какой промежуток времени t тело упало на поверхность склона?

б) На каком расстоянии s от начальной точки упало тело?

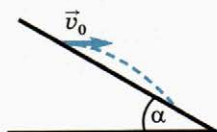


Рис. 12.1

¹ При решении задач этого параграфа считайте, что сопротивлением воздуха можно пренебречь.

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

5. Яблоко начинает свободно падать с высоты H . В тот же момент из пружинного пистолета, расположенного на поверхности земли на расстоянии L от яблока, стреляют в яблоко под углом к горизонту. Начальная скорость пули v_0 . Под каким углом к горизонту надо прицелиться, чтобы попасть в яблоко? При какой скорости пули она сможет попасть в яблоко до его падения на землю?

6. Упругое тело падает с высоты h на наклонную плоскость и отскакивает от неё так, что модуль скорости тела остаётся неизменным, а угол отражения равен углу падения (углы отсчитываются от перпендикуляра к плоскости). Чему равен промежуток времени между первым и вторым ударами? Как это время зависит от угла наклонной плоскости?

7. С высоты 30 м свободно падает стальной шарик. При падении он сталкивается с неподвижной плитой, плоскость которой наклонена под углом 30° к горизонту, и взлетает на высоту 15 м над поверхностью земли. При ударе шарика о плиту модуль скорости шарика не изменился; угол отражения равен углу падения. Чему равно время падения шарика до удара о плиту? На какой высоте над землёй шарик ударился о плиту?

8. Шарик свободно падает на наклонную плоскость без начальной скорости и дважды отскакивает от неё (рис. 12.2). Расстояние между точками первого и второго ударов шарика о плоскость равно s . Угол наклона плоскости α . Считайте, что при каждом ударе шарика о плоскость угол отражения равен углу падения, а модуль скорости шарика не изменяется. Найдите расстояние H , которое пролетел шарик до первого удара о плоскость.

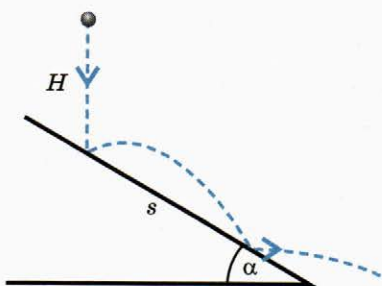


Рис. 12.2

§ 13. ТРИ ЗАКОНА НЬЮТОНА¹

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

1. Парашютист спускается вертикально с постоянной скоростью, равной 3 м/с. Чему равна равнодействующая сил, действующих на парашютиста?

2. По гладкому столу скользит брусок. За первую секунду он проходит 50 см. Какой путь пройдёт брусок за следующие 2 с?

3. К материальной точке приложены силы, равные по модулю 3 Н и 4 Н. Чему равна их равнодействующая, если:

- а) силы направлены одинаково?
- б) силы направлены противоположно?
- в) силы направлены под углом 90° друг к другу?

4. Равнодействующая двух сил, направленных вдоль одной прямой, равна 30 Н. Чему может быть равен модуль второй силы, если модуль первой силы равен 20 Н?

5. Составьте задачу, согласно условию которой:

- а) сила, равная 1 Н, действует на тело массой 200 г;
- б) тело массой 2 т движется с ускорением $0,2 \text{ м/с}^2$;
- в) сила 300 кН сообщает телу ускорение $0,25 \text{ м/с}^2$.

6. Чему может быть равно ускорение тела массой 2 кг, если к нему приложены силы, равные 2 Н и 4 Н, направленные вдоль одной прямой?

7. На тело массой 3 кг, которое в начальный момент покоилось, действует сила, равная 9 Н, в течение 5 с. Чему стала равна скорость тела в конце пятой секунды?

8. Тележка с грузом общей массой 9 кг движется прямолинейно в одном направлении. Чему равна равнодействующая приложенных к тележке сил, если её скорость за 2 с изменилась на 4 м/с?

9. Тележка массой 10 кг под действием некоторой силы движется с ускорением 6 м/с^2 . С каким ускорением будет двигаться эта тележка под действием той же силы, если на тележку положить груз массой 2 кг?

¹ В этом параграфе скорости тел задаются в инерциальной системе отсчёта, если иное не оговорено.

10. Сила $\vec{F}$ сообщает телу массой m ускорение, равное по модулю a . Чему будет равно по модулю ускорение тела массой $\frac{m}{2}$, если приложить к нему силу $3\vec{F}$?

11. Земля притягивает к себе падающий мяч с силой, равной 5 Н. С какой силой этот мяч притягивает к себе Землю, когда он: а) лежит на траве? б) летит вверх?

12. Масса Солнца примерно в 300 000 раз больше массы Земли. Означает ли это, что Солнце притягивает Землю с силой, которая в 300 000 раз больше, чем сила, с которой Земля притягивает Солнце?

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

13. На рисунке 13.1 изображён график зависимости модуля скорости вагона от времени. В какие промежутки времени равнодействующая приложенных к вагону сил была равна нулю?

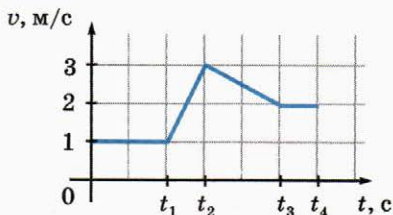


Рис. 13.1

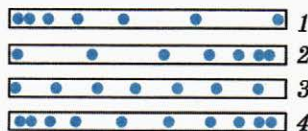


Рис. 13.2

14. На рисунке 13.2 изображены последовательные положения материальной точки через равные промежутки времени. Как изменялась её скорость в каждом из этих случаев? В каком случае равнодействующая приложенных к материальной точке сил: а) равна нулю? б) постоянна и не равна нулю? в) не постоянна?

15. Каким может быть модуль равнодействующей двух сил, равных 40 Н и 30 Н?

16. К телу приложены силы $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$, причём $F_1 = 30$ мН и $F_2 = 50$ мН. Чему равен модуль их равнодействующей, если угол между силами 60° ?

17. Чтобы сдвинуть с места застрявший автомобиль, его привязывают к дереву длинной верёвкой, которую затем сильно натягивают при помощи специального приспособления (лебёдки). Прикладывая после этого к середине верёвки силу,

перпендикулярную верёвке, человек может сдвинуть автомобиль с места. Почему это возможно? Сделайте пояснительный чертёж.

18. На рисунке 13.3 (вид сверху) изображены три горизонтально направленные силы, действующие на тело массой 5 кг, находящееся на гладком столе. Чему равно ускорение тела, если $F_1 = 1 \text{ Н}$?

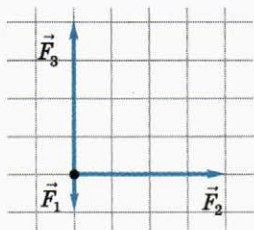


Рис. 13.3

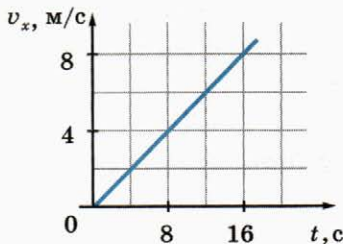


Рис. 13.4

19. На рисунке 13.4 изображён график зависимости проекции скорости от времени для автомобиля массой 2 т, движущегося вдоль оси x . Чему равна равнодействующая приложенных к автомобилю сил?

20. Тормозной путь автомобиля при скорости 72 км/ч равен 40 м. Чему равна равнодействующая всех сил, действующих на автомобиль во время торможения, если его масса 2,2 т?

21. Два динамометра, соединённые друг с другом, тянут в разные стороны с силами по 2 Н. Каковы показания каждого динамометра?

22. Миша и Петя тянут в противоположные стороны верёвку, каждый с силой 200 Н. А Денис тянет, с силой тоже 200 Н, верёвку, привязанную к столбу. Какая верёвка натянута сильнее?

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

23. Одна и та же сила сообщает одному телу ускорение $a_1 = 20 \text{ м/с}^2$, а другому — ускорение $a_2 = 30 \text{ м/с}^2$. Какое ускорение сообщит эта же сила данным телам, соединённым вместе?

24. На покоящуюся баржу, привязанную к берегу реки канатом длиной 10 м, действуют со стороны текущей воды сила, направленная вдоль берега и равная 400 Н, а также сила со

стороны воздуха, равная 300 Н, обусловленная ветром, дующим с берега перпендикулярно берегу. С какой силой натянут канат? На каком расстоянии от берега расположено крепление каната к барже?

25. Если на некоторое покоящееся тело будет действовать первая сила, то оно за 5 с пройдёт путь 100 м, а если только вторая, то за 3 с оно пройдёт 27 м. С каким ускорением будет двигаться это тело, если на него будут действовать первая и вторая силы одновременно, причём силы будут направлены противоположно?

§ 14. ВСЕМИРНОЕ ТЯГОТЕНИЕ¹

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

1. Сравните силы, действующие на Землю со стороны Луны и на Луну со стороны Земли.

2. Чему равна сила всемирного тяготения между двумя однородными шарами массой по 2 кг каждый, если расстояние между их центрами равно 10 м?

3. Как надо изменить расстояние между двумя материальными точками, чтобы сила их взаимного притяжения: уменьшилась в 4 раза; увеличилась в 9 раз?

4. Два зелёных шара массой m каждый притягиваются с силой F . А два синих шара равной массы, центры которых находятся на таком же расстоянии друг от друга, как центры зелёных шаров, притягиваются с силой $36F$. Во сколько раз масса синего шара больше массы зелёного шара?

5. Какова сила гравитационного притяжения между двумя самолётами массой по 50 т (рис. 14.1) в тот момент, когда они находятся на расстоянии 100 м друг от друга?

6. Два вагона массой по 80 т каждый притягиваются с силой, равной 0,17 мН. Чему равно расстояние между этими вагонами?



Рис. 14.1

¹ Орбиты планет и Луны считайте круговыми.

7. Какой должна быть масса каждого из двух одинаковых кораблей, чтобы на расстоянии 1 км они притягивались с силой 1 мН?

8. С какой скоростью движется Земля вокруг Солнца?

9. Во сколько раз период обращения Юпитера вокруг Солнца больше продолжительности земного года? Расстояние от Солнца до Юпитера равно 778 млн км.

10. Чему равно ускорение свободного падения на расстоянии 9600 км от поверхности Земли?

11. Радиус Марса 3380 км, а ускорение свободного падения на его поверхности $3,86 \text{ м/с}^2$. Чему равна первая космическая скорость для этой планеты?

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

12. Сравните силы притяжения Луны к Земле и Луны к Солнцу. При расчётах примите, что масса Солнца в 300 000 раз больше массы Земли, а расстояние от Земли до Солнца в 400 раз больше, чем расстояние от Земли до Луны.

13. Чему равна сила тяготения, которая действует на тело массой 4 кг, поднятое над Землёй на высоту, равную трети земного радиуса?

14. На каком расстоянии от центра Земли должен находиться космический корабль, чтобы силы, с которыми его притягивают Земля и Луна, уравновешивали друг друга? При расчётах примите, что масса Луны в 81 раз меньше массы Земли, а среднее¹ расстояние между центрами Земли и Луны в 60 раз больше радиуса Земли.

15. Во сколько раз уменьшилась сила притяжения космонавта к Земле, когда стартовавший с Земли космический корабль поднялся над Землёй на высоту, равную диаметру Земли?

16. Радиус орбиты Нептуна примерно в 30 раз больше радиуса орбиты Земли.

а) Чему примерно равна скорость Нептуна?

б) Чему равен период обращения Нептуна вокруг Солнца?

17. Вычислите ускорение Луны в системе отсчёта, связанной с Землёй. Орбиту Луны считайте круговой.

¹ Расстояние от Земли до Луны изменяется от 363 тыс. км до 406 тыс. км.

18. На рисунке 14.2 приведены фотографии Земли и Юпитера в одном масштабе. Чему равно ускорение свободного падения вблизи поверхности Юпитера, если его масса в 317 раз больше массы Земли?



Рис. 14.2

19. Ракета подняла груз массой 6 т на высоту 1000 км над поверхностью Земли. Насколько уменьшилась при подъёме действующая на груз сила тяжести?

20. Какова первая космическая скорость для планеты, масса и радиус которой в 2 раза больше, чем у Земли?

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

21. Перенесите приведённую ниже таблицу в тетрадь и заполните пустые ячейки, используя третий закон Кеплера. Расстояние от планеты до Солнца приведено в астрономических единицах¹.

Планета	Меркурий	Венера	Земля	Марс	Юпитер	Сатурн	Уран	Нептун
Расстояние до Солнца	0,4	?	1,0	1,5	?	?	19	30
Период обращения	?	0,6	1,0	?	12	30	?	?

22. С орбитальной станции, вращающейся вокруг Луны по круговой орбите, посылают снаряд так, что его начальная скорость относительно Луны равна нулю. За первые 10 с полёта высота снаряда над поверхностью Луны уменьшилась на 70 м. Какова высота орбиты станции над поверхностью Луны?

23. Во сколько раз период обращения спутника по круговой орбите на высоте, равной радиусу планеты, больше периода обращения спутника, движущегося вокруг той же планеты по низкой орбите (высота которой над поверхностью планеты намного меньше радиуса планеты)?

¹ Одна астрономическая единица равна среднему расстоянию от Земли до Солнца (примерно 150 млн км).

§ 15. СИЛЫ УПРУГОСТИ¹

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

1. Чему равна сила упругости, действующая со стороны пружины жёсткостью 500 Н/м, если удлинение пружины равно 2 мм?

2. При растяжении пружины на 5 см возникает сила упругости 2 Н. Чему равна жёсткость пружины?

3. Груз массой 100 г равномерно поднимают с помощью пружины жёсткостью 100 Н/м. Насколько при этом растянута пружина?

4. Чтобы растянуть пружину на 2 см, надо приложить силу 30 Н. Какую силу надо приложить, чтобы растянуть ту же пружину на 6 см?

5. Жёсткость пружины 900 Н/м. Груз какой массы надо подвесить к пружине, чтобы она растянулась на 3 см?

6. В таблице приведены результаты измерений модуля F силы упругости пружины и модуля x её удлинения. Чему равна жёсткость пружины?

F , Н	0	0,5	1	1,5	2,0	2,5
x , см	0	1	2	3	4	5

7. К находящемуся на гладком столе кубику прикреплены две горизонтальные пружины жёсткостью $k_1 = 300$ Н/м и $k_2 = 600$ Н/м соответственно (рис. 15.1). Первая пружина прикреплена к стене, а ко второй пружине приложена горизонтально направленная сила $\vec{F}$. Все тела покоятся. Чему равно удлинение второй пружины, если удлинение первой пружины равно 4 см?

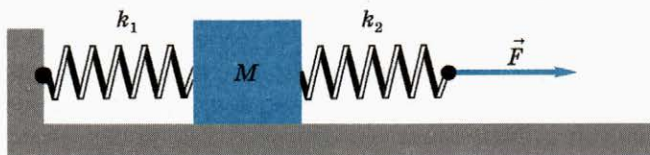


Рис. 15.1

¹ При решении задач этого параграфа массой пружин можно пренебречь.

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

8. К пружине длиной l_0 и жёсткостью k подвесили груз массой m . Какие величины можно найти из этих данных? Напишите формулы, выражающие эти величины через l_0 , k , m .

9. При сжатии пружины на 5 мм возникает сила упругости 10 кН. Во сколько раз возрастёт эта сила, если сжать пружину ещё на 15 мм?

10. На рисунке 15.2 приведён график зависимости длины пружины от модуля приложенной к ней силы. Чему равна жёсткость пружины?

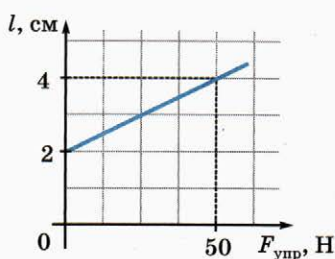


Рис. 15.2

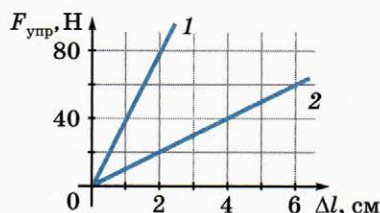


Рис. 15.3

11. На рисунке 15.3 приведены графики зависимости модуля силы упругости от деформации для двух пружин. Жёсткость какой пружины больше? Во сколько раз?

12. На рисунке 15.4 приведён график зависимости модуля силы упругости пружины от её деформации. Какую силу надо приложить, чтобы растянуть пружину ещё на 10 см по сравнению с максимальной деформацией, отражённой на графике?

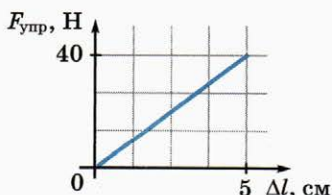


Рис. 15.4

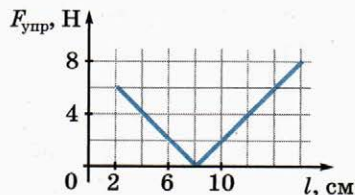


Рис. 15.5

13. На рисунке 15.5 изображён график зависимости модуля силы упругости пружины от длины пружины.

а) Чему равна длина недеформированной пружины?

б) Чему равна жёсткость пружины?

14. На рисунке 15.6 изображён школьный динамометр. Груз какой массы надо подвесить к пружине, чтобы она растянулась на 5 см?

15. К пружине подвешена гиля массой 0,6 кг. Жёсткость пружины 300 Н/м. Чему равно удлинение пружины при подъёме гири с направленным вверх ускорением, равным 5 м/с²?

16. Две пружины жёсткостью 0,3 кН/м и 0,8 кН/м соединены последовательно. На сколько сантиметров растянулась первая пружина, если вторая растянулась на 1,5 см?

17. К двум одинаковым пружинам, соединённым один раз последовательно, а другой раз параллельно, подвешивают один и тот же груз массой 1 кг. Чему равно общее удлинение пружин в первом и втором случаях, если жёсткость каждой пружины 100 Н/м?

18. Пружину жёсткостью 100 Н/м разрезали на четыре равные части и соединили их параллельно. Какова жёсткость образовавшейся системы пружин?



Рис. 15.6

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

19. К нижнему концу пружины подвешены связанные нитью грузы (рис. 15.7). Массы грузов $m_1 = 0,2$ кг и $m_2 = 0,1$ кг. Соединяющую грузы нить пережигают. С каким ускорением начнёт двигаться верхний груз? Как оно будет направлено?

20. Шарик массой m , прикрепленный пружиной жёсткостью k к вертикальной оси, движется в горизонтальной плоскости по окружности радиуса R со скоростью v (рис. 15.8, вид сверху). Чему равна длина недеформированной пружины?

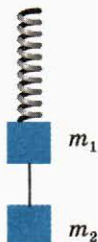


Рис. 15.7

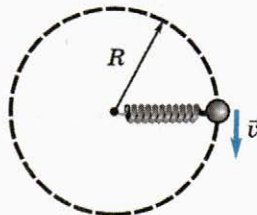


Рис. 15.8

21. Вертикально расположенная пружина соединяет два груза (рис. 15.9). Масса верхнего груза 2 кг, нижнего 3 кг. Когда система подвешена за верхний груз, длина пружины 10 см. А если нижний груз лежит на опоре, то длина пружины 4 см. Чему равна длина недеформированной пружины?



Рис. 15.9

22. Между находящимся на гладком столе бруском и вертикальными упорами укреплены пружины жёсткостью 200 Н/м и 800 Н/м (рис. 15.10). В начальном состоянии пружины не деформированы. Когда брусок сдвинули вправо на некоторое расстояние, равнодействующая приложенных к нему сил стала равной 2000 Н. Насколько сдвинули брусок?



Рис. 15.10

§ 16. ВЕС И НЕВЕСОМОСТЬ

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

1. Тело покоится вблизи поверхности земли. Каков его вес, если масса тела равна 30 г? 50 кг? 0,5 т?

2. Тело покоится вблизи поверхности земли. Какова масса тела, если его вес равен 4 Н? 7 кН?

3. В цистерне поливочной машины находится вода. Насколько уменьшится вес машины после того, как для поливки улиц будет израсходовано 200 л воды?

4. Скоростной лифт Эйфелевой башни движется с ускорением $0,5 \text{ м/с}^2$, направленным вверх. Чему равен вес туриста массой 60 кг в этом лифте?

5. Груз массой 100 кг поднимают вертикально вверх с помощью троса. Ускорение груза направлено вверх и равно 2 м/с^2 .

а) Чему равна и как направлена равнодействующая сил, приложенных к грузу?

б) Какие силы действуют на груз? Как они направлены и чему они равны?

в) Во сколько раз вес груза при ускоренном подъёме больше силы тяжести?

6. Космическая ракета при старте с поверхности Земли движется вертикально с ускорением 20 м/с^2 , направленным вверх.

а) Чему равен вес лётчика-космонавта в кабине, если его масса 80 кг ?

б) Чему равна кратность перегрузки?

7. Металлический контейнер при разгрузке парохода сорвался с подъёмного крана и падает в воду. Чему равен вес груза в контейнере во время падения?

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

8. Полый куб с длиной ребра 1 м заполнен жидкостью. Какая это может быть жидкость, если её вес равен 8 кН ?

9. При подъёме тела массой m вес тела увеличивается в n раз. Время подъёма равно t , начальная скорость тела равна нулю. Какие величины можно найти из этих данных? Напишите формулы, выражающие эти величины через m , t и n .

10. Тело, подвешенное на нити, поднимают с направленным вверх ускорением 2 м/с^2 . При этом натяжение нити равно 6 Н . Чему равна масса тела?

11. Вес вертикально движущегося тела массой 10 кг равен 40 Н .

а) Куда направлено ускорение?

б) Чему равен модуль ускорения?

в) Можно ли указать направление скорости тела?

12. Вес тела в 2 раза больше действующей на тело силы тяжести.

а) Как направлено ускорение тела?

б) Чему равно ускорение тела?

в) Имеет ли значение направление скорости тела?

13. Из шахты с помощью каната начали поднимать груз массой 100 кг . За 5 с его подняли на $7,5 \text{ м}$. Найдите силу натяжения каната, считая, что груз движется с постоянным ускорением.

14. С каким максимально возможным ускорением можно поднимать груз массой 500 кг с помощью троса, который выдерживает максимальную силу натяжения 15 кН ?

15. Автомобиль массой 5 т едет по выпуклому мосту со скоростью 36 км/ч. Радиус кривизны моста равен 50 м.

- а) С какой силой автомобиль давит на середину моста?
- б) С какой минимальной скоростью должен двигаться автомобиль, чтобы он не давил на мост в верхней точке?

16. Самолёт движется в вертикальной плоскости по окружности радиусом 1000 м. Скорость самолёта в нижней точке 300 м/с. Чему равна при этом кратность перегрузки?

17. По какой траектории должен лететь современный самолёт для того, чтобы можно было воспроизвести невесомость?

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

18. С какой силой давит гонщик массой 70 кг на кресло гоночного автомобиля на повороте по дуге горизонтальной окружности радиусом 500 м, если скорость автомобиля равна 200 км/ч?

19. К пружине подвешен груз массой 200 г. Груз поднимают до такой высоты, чтобы пружина стала недеформированной, и отпускают без толчка. Груз начинает совершать вертикальные колебания на пружине, отклоняясь вверх и вниз от положения равновесия на равные расстояния. Чему равен вес груза:

- а) в момент, когда груз отпустили?
- б) при прохождении положения равновесия?
- в) при максимальном растяжении пружины?

20. Точка подвеса пружины жёсткостью 300 Н/м, к которой подвешена гиля массой 0,8 кг, движется вверх с постоянным ускорением. При этом удлинение пружины постоянно. Начальная скорость гири направлена вверх и равна 3 м/с. За 1 с гиля прошла путь 2 м. Чему равно удлинение пружины?

§ 17. СИЛЫ ТРЕНИЯ

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

1. Чтобы равномерно перемещать по столу брусок массой 2 кг, к нему надо прикладывать горизонтально направленную силу 8 Н. Какую силу надо будет прикладывать для равномерного перемещения этого бруска, если положить на него ещё два таких же?

2. Чтобы равномерно перемещать брусок массой 400 г по столу, к бруску надо прикладывать горизонтально направленную силу 1 Н. Чему равна сила нормальной реакции, действующая на брусок со стороны стола? Есть ли в условии лишние данные?

3. По полу равномерно перемещают ящик массой 8 кг, прикладывая к нему горизонтально направленную силу, равную 24 Н.

- Чему равна действующая на ящик сила трения?
- Чему равна действующая на пол сила трения?
- Каков коэффициент трения между ящиком и полом?

4. Брусок равномерно движется по столу под действием горизонтальной силы, равной 6 Н. Коэффициент трения между столом и бруском равен 0,3. Чему равна сила нормальной реакции, действующая на брусок?

5. Ученик равномерно перемещает деревянный брусок массой 300 г по горизонтальной поверхности с помощью динамометра. Каковы показания динамометра, если коэффициент трения между бруском и доской равен 0,3?

6. Фигурист массой 70 кг скользит по льду (рис. 17.1). Какая сила трения действует на фигуриста, если коэффициент трения скольжения между коньком и льдом равен 0,02?

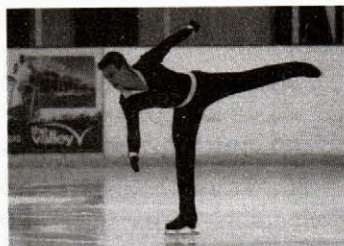


Рис. 17.1

7. На рисунке 17.2 приведены графики зависимости силы трения от силы нормальной реакции для двух тел 1 и 2, скользящих по горизонтальной поверхности. Чему равно отношение коэффициентов трения скольжения между телами и поверхностью?

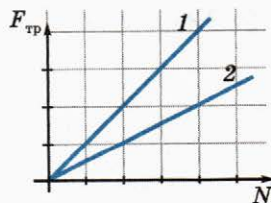


Рис. 17.2

8. На горизонтальном столе покоится брусок массой 500 г. Коэффициент трения между бруском и столом равен 0,3. К бруску прикладывают горизонтально направленную силу.

а) Сдвинется ли брусок с места, если модуль приложенной силы равен $0,5 \text{ Н}$?

б) Какую минимальную силу надо приложить к бруску, чтобы он начал двигаться?

в) Какую силу надо приложить к бруску, чтобы он начал двигаться равноускоренно?

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

9. Во сколько раз тормозной путь автомобиля на мокром асфальте больше, чем на сухом (при одинаковой начальной скорости автомобиля)? Для расчёта используйте средние значения коэффициентов трения скольжения.

10. Лежащему на льду камню сообщили скорость 2 м/с , после чего он скользил до остановки 10 м . Найдите коэффициент трения между камнем и льдом.

11. На краю стола длиной 1 м лежит монета массой 10 г (рис. 17.3). Коэффициент трения скольжения между монетой и столом равен $0,5$. Какую минимальную начальную скорость нужно сообщить монете, чтобы она соскользнула со стола? Есть ли в условии лишние данные?



Рис. 17.3

12. Скатившись с горки, санки движутся по горизонтальной поверхности. Зависимость координаты санок от времени при движении по горизонтальной поверхности выражается в единицах СИ формулой $x = 20 + 5t - 0,25t^2$.

а) Чему равна начальная скорость санок?

б) Чему равен коэффициент трения между полозьями санок и снегом?

13. При исследовании зависимости силы трения скольжения $F_{\text{тр}}$ от силы нормальной реакции N были получены данные, приведённые в таблице. Чему равен коэффициент трения скольжения?

$F_{\text{тр}}, \text{ Н}$	0,07	0,14	0,21	0,28
$N, \text{ Н}$	0,2	0,4	0,6	0,8

14. Какую горизонтально направленную силу надо приложить к телу массой 8 кг, лежащему на горизонтальной поверхности, чтобы сообщить ему ускорение 2 м/с^2 ? Коэффициент трения между телом и поверхностью равен 0,3.

15. К лежащему на горизонтальном столе бруску массой 3 кг прикладывают горизонтально направленную силу, равную по модулю F . Коэффициент трения между бруском и столом равен 0,6. Чему равна действующая на брусок со стороны стола сила трения, если $F = 12 \text{ Н}$? $F = 20 \text{ Н}$?

16. С каким максимальным ускорением может двигаться по сухому асфальту джип со всеми ведущими колёсами, если коэффициент трения скольжения между колёсами и сухим асфальтом равен 0,6?

17. Какова максимальная масса саней с брёвнами, которые может тянуть тягач массой 2 т со всеми ведущими колёсами по горизонтальной заснеженной дороге, если коэффициент трения между колёсами тягача и снегом равен 0,3, а коэффициент трения между полозьями саней и снегом равен 0,02?

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

18. К пружине жёсткостью 100 Н/м подвешен брусок массой 400 г. При этом брусок опирается о стол (рис. 17.4). Какую минимальную горизонтальную силу нужно приложить к бруску, чтобы сдвинуть его с места, если удлинение пружины равно 3 см, а коэффициент трения между бруском и столом 0,3?



Рис. 17.4

19. На столе покоится груз массой 10 кг, прикрепленный к стене пружиной жёсткостью 200 Н/м (рис. 17.5). Коэффициент трения между грузом и столом 0,4. В начальный момент пружина сжата на 10 см. Какую горизонтальную силу надо приложить, чтобы сдвинуть груз по столу вправо? влево? перпендикулярно пружине?



Рис. 17.5

20. К телу, покоящемуся на шероховатой горизонтальной поверхности, прикладывают горизонтальную силу, модуль которой зависит от времени согласно формуле $F = bt$. На рисунке 17.6 приведён график зависимости модуля ускорения тела от времени. Чему равен коэффициент трения между телом и поверхностью?

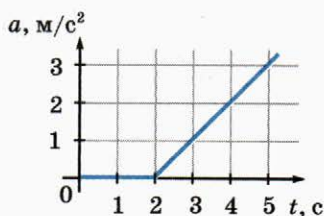


Рис. 17.6

§ 18. ПЛОТНОСТЬ ПЛАНЕТЫ. СУТОЧНОЕ ВРАЩЕНИЕ ПЛАНЕТЫ¹

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

1. Радиус планеты равен R , а её средняя плотность равна ρ . Считайте, что вращением планеты вокруг своей оси можно пренебречь. Какие величины можно найти из этих данных? Напишите формулы, выражающие эти величины через R , ρ , G .

2. На планете радиуса R камень падает с обрыва высотой h в течение времени t . Какова средняя плотность планеты?

3. Средняя плотность некоторой планеты равна средней плотности Земли, а радиус этой планеты в 2 раза меньше радиуса Земли. Чему равна первая космическая скорость для этой планеты?

4. Астронавты играют в футбол на планете радиуса R . Когда лежащий на поверхности планеты мяч поднимается после удара на высоту h , он находится в полёте в течение времени t . Чему равна первая космическая скорость v_1 для этой планеты?

5. Тело свободно падает без начальной скорости на планете, радиус которой в k раз больше радиуса Земли. При этом оно пролетает в n раз большее расстояние, чем пролетает за то же время тело, свободно падающее без начальной скорости вблизи поверхности Земли. Чему равно отношение средней плотности планеты к средней плотности Земли?

¹ В задачах этого параграфа под углом наклона имеется в виду угол наклона к горизонту, если иное не оговорено в условии.

6. Во сколько раз должна была бы уменьшиться продолжительность земных суток, чтобы тела на земном экваторе оказались в состоянии невесомости?

7. Масса некоторой планеты равна M , а её радиус равен R . Продолжительность суток на этой планете равна T . Чему равно отношение веса тела $P_{\text{э}}$ на экваторе планеты к весу этого же тела $P_{\text{п}}$ на полюсе?

8. Вес тела на полюсе планеты в n раз больше, чем на экваторе. Средняя плотность планеты ρ . Чему равен период T вращения планеты вокруг собственной оси?

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

9. Определите среднюю плотность планеты, если период её вращения вокруг своей оси равен $3 \cdot 10^4$ с, а вес тела на экваторе составляет 97 % от веса этого же тела на полюсе.

10. Поезд массой 3000 т едет с постоянной скоростью вдоль экватора Земли на восток. Когда он развернулся и поехал с той же скоростью на запад, его вес изменился на 24 кН. Увеличился или уменьшился вес поезда? Чему равна скорость поезда?

11. С космодрома, находящегося на земном экваторе, производят запуск искусственного спутника Земли. Найдите минимальную скорость относительно Земли для искусственного спутника с учётом суточного вращения Земли.

§ 19. ТЕЛО НА НАКЛОННОЙ ПЛОСКОСТИ¹

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

1. Бусинка скользит по гладкому стержню, составляющему угол 30° с вертикалью. Чему равно ускорение бусинки?

2. Тело скользит по гладкому наклонному жёлобу из состояния покоя и за 0,5 с проходит 1 м 8 см. Чему равен угол наклона жёлоба к горизонту?

3. Брусok после толчка скользит вверх по гладкой наклонной плоскости и через 2 с возвращается в начальную точку.

¹ В задачах этого параграфа под углом наклона имеется в виду угол наклона к горизонту, если иное не оговорено в условии.

Пройденный бруском путь равен 5 м. Чему равен угол наклона плоскости?

4. На гладкой наклонной плоскости, образующей угол 60° с горизонтом, находится тело массой 50 кг (рис. 19.1). К телу приложена горизонтально направленная сила, равная по модулю 200 Н.

а) С какой силой тело давит на плоскость?

б) Чему равна равнодействующая приложенных к телу сил?

в) Чему равно ускорение тела?

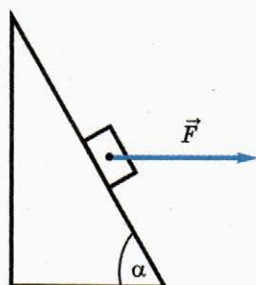


Рис. 19.1

5. На какую высоту надо поднять край гладкой доски длиной 2 м, чтобы по ней можно было равномерно поднимать груз массой 100 кг, прикладывая к нему силу 160 Н, направленную вдоль доски?

6. Лежащий на доске брусок начал скользить по доске, когда её наклонили на угол 35° к горизонту. Чему равен коэффициент трения между бруском и доской?

7. Брусок массой 10 кг находится на наклонной плоскости с углом наклона 30° . Коэффициент трения между бруском и плоскостью равен 0,6. Какую направленную вдоль наклонной плоскости силу надо приложить к бруску, чтобы:

а) сдвинуть его вдоль наклонной плоскости вниз?

б) сдвинуть его вдоль наклонной плоскости вверх?

8. Брусок начинает скользить по доске, когда её наклоняют на угол 30° к горизонту. За какое время этот брусок соскользнёт на 2 м вдоль доски, если наклонить её на угол 45° к горизонту?

9. Мальчик скатывается с ледяной горки длиной 18 м за 3 с. Угол наклона горки 30° . Чему равна сила трения между санками и горкой, если масса мальчика с санками 40 кг? Начальная скорость санок равна нулю.

10. На наклонную плоскость, образующую угол 30° с горизонтом, положили груз массой 1 кг. Коэффициент трения между грузом и плоскостью равен 0,3. Какую горизонтальную силу необходимо приложить к бруску, чтобы равномерно перемещать его вверх по наклонной плоскости?

11. Телу толчком сообщили скорость, направленную вверх вдоль наклонной плоскости. Высота наклонной плоскости 3 м, её длина 5 м, коэффициент трения 0,6. Во сколько раз модуль ускорения тела при его движении вверх больше, чем при движении вниз?

12. Вверх по наклонной плоскости с углом наклона 45° пущена шайба с начальной скоростью 12 м/с. Через некоторое время шайба останавливается и соскальзывает вниз. Коэффициент трения между шайбой и плоскостью равен 0,8. С какой скоростью шайба вернётся в исходную точку?

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

13. Гладкая наклонная плоскость пересекается с горизонтальной плоскостью по прямой AB (рис. 19.2). Угол между плоскостями $\beta = 30^\circ$. Маленькая шайба скользит вверх по наклонной плоскости из точки A с начальной скоростью 2 м/с, направленной под углом $\alpha = 60^\circ$ к прямой AB . На какое максимальное расстояние шайба удалится от прямой AB при подъёме по наклонной плоскости?

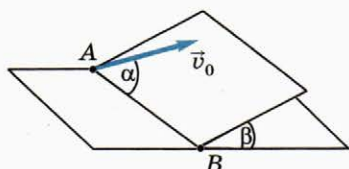


Рис. 19.2

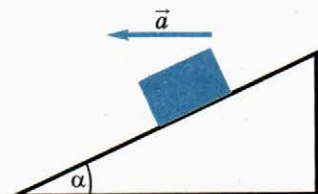


Рис. 19.3

14. По столу движется гладкий клин (наклонная плоскость) с углом наклона α (рис. 19.3). При этом брусок покоится относительно клина.

- Чему равно ускорение клина?
- Чему равна сила нормальной реакции, действующая на брусок?

15. Тело помещают первый раз на наклонную плоскость с углом наклона 30° , а второй раз — на наклонную плоскость с углом наклона 60° . Коэффициент трения между телом и плоскостью в обоих случаях равен 0,7. Чему равно отношение силы трения, действующей на тело во втором случае, к силе трения, действующей на тело в первом случае?

§ 20. ДВИЖЕНИЕ ПО ГОРИЗОНТАЛИ И ВЕРТИКАЛИ

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

1. Брусок массой 1 кг движется по столу с начальной скоростью 6 м/с. К бруску прикладывают силу, направление которой совпадает с направлением начальной скорости бруска. Коэффициент трения между бруском и столом равен 0,3. Чему будет равна скорость бруска через 5 с, если модуль силы равен: а) 2 Н? б) 3 Н? в) 4 Н?

2. К телу массой 2 кг, движущемуся по горизонтальной поверхности, приложена сила, равная по модулю 30 Н. Коэффициент трения между телом и поверхностью равен 0,3. Чему равна сила трения, действующая на тело, если эта сила:

- а) направлена вверх под углом 30° к горизонту?
- б) направлена вниз под углом 30° к горизонту?

3. По горизонтальной плоскости движется тело с постоянной скоростью. При этом к телу приложена сила, направленная вверх под углом 30° к горизонту. Чему равно отношение этой силы к силе тяжести, если коэффициент трения между телом и плоскостью равен 0,4?

4. Брусок тянут по горизонтальному столу, прикладывая силу 20 Н, направленную вверх под углом 30° к горизонту. Брусок движется равномерно и прямолинейно. Коэффициент трения между бруском и столом равен 0,3. Чему равна масса бруска?

5. К находящемуся на столе телу прикреплен на шарнире рукоятка, расположенная под углом 30° вверх к горизонту (рис. 20.1). Коэффициент трения между телом и столом равен 0,4. Чему равно отношение силы F_1 , которую надо прикладывать к рукоятке, чтобы равномерно толкать тело, к силе F_2 , которую надо прикладывать к рукоятке, чтобы равномерно тянуть тело по столу?

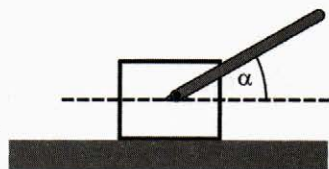


Рис. 20.1

6. Брусок массой M прижимают к потолку силой F , направленной под углом α к горизонту (рис. 20.2). При этом брусок остаётся неподвижным.

а) Чему равна действующая на брусок сила нормальной реакции?

б) Чему равна сила трения между бруском и потолком?

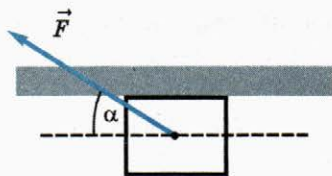


Рис. 20.2

7. Брусок массой 2 кг прижат к вертикальной стене силой, направленной вверх под углом 45° к вертикали. Коэффициент трения между бруском и стеной равен 0,4. При каком значении модуля силы F брусок будет двигаться по стене:

а) вертикально вверх с постоянной скоростью?

б) вертикально вниз с постоянной скоростью?

в) Под каким наименьшим углом к вертикали необходимо направить действующую на брусок силу, чтобы брусок нельзя было сдвинуть с места?

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

8. Брусок массой 2 кг покоится на горизонтальной поверхности. К нему прикладывают силу 7 Н, направленную вверх под углом α к горизонту. Коэффициент трения между бруском и поверхностью равен 0,3. Чему будет равно ускорение бруска, если: а) $\alpha = 30^\circ$? б) $\alpha = 60^\circ$?

9. Брусок массой 2 кг равномерно перемещают по столу, прикладывая силу, направленную вверх под углом 45° к горизонту. С каким ускорением будет двигаться этот брусок, если приложить к нему такую же по модулю силу, но направленную горизонтально? Коэффициент трения между бруском и столом равен 0,2.

10. Брусок массой 3 кг лежит на горизонтальной плоскости. Коэффициент трения между бруском и плоскостью равен 0,4. К бруску прикладывают силу, направленную вверх под углом 60° к горизонту, причём модуль силы возрастает прямо пропорционально времени от 0 до 25 Н за 5 с. Чему равно ускорение бруска:

а) через 2 с после начала действия силы?

б) через 4 с после начала действия силы?

11. К покоящемуся на горизонтальной поверхности телу прикладывают равномерно возрастающую по модулю силу,

направленную под углом 30° к горизонту. Чему равно ускорение тела в момент его отрыва от поверхности?

12. На приложенный к стене брусок массой 2 кг действует сила $\vec{F}$, направленная вверх под углом 30° к вертикали (рис. 20.3). Коэффициент трения между бруском и стеной 0,3. В начальный момент брусок покоится. Чему будет равно на проекция ускорения бруска на ось x , если:
- $F = 40 \text{ Н}$
 - $F = 25 \text{ Н}$
 - $F = 15 \text{ Н}$

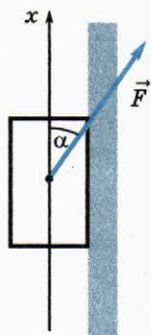


Рис. 20.3

§ 21. ДВИЖЕНИЕ ПО ОКРУЖНОСТИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ НЕСКОЛЬКИХ СИЛ

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

1. Диск вращается в горизонтальной плоскости с частотой $0,5 \text{ с}^{-1}$. На расстоянии 30 см от оси вращения на диске лежит небольшое тело. При каком минимальном значении коэффициента трения тело ещё не будет сброшено с диска?

2. С какой максимальной скоростью может ехать автомобиль по горизонтальной поверхности, описывая дугу окружности радиусом 100 м, если коэффициент трения между шинами и дорогой равен 0,4?

3. На автодроме автомобили испытывают на скорости 120 км/ч. Под каким углом к горизонту должно быть наклонено полотно дороги (рис. 21.1) на повороте с радиусом закругления 110 м, чтобы автомобиль мог совершить поворот даже на скользкой дороге?



Рис. 21.1

4. С какой минимальной скоростью должен ехать мотоциклист по внутренней поверхности вертикального цилиндра радиусом 15 м? Траектория мотоциклиста — окружность, коэффициент трения между шинами мотоцикла и поверхностью цилиндра 0,4.

5. Подвешенный на нити груз вращается по окружности, расположенной в горизонтальной плоскости. При этом нить длиной 50 см составляет угол 30° с вертикалью.

- а) Чему равно ускорение груза?
- б) Чему равен радиус окружности, по которой движется груз?
- в) Чему равна скорость груза?
- г) Чему равен период обращения груза?

6. Вагон едет по закруглению радиуса 120 м. Какова скорость вагона, если нить, на которой к потолку вагона подвешен шар, отклонилась от вертикали на угол 45° ?

7. С какой скоростью должна двигаться небольшая шайба внутри гладкой полусферы радиусом 30 см, чтобы всё время оставаться в горизонтальной плоскости на высоте 15 см от нижней точки сферы?

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

8. Угол наклона полотна дороги на повороте составляет 30° к горизонту, радиус поворота 60 м. Чему равна максимальная скорость, с которой автомобиль может ехать на этом повороте, если коэффициент трения между шинами и полотном дороги равен 0,5?

9. Шарик массой 10 г, подвешенный на лёгкой нити, образующей угол 30° с вертикалью, лежит на гладкой полусфере радиусом 10 см (рис. 21.2). Нить направлена по касательной к сфере. Шарик у сообщили горизонтальную скорость 0,5 м/с, и он стал двигаться по окружности в горизонтальной плоскости.

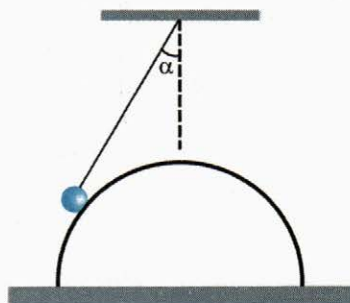


Рис. 21.2

а) С какой силой давит шарик на полусферу?

б) При какой минимальной скорости шарика он не будет давить на полусферу?

10. Привязанная к пружине гирька массой 100 г вращается по окружности в горизонтальной плоскости. При этом пружина составляет угол 30° с вертикалью. Период обращения гирьки равен 0,63 с. Чему равна длина недеформированной пружины, если её жёсткость 40 Н/м?

11. В вагоне поезда, идущего равномерно со скоростью 15 м/с по горизонтальному закруглению, взвешивают груз массой 2 кг с помощью динамометра, подвешенного к потолку вагона. Чему равен радиус закругления, если динамометр показывает 22 Н?

12. На наклонной плоскости с углом наклона к горизонту 30° лежит шайба. Наклонная плоскость равномерно вращается вокруг вертикальной оси, расположенной у основания наклонной плоскости (рис. 21.3). Расстояние от тела до оси вращения¹ равно 10 см. Коэффициент трения между шайбой и плоскостью 0,3.

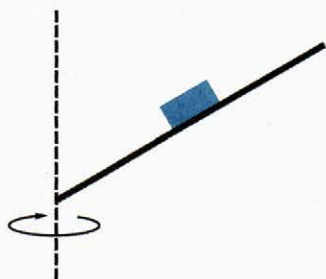


Рис. 21.3

а) При какой частоте вращения действующая на шайбу сила трения равна нулю?

б) При какой минимальной частоте вращения шайба удержится на плоскости?

в) При какой максимальной частоте вращения шайба удержится на плоскости?

13. К вершине гладкого прямого кругового конуса с помощью нити прикреплён небольшой шарик. Конус вращается с частотой $0,5 \text{ с}^{-1}$ вокруг своей оси, причём шарик вращается вместе с конусом (рис. 21.4). Угол при вершине конуса 120° . Чему равна длина нити, если сила натяжения нити в 2 раза больше действующей на шарик силы тяжести?

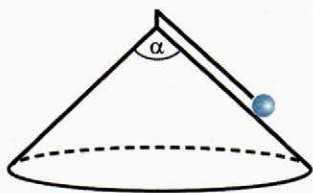


Рис. 21.4

14. Конус с углом при вершине 2α вращается с угловой скоростью ω вокруг своей вертикальной оси. Вершина конуса обращена вверх. На внешней поверхности конуса на расстоянии L от вершины покоится (относительно конуса) небольшая шайба. Чему может быть равен коэффициент трения μ между шайбой и конусом?

¹ Напомним, что расстоянием от точки до прямой по определению называют длину перпендикуляра, проведённого из точки к прямой.

§ 22. ДВИЖЕНИЕ СИСТЕМЫ СВЯЗАННЫХ ТЕЛ БЕЗ УЧЁТА ТРЕНИЯ¹

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

1. По гладкому горизонтальному столу движутся два бруска массами 2 кг и 3 кг, связанные лёгкой нерастяжимой нитью. К бруску массой 2 кг приложена горизонтально направленная сила, равная 20 Н. Чему равна сила натяжения нити?

2. Четыре одинаковых кубика, связанные нитями, движутся по гладкому горизонтальному столу под действием горизонтальной силы $\vec{F}$, приложенной к первому кубику (рис. 22.1). Чему равна сила натяжения нити, связывающей третий и четвёртый кубики?

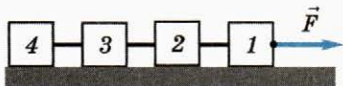


Рис. 22.1

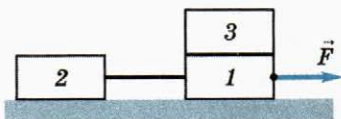


Рис. 22.2

3. Одинаковые бруски, связанные нитью, движутся под действием силы F по гладкой горизонтальной поверхности (рис. 22.2). Как изменится сила натяжения нити, если третий брусок переложить с первого на второй?

4. Два груза массами $m_1 = 2$ кг и $m_2 = 1$ кг лежат на гладкой горизонтальной плоскости и связаны нитью, способной выдерживать наибольшую нагрузку 9 Н.

а) С какой максимальной силой можно тянуть первый груз, чтобы нить не оборвалась?

б) Как изменится величина этой силы, если тянуть второй груз?

5. Цепочка, состоящая из 15 одинаковых звеньев, движется по гладкому горизонтальному столу под действием силы 30 Н, приложенной к первому звену и направленной вдоль цепочки. Определите силу натяжения цепочки между четвёртым и пятым звеном (отсчёт ведётся от головного звена).

6. Буксир тащит три последовательно соединённые баржи, связанные тросами. Масса каждой баржи 100 т. Сила со-

¹ При решении задач этого параграфа нити и тросы считайте невесомыми и нерастяжимыми, массой блоков и трением в блоках можно пренебречь.

противления воды для каждой баржи 5 кН. Сила натяжения троса, соединяющего буксир с первой баржей, равна 30 кН.

- С каким ускорением движутся баржи?
- Чему равны силы натяжения тросов, привязанных ко второй барже?

7. Два бруска, связанные нитью друг с другом, поднимают вертикально вверх, прикладывая к верхнему бруску силу 5 Н. Масса верхнего бруска 100 г, а нижнего — 200 г.

- С каким ускорением движутся бруски?
- Чему равна сила натяжения нити, связывающей бруски?

8. Два груза, соединённые пружиной, движутся по гладкой горизонтальной поверхности стола. Масса первого груза 3 кг, масса второго — 2 кг. Жёсткость пружины 300 Н/м. На первый груз действует сила 30 Н, направленная под углом 30° к горизонту (рис. 22.3). Чему равно удлинение пружины?

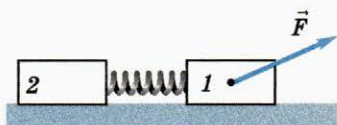


Рис. 22.3

9. По гладкому горизонтальному столу движется брусок, связанный переброшенной через неподвижный блок нитью с грузом (рис. 22.4). Масса бруска в 4 раза больше массы груза. Чему равно ускорение бруска и груза?

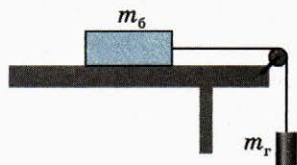


Рис. 22.4

10. Через блок перекинута нить, к которой подвешены грузы массой 5 кг и 3 кг.

- Чему равно по модулю ускорение грузов?
- Чему равна сила натяжения нити?
- Чему равен вес каждого груза?

11. К концам нити, перекинутой через блок, подвешены грузы массами 100 г и 150 г. Блок подвешен к динамометру.

- Чему равно ускорение грузов?
- Чему равна сила натяжения нити?
- Каковы показания динамометра?

12. На концах нити, переброшенной через блок, висят два груза массой 100 г каждый. Если на один из них положить перегрузок, то грузы будут двигаться с ускорением 5 м/с^2 .

а) Чему равна при этом сила натяжения нити?

б) Чему равна масса перегрузка?

13. Находящийся на гладкой наклонной плоскости брусок массой $M = 300$ г соединён с грузом массой $m = 200$ г нитью, перекинутой через блок (рис. 22.5). Наклонная плоскость составляет угол 30° с горизонтом. Как направлено и чему равно ускорение груза?

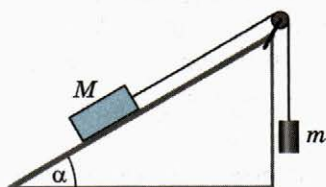


Рис. 22.5

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

14. Два тела массами m_1 и m_2 находятся на гладкой горизонтальной поверхности и связаны нитью, выдерживающей силу натяжения T (рис. 22.6). В начальный момент нить распрямлена, но не натянута. К телам прикладывают переменные силы $F_1 = at$ и $F_2 = 2at$. Через какой промежуток времени после начала действия сил нить оборвётся?

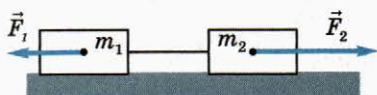


Рис. 22.6

15. Грузы массами $m_1 = 3$ кг и $m_2 = 5$ кг подвешены с помощью блоков, как показано на рисунке 22.7. Чему равна сила натяжения нити b , к которой подвешен второй груз?

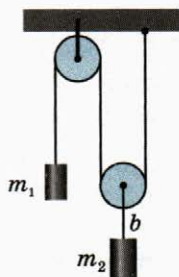


Рис. 22.7

16. Грузы массами $m_1 = 3$ кг и $m_2 = 3$ кг связаны нитью, перекинутой через блок, укреплённый на вершине гладкой наклонной плоскости (рис. 22.8). Плоскость образует с горизонтом угол 30° . Второй груз связан нитью с третьим грузом массой $m_3 = 4$ кг, тоже находящимся на наклонной плоскости. Чему равны силы натяжения нитей, связывающих грузы?

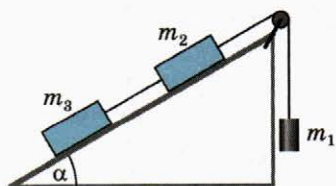


Рис. 22.8

17. Брусок массой $m = 200$ г поднимают по гладкой наклонной плоскости с помощью системы блоков (рис. 22.9). Масса груза $M = 400$ г. Угол наклона плоскости 45° . Чему равны ускорение бруска и сила натяжения нити?

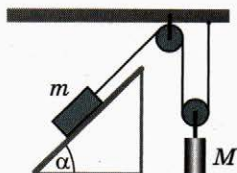


Рис. 22.9

§ 23. ДВИЖЕНИЕ СИСТЕМЫ ТЕЛ. УЧЁТ ТРЕНИЯ СО СТОРОНЫ ВНЕШНИХ ТЕЛ¹

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

1. На рисунке 23.1 изображён график зависимости проекции скорости поезда от времени. Масса поезда 200 т. Найдите силу тяги локомотива, если коэффициент сопротивления движению равен 0,03.

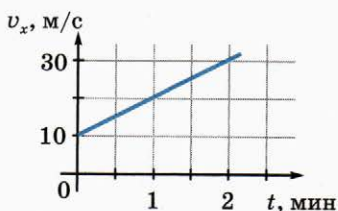


Рис. 23.1

2. Локомотив массой 150 т тянет с постоянной скоростью 30 вагонов массой 50 т каждый. Коэффициент сопротивления движению для вагонов и локомотива равен 0,005. Чему равна сила тяги локомотива?

3. Чему равна максимальная сила тяги, которую может развить локомотив массой 80 т со всеми ведущими колёсами? Коэффициент трения скольжения между колёсами локомотива и рельсами примите равным 0,25.

4. Электровоз тянет состав, состоящий из N одинаковых вагонов, с ускорением a . Найдите силу натяжения сцепки между n -м (считая от начала состава) и $(n + 1)$ -м вагонами, если масса каждого вагона m , а коэффициент сопротивления движению k .

5. Два бруска массой 1 и 2 кг связаны нитью и движутся по горизонтальной поверхности под действием горизонтальной силы 12 Н, приложенной к бруску массой 2 кг. Чему рав-

¹ При решении задач этого параграфа считайте, что массой нитей, тросов и пружин, а также массой блоков и трением в них можно пренебречь.

на сила натяжения нити, если коэффициенты трения между брусками и поверхностью одинаковы?

6. Десять одинаковых грузов массой 1 кг каждый соединены друг с другом девятью пружинами жёсткостью 200 Н/м каждая и находятся на горизонтальном столе. К крайнему грузу приложена некоторая горизонтальная сила, под действием которой система движется с ускорением 1 м/с^2 . Коэффициент трения между грузами и плоскостью равен 0,4.

- а) С какой силой тянут крайний груз?
- б) Чему равно удлинение четвертой пружины?

7. Когда длина свешивающейся со стола части цепи составляет третью часть её длины, цепь начинает соскальзывать со стола. Чему равен коэффициент трения между цепью и столом?

8. Человек равномерно тянет двое одинаковых связанных саней, прикладывая силу вверх под углом 30° к горизонту. Верёвка, связывающая сани, натянута с силой 40 Н. Коэффициент трения между санями и снегом равен 0,1. Какую силу прикладывает человек?

9. Лежащий на столе брусок массой 100 г связан переброшенной через блок нитью с грузом массой 40 г (рис. 23.2). Коэффициент трения между бруском и столом равен 0,3. В начальный момент тела покоятся.

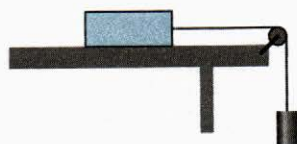


Рис. 23.2

а) Чему равно ускорение бруска?

б) Чему равна сила натяжения нити?

в) Какой путь пройдёт груз за 1,5 с?

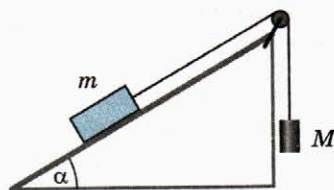


Рис. 23.3

10. Брусок массой $m = 0,5 \text{ кг}$ соединён с грузом массой M нитью, перекинутой через блок (рис. 23.3). В начальный момент тела покоятся. Коэффициент трения между бруском и наклонной плоскостью равен 0,25, угол наклона плоскости 30° . Чему равна сила трения, действующая на брусок, если: а) $M = 0,1 \text{ кг}$? б) $M = 0,3 \text{ кг}$? в) $M = 0,5 \text{ кг}$?

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

11. Тягач массой 4 т со всеми ведущими колёсами движется вверх по склону и тянет за собой легковой автомобиль массой 1 т. Коэффициент трения скольжения между шинами грузового автомобиля и дорогой равен 0,4. Какова максимально возможная сила натяжения троса, связывающего грузовик с легковым автомобилем? На подъёме есть горизонтальные участки. Силой трения качения, действующей на легковой автомобиль, можно пренебречь.

12. Блок укреплен на вершине двух наклонных плоскостей с углами наклона α и β соответственно (рис. 23.4). На плоскостях находятся бруски массами m_1 и m_2 , соединённые нитью. Коэффициент трения между первым бруском и плоскостью равен μ_1 , а между вторым бруском и плоскостью — μ_2 . Когда бруски отпустили, второй брусок начал скользить вниз. Чему равно ускорение брусков?

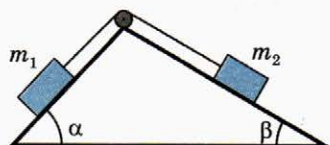


Рис. 23.4

13. С каким ускорением движется система, изображённая на рисунке 23.5, если $m = 1$ кг и коэффициент трения между бруском и столом равен 0,2? Чему равны силы натяжения левой и правой нитей?

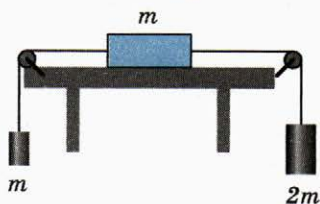


Рис. 23.5

§ 24. ДВИЖЕНИЕ СИСТЕМЫ ТЕЛ. УЧЁТ ТРЕНИЯ МЕЖДУ ТЕЛАМИ СИСТЕМЫ

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

1. Небольшой брусок массой 400 г находится на конце длинной доски массой 1 кг, лежащей на гладком столе (рис. 24.1). Коэффициент трения между доской и бруском 0,4. В начальный момент доска покоилась, а бруску сообщили некоторую скорость. Через 0,6 с брусок и доска стали двигаться как единое целое.



а) Чему равен модуль ускорения бруска относительно доски?

Рис. 24.1

- б) Чему равна начальная скорость бруска?
 в) Какова минимально возможная длина доски?
 г) Чему равна скорость доски с бруском, когда они движутся как единое целое?

2. Небольшой брусок лежит на правом краю горизонтальной доски длиной 2 м. Доска начинает двигаться по горизонтали вправо с ускорением 3 м/с^2 . Коэффициент трения между бруском и доской равен 0,2.

- а) Чему равно ускорение бруска относительно земли?
 б) Чему равно ускорение бруска относительно доски?
 в) Через какое время брусок соскользнет с доски?

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

3. Доска длиной 2 м и массой 20 кг может скользить без трения по гладкой горизонтальной поверхности (рис. 24.2). На краю



Рис. 24.2

доски находится брусок массой 10 кг. Коэффициент трения между бруском и доской 0,1. К доске прикладывают постоянную горизонтальную силу, направленную вдоль доски. Через 1,63 с после начала действия силы брусок падает с доски. Чему равен модуль силы, приложенной к доске?

4. На правом конце доски длиной L и массой M лежит брусок массой m . Доска лежит на гладком столе. Доске толчком сообщают направленную вправо скорость v_0 . Каким должен быть коэффициент трения между бруском и доской, чтобы доска выскользнула из-под бруска?

5. На столе находится тележка массой 0,1 кг, а на ней лежит брусок массой 2 кг. Коэффициент трения между бруском и тележкой равен 0,2, трением между тележкой и столом можно пренебречь. К бруску приложена горизонтально направленная сила (рис. 24.3). Чему должен быть равен модуль этой силы, чтобы брусок начал скользить по тележке?

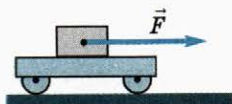


Рис. 24.3

6. На гладком столе лежит брусок массой 1 кг, а на нём — другой брусок массой 0,5 кг (рис. 24.4). К нижнему бруску привязана нить, к которой приложена горизонтально направленная сила, равная по



Рис. 24.4

модулю 7,5 Н. При каком наименьшем значении коэффициента трения между брусками они будут двигаться как единое целое?

7. На гладком столе лежит брусок массой m_n , а на нём — другой брусок массой m_b . Коэффициент трения между брусками равен μ . К нижнему бруску привязана нить, к которой приложена горизонтально направленная сила $\vec{F}$ (см. рис. 24.4). Чему равен модуль a_b ускорения верхнего бруска?

8. На гладком столе лежат один на другом три одинаковых бруска массой 200 г каждый (рис. 24.5). К среднему бруску приложена горизонтальная сила, равная по модулю 3 Н. При каком минимальном коэффициенте трения между брусками они будут двигаться как единое целое?

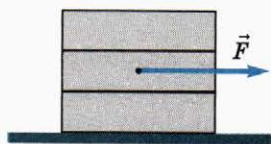


Рис. 24.5

9. На гладком столе лежат один на другом три одинаковых бруска массой m каждый (см. рис. 24.5). Коэффициент трения между брусками равен μ . К среднему бруску приложена горизонтальная сила. При каком наибольшем значении F модуля этой силы два нижних бруска будут двигаться как единое целое?

10. На гладком столе лежит брусок массой $m_n = 600$ г, а на нём — другой брусок массой $m_b = 500$ г. К верхнему бруску привязана нить, переброшенная через блок, а к нити подвешен груз массой $m_r = 400$ г (рис. 24.6). При каком наименьшем значении коэффициента трения μ между брусками они будут двигаться как единое целое?

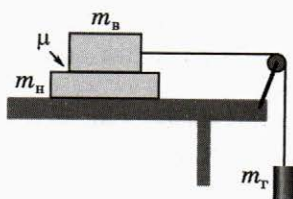


Рис. 24.6

11. Длинная доска массой 2 кг лежит на гладком столе. На доске находится брусок массой 1 кг. Коэффициент трения между бруском и доской 0,2. К бруску приложена внешняя сила, направленная вдоль доски (рис. 24.7), модуль которой в единицах СИ зависит от времени по закону $F = 1,5t$. Через какое время t_0 брусок начнёт скользить по доске? Изобразите графически зависимость ускорений бруска и доски от времени.



Рис. 24.7

§ 25. ИМПУЛЬС.

ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ИМПУЛЬСА

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

1. Хоккейная шайба массой 200 г скользит по льду со скоростью 15 м/с.

а) Чему равен импульс шайбы?

б) Насколько изменится импульс шайбы, если её скорость уменьшится до 10 м/с?

2. Масса мяча в 3 раза больше массы шайбы, а скорость мяча в 6 раз меньше скорости шайбы. Чему равно отношение модуля импульса мяча к модулю импульса шайбы?

3. Чему равно изменение модуля импульса товарного состава массой 3000 т, движущегося по прямой дороге, когда скорость состава увеличилась от 54 км/ч до 72 км/ч?

4. Тело массой 3 кг движется вдоль оси x . На графике (рис. 25.1) представлен график зависимости проекции скорости тела от времени.

а) Чему равны модуль импульса и проекция импульса тела при $t = 2$ с? $t = 10$ с?

б) Чему равен модуль изменения проекции импульса за промежуток времени от 2 с до 10 с?

5. Подвешенный на нити шарик массой m проходит положение равновесия со скоростью $\vec{v}$ (рис. 25.2, а). Через некоторое время он проходит это же положение, двигаясь со скоростью $-\vec{v}$ (рис. 25.2, б). Чему равен модуль изменения импульса маятника за это время?

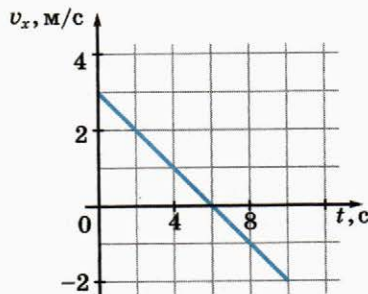


Рис. 25.1

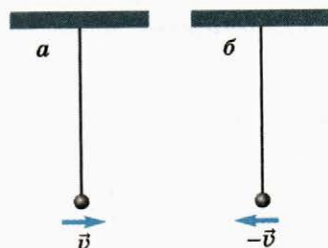


Рис. 25.2

6. Тело массой 2 кг равномерно движется по окружности со скоростью 10 м/с. Период обращения равен 4 с.

- а) Чему равно изменение модуля импульса тела за 2 с?
б) Чему равен модуль изменения импульса тела за 2 с?

7. Тележка массой 2 кг движется со скоростью 0,6 м/с и сталкивается с покоящейся тележкой массой 3 кг. Чему равна скорость второй тележки после столкновения, если первая тележка в результате столкновения остановилась? Считайте, что при столкновении суммарный импульс тележек сохраняется.

8. Брусок массой 2 кг движется прямолинейно равноускоренно в одном направлении. За 2 с импульс бруска изменился на $16 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$. Чему равен модуль равнодействующей приложенных к бруску сил? Есть ли в условии лишние данные? Можно ли по приведённым в условии данным определить, увеличивалась скорость бруска или уменьшалась?

9. Молотком массой 500 г забивают гвоздь в доску. Скорость молотка перед ударом 8 м/с, после удара молоток покоится. Чему равна средняя сила, с которой молоток действует на гвоздь, если продолжительность удара равна 0,02 с?

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

10. Два тела движутся по взаимно перпендикулярным пересекающимся прямым, как показано на рисунке 25.3. Модуль импульса первого тела $3 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$, а второго тела $4 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$. Чему равен модуль суммарного импульса этих тел?

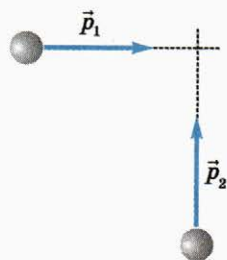


Рис. 25.3

11. Бильярдный шар массой m движется со скоростью $\vec{v}$ перпендикулярно стенке и отскакивает от неё со скоростью $-\vec{v}$. Чему равен модуль вектора изменения импульса шара?

12. Брусок массой 100 г движется вдоль оси x . Зависимость координаты от времени в единицах СИ выражается формулой $x = 20 - 5t + 2t^2$. Какой формулой выражается зависимость проекции импульса бруска на ось x от времени?

13. Самолёт массой 25 т движется равномерно по окружности радиусом 2,5 км и делает полный оборот за 48 с. Чему равен модуль изменения импульса самолёта за 8 с?

14. Два тела движутся по взаимно перпендикулярным пересекающимся прямым и сталкиваются. Модуль импульса первого тела до столкновения равен $3 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$, а второго тела — $4 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$. После столкновения первое тело остановилось. Чему стал равен модуль импульса второго тела после столкновения? Считайте, что при столкновении суммарный импульс тел сохраняется.

15. Шарик массой 200 г падает на пол с высоты 5 м. Найдите среднюю силу, с которой шарик действует на пол во время удара, если:

- удар упругий, время удара 10 мс.
- удар абсолютно неупругий, время удара 50 мс.

16. Бильярдный шар массой 270 г движется со скоростью 10 м/с и отскакивает после удара с той же по модулю скоростью. Начальная и конечная скорость шара составляет угол 30° с перпендикуляром к стенке (рис. 25.4). Продолжительность удара 20 мс. Чему равна средняя сила, действующая на шар со стороны стенки во время удара?

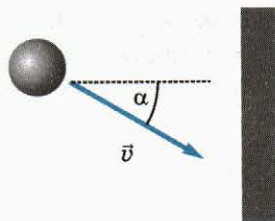


Рис. 25.4

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

17. Мяч массой 500 г бросили со скоростью 12 м/с под углом 30° к горизонту. Чему равен модуль изменения импульса мяча: а) за время, в течение которого мяч летел до высшей точки траектории? б) за всё время полёта? в) за первую секунду полёта?

18. Два шара равной массы движутся по взаимно перпендикулярным пересекающимся прямым и сталкиваются. Модуль скорости первого тела до столкновения равен 5 м/с, а модуль скорости второго — 4 м/с. После столкновения первое тело движется в прежнем направлении со скоростью 2 м/с. Чему равен модуль скорости второго тела после столкновения?

19. Камень массой 200 г брошен вверх под углом к горизонту и достиг в полёте максимальной высоты 20 м.

а) Чему равен модуль импульса силы тяжести, действующей на камень, за время всего полёта до падения на землю?

б) Чему равен модуль изменения импульса камня за всё время полёта до падения на землю?

§ 26. УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ЗАКОНА СОХРАНЕНИЯ ИМПУЛЬСА¹

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

1. Саша и Боря, стоя на скейтбордах, соревнуются в перетягивании каната. Масса Саши 40 кг, а масса Бори 60 кг. В начальный момент мальчики покоятся. Какова будет скорость Бори, когда скорость Саши будет равна 0,3 м/с?

2. Человек массой 70 кг начинает идти по покоившейся вначале тележке. Когда скорость человека относительно земли была равна 0,5 м/с, скорость тележки относительно земли была равна 0,2 м/с. Трением между тележкой и землей можно пренебречь. Чему равна масса тележки?

3. Вагонетка массой 1 т движется по горизонтальным рельсам со скоростью 6 м/с. В вагонетку насыпают 2 т щебня, который падает в вагонетку вертикально вниз. Чему равна скорость нагруженной вагонетки?

4. Человек массой 70 кг, стоя на гладком льду, бросает горизонтально камень массой 5 кг со скоростью 7 м/с относительно земли. Какую скорость приобретёт человек в результате броска?

5. Шарик массой 200 г движется со скоростью 6 м/с и сталкивается с таким же неподвижным шариком. Считая удар абсолютно неупругим, определите скорости шариков после столкновения.

6. Шар движется со скоростью 9 м/с и сталкивается с другим шаром вдвое большей массы, движущимся со скоростью 3 м/с навстречу первому. Определите скорость шаров после абсолютно неупругого удара.

¹ Во всех задачах этого параграфа примите, что трением и сопротивлением движению в воде можно пренебречь.

7. Снаряд массой 20 кг, летящий горизонтально со скоростью 500 м/с, попадает в неподвижную платформу массой 10 т и застревает в песке. С какой скоростью стала двигаться платформа?

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

8. Человек массой 60 кг стоит на краю тележки массой 100 кг и длиной 1,5 м. Определите, на сколько метров сместится тележка, если человек перейдёт на другой её край.

9. С лодки выбирают поданный с катера канат. Начальное расстояние между лодкой и катером 44 м. Определите пути, пройденные лодкой и катером до их встречи. Масса лодки 300 кг, масса катера 900 кг. В начальный момент лодка и катер покоились, течения нет.

10. Пуля массой 10 г, летящая со скоростью 800 м/с вниз под углом 60° к горизонту, попадает в мешок с песком, лежащий на гладком горизонтальном столе, и застревает в нём. Масса мешка 5 кг. С какой скоростью начинает скользить мешок?

11. Человек массой 70 кг, стоя на гладком льду, бросает камень массой 5 кг со скоростью 8 м/с относительно земли под углом 30° к горизонту. Какую скорость приобретёт человек в результате броска?

12. Снаряд массой 50 кг, летящий со скоростью 600 м/с, попадает в платформу с песком и застревает в ней. Скорость снаряда непосредственно перед ударом направлена под углом 30° к вертикали. Найдите скорость платформы после попадания снаряда. Масса платформы 950 кг.

13. Два тела двигались навстречу друг другу со скоростью 8 м/с каждое. После абсолютно неупругого столкновения они стали двигаться вместе со скоростью 4 м/с в направлении движения первого тела. Чему равно отношение $\frac{m_1}{m_2}$ масс этих тел?

14. Скорости двух шариков до столкновения направлены перпендикулярно друг другу. Шарик массой 50 г движется со скоростью 2 м/с, а шарик массой 100 г — со скоростью 3 м/с. Чему равна скорость шариков после абсолютно неупругого удара?

15. Масса пушки с ядром 1000 кг. Пушка выстреливает ядро массой 40 кг с начальной скоростью 200 м/с под углом 60° к горизонту. Определите скорость отката пушки.

16. Грузёный вагон массой 50 т движется со скоростью 0,3 м/с и сталкивается с неподвижным пустым вагоном. После столкновения скорость грузёного вагона уменьшается до 0,2 м/с, а пустой вагон приобретает скорость 0,4 м/с. Чему равна масса пустого вагона?

17. Охотник делает два выстрела подряд в горизонтальном направлении с неподвижной лодки (рис. 26.1). Масса пули 8 г, её скорость при вылете 800 м/с. Чему равна скорость лодки после двух выстрелов, если масса лодки с охотником равна 160 кг?



Рис. 26.1

18. Из пушки массой 2 т вылетает снаряд массой 10 кг со скоростью 500 м/с. Скорость снаряда направлена горизонтально. Коэффициент трения между пушкой и почвой равен 0,3.

- Чему равна скорость пушки сразу после выстрела?
- Чему равен путь, пройденный пушкой до остановки?

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

19. Человек массой 80 кг переходит с кормы на нос лодки длиной 5 м (рис. 26.2). Какова масса лодки, если за время этого перехода она переместилась на 2 м? В начальный момент человек и лодка покоились. Течение отсутствует.

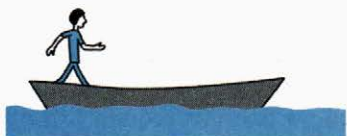


Рис. 26.2

20. Лодка покоится на поверхности озера. На корме и на носу лодки на расстоянии 5 м друг от друга сидят два рыбака. Масса лодки 150 кг, массы рыбаков 90 кг и 60 кг. Рыбаки меняются местами. Насколько переместится при этом лодка?

21. Ящик с песком массой 6 кг соскальзывает с гладкой наклонной плоскости. В ящик попадает горизонтально летящее ядро массой 3 кг и застревает в нём. Непосредственно перед попаданием ядра скорость ящика равна 2 м/с, а скорость ядра равна 10 м/с. Угол наклона плоскости к горизонту 60° . Чему равна скорость ящика сразу же после попадания ядра? Как направлена эта скорость?

22. На плот массой 100 кг, движущийся по реке со скоростью 3 м/с, с берега бросают со скоростью 10 м/с груз массой 60 кг перпендикулярно скорости течения. Чему будет равна скорость плота с грузом сразу после попадания груза? Под каким углом к скорости течения будет направлена скорость плота с грузом?

23. Кусок пластилина бросили вертикально вверх со скоростью 20 м/с. Когда он находился в полёте 3 с, в него попал такой же кусок пластилина, скорость которого была равна 10 м/с и направлена горизонтально. В результате удара куски пластилина слиплись. На каком расстоянии от места бросания первого куска упал образовавшийся кусок пластилина?

§ 27. РЕАКТИВНОЕ ДВИЖЕНИЕ. ОСВОЕНИЕ КОСМОСА

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

1. Можно ли отнести к реактивному движению: а) отдачу ружья при выстреле? б) движение медузы (рис. 27.1)? в) подъём воздушного шара после сбрасывания балласта?

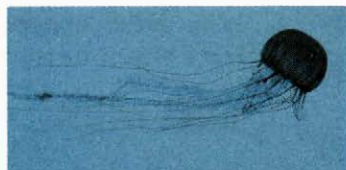


Рис. 27.1

2. В одной сказке жадный богач с мешком золотых монет оказался на таком скользком льду озера, что не смог сдвинуться с места и замёрз. Как он мог бы спастись, если бы не был таким жадным?

3. Барон Мюнхгаузен рассказывал, что однажды, прыгнув через болото, он уже в полёте понял, что не долетит до противоположного берега. Тогда прямо в воздухе «усилием воли» он повернул обратно и вернулся на берег, с которого прыгал. Почему при всём уважении к правдивости барона мы должны усомниться в его рассказе?

4. Как в космическом пространстве можно осуществить торможение космического корабля?

5. На борту катера укреплены две одинаковые пушки, стволы которых установлены горизонтально и направлены в противоположные стороны. При одновременных выстрелах оба снаряда попадают каждый в свою цель. Попадут ли снаряды в цели, если одна из пушек выстрелит немного раньше другой?

6. Двигатель ракеты работает в импульсном режиме, выбрасывая равными порциями с одинаковыми скоростями продукты сгорания. При этом скорость ракеты увеличивается ступенчато. Будут ли изменяться приращения скорости по мере сгорания топлива?

7. Какую скорость приобретает вначале покоившаяся ракета массой 600 кг, если продукты сгорания массой 15 кг вылетели из сопла ракеты со скоростью 800 м/с? Примите, что весь газ вылетел из сопла сразу.

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

8. Модель ракеты, масса которой вместе с зарядом равна 300 г, взлетает вертикально вверх и достигает высоты 200 м. Масса заряда 50 г, считайте, что сгорание заряда происходит мгновенно. Чему равна скорость истечения газов из ракеты?

9. Катер массой 2 т с водомётным двигателем всасывает и выбрасывает каждую секунду $0,2 \text{ м}^3$ воды (рис. 27.2). Скорость выбрасываемой воды относительно катера равна 25 м/с и направлена горизонтально. При расчётах примите, что сопротивление воды при движении катера можно пренебречь.



Рис. 27.2

а) Чему равно изменение импульса катера за 1 с?

б) Чему равна реактивная сила тяги двигателя катера?

в) С каким ускорением движется катер?

г) Сколько времени понадобится катеру, чтобы пройти 1 км, если начальная скорость катера равна нулю?



Рис. 27.3

10. На какое время надо включить двигатель космического корабля массой 10 т, чтобы увеличить его скорость от 5 км/с до 12 км/с, если сила тяги двигателя 50 кН?

11. Огнетушитель массой 2 кг выбрасывает $0,2 \text{ кг}$ пены за 1 с со скоростью 40 м/с (рис. 27.3). Какую горизонтально направленную силу надо прикладывать к огнетушителю в

момент начала его работы, чтобы он оставался в покое, если струя пены направлена горизонтально? Есть ли в условии лишние данные?

12. Воздушно-реактивный двигатель самолёта выбрасывает каждую секунду в среднем 25 кг воздуха и горючего. Скорость газов на входе двигателя равна 200 м/с, а на выходе — 500 м/с. Определите силу тяги двигателя.

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

13. В далёком космосе поблизости друг от друга находятся две ракеты, которые покоятся друг относительно друга. Двигатели ракет выключены. На одной ракете массой 1 т включают реактивный двигатель. Из сопла ракеты каждую секунду выбрасывается 4 кг газа со скоростью 500 м/с относительно ракеты. На каком расстоянии от точки старта скорость этой ракеты станет равной 10 м/с относительно другой ракеты? Изменением массы ракеты за время работы двигателя можно пренебречь.

14. В момент, когда ракета массой 3 т находится на высоте 1 км над поверхностью Земли и движется вертикально вверх со скоростью 200 м/с, от неё отделяется первая ступень массой 1 т. При этом скорость оставшейся части ракеты возрастает до 220 м/с. Через какой промежуток времени после отделения первая ступень упадёт на землю?

§ 28. МЕХАНИЧЕСКАЯ РАБОТА. МОЩНОСТЬ¹

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

1. Подъёмный кран равномерно поднимает бетонный блок размером $25 \times 40 \times 160 \text{ см}^3$ на высоту 10 м (рис. 28.1). Вычислите работу, совершаемую двигателем при подъёме блока, если плотность бетона равна 2400 кг/м^3 .



Рис. 28.1

2. Груз массой 50 кг равномерно поднимают при помощи каната вертикально вверх на высоту 10 м. Чему равна работа силы упругости каната?

¹ При решении задач этого параграфа массой канатов, верёвок, тросов и пружин можно пренебречь, если иное не оговорено в условии.

3. Ящик равномерно тянут по земле с помощью горизонтально натянутой верёвки. На пути 100 м сила упругости верёвки совершила работу 5 кДж. Чему равен модуль силы трения, действующей на ящик со стороны земли?

4. Груз массой 5 кг свободно падает из состояния покоя в течение 4 с. Какую работу совершает сила тяжести при падении тела?

5. Скорость свободно падающего тела массой 2 кг увеличилась от 4 м/с до 10 м/с. Чему равна совершённая при этом работа силы тяжести?

6. Какую работу надо совершить, чтобы сжать пружину жёсткостью 200 Н/м на 4 см?

7. При растяжении пружины на 5 см была совершена работа 20 Дж. Чему равна жёсткость пружины?

8. Чему равна работа силы упругости пружины жёсткостью 300 Н/м, когда её растягивают на 5 мм?

9. Брусок массой 500 г равномерно перемещают по столу на 40 см. Коэффициент трения между бруском и столом равен 0,3. Чему равна работа силы трения, действующей на брусок?

10. К лежащему на столе бруску массой 1 кг прикреплена горизонтальная пружина жёсткостью 200 Н/м. Коэффициент трения между бруском и столом равен 0,5. К пружине прикладывают горизонтально направленную силу и постепенно увеличивают её, пока удлинение пружины не становится равным 2 см.

а) Чему равна работа по растяжению пружины?

б) Чему равна работа силы трения, действующей на брусок со стороны стола?

11. Подъёмный кран равномерно поднимает груз массой 200 кг на высоту 3 м за 5 с. Какова мощность двигателя крана?

12. Электропоезд движется с постоянной скоростью 72 км/ч, при этом его моторы развивают суммарную мощность 900 кВт. Чему равна сила сопротивления, которую испытывает электропоезд при движении?

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

13. На гладком столе покоится груз массой 6 кг. На груз начала действовать горизонтально направленная сила, по модулю равная 12 Н. Чему равна работа этой силы за 3 с?

14. Из шахты глубиной 200 м поднимают груз массой 0,5 т с помощью каната, каждый метр которого весит 15 Н. Чему равна работа по подъёму груза и каната?

15. При вертикальном подъёме груза массой 2 кг на высоту 1 м постоянной силой она совершила работу 60 Дж.

а) Чему равна эта сила?

б) Чему равна равнодействующая сил, действующих на груз?

в) С каким ускорением двигался груз?

16. Лифт массой 1,5 т начинает подниматься с ускорением 1 м/с^2 . Найдите работу двигателя лифта в течение первых двух секунд подъёма.

17. Груз начинают поднимать вертикально вверх с постоянным ускорением. Во сколько раз работа, совершённая за первую секунду движения, меньше работы, совершённой за третью секунду?

18. Тело движется вдоль оси x . Зависимость проекции скорости тела от времени в единицах СИ выражается формулой $v = 10 + 2t$. Какую работу совершает равнодействующая сил, приложенных к этому телу, в течение 10 с? Масса тела 5 кг.

19. На тело действуют две силы, направленные под углом 90° друг к другу. Модуль первой силы 3 Н, модуль второй силы 4 Н. Начальная скорость тела равна нулю, пройденный телом путь равен 20 м.

а) Чему равна работа первой силы?

б) Чему равна работа второй силы?

в) Чему равна работа равнодействующей?

20. Тело массой 5 кг соскользнуло с наклонной плоскости длиной 4 м и углом наклона 30° . Найдите работу силы тяжести.

21. Тело массой 2 кг брошено горизонтально. Чему равна работа силы тяжести за первую секунду полёта?

22. Чтобы растянуть пружину на 4 см, нужно приложить силу, равную 80 Н. Какую работу надо совершить, чтобы растянуть недеформированную пружину на 10 см?

23. Когда к пружине подвешен груз массой 5 кг, она удлиняется на 4 см. Какую надо совершить работу, чтобы без использования груза увеличить удлинение пружины от 6 см до 10 см?

24. Груз висит на пружине жёсткостью 40 Н/м . Какую надо совершить работу, чтобы растянуть пружину ещё на 3 см ?

25. Ящик массой 40 кг поднимают по наклонной плоскости длиной 12 м и высотой 5 м , прикладывая силу, направленную вдоль плоскости. Коэффициент трения между ящиком и плоскостью равен $0,2$. Чему равна работа силы трения?

26. К бруску массой 2 кг , находящемуся на горизонтальной поверхности, прикреплена горизонтальная пружина жёсткостью 100 Н/м . Коэффициент трения между бруском и поверхностью равен $0,6$. Вначале пружина не деформирована.

а) Пружину начинают медленно растягивать. Чему равна деформация пружины в момент, когда брусок начнёт двигаться?

б) Какую работу надо совершить для того, чтобы брусок начал двигаться?

в) Какую силу тяги необходимо прикладывать к пружине для равномерного перемещения бруска?

г) Какую работу необходимо совершить, чтобы равномерно переместить брусок на 10 см , если в начальном состоянии брусок покоился и пружина была не деформирована?

27. Подъёмный кран равномерно поднимает груз массой 2 т . Двигатель крана потребляет мощность $7,4 \text{ кВт}$, КПД двигателя 80% . Чему равна скорость груза?

28. Грузовик массой 5 т , двигатель которого развивает мощность 100 кВт , равномерно поднимается в гору со скоростью 10 м/с . Силу сопротивления движению не учитывайте. Чему равен угол наклона горы к горизонту?

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

29. По гладкой наклонной плоскости поднимают груз массой 2 кг на высоту $2,5 \text{ м}$ с ускорением 5 м/с^2 . Сила тяги равна 20 Н и направлена вдоль наклонной плоскости. Чему равна работа силы тяги?

30. Тело массой $0,5 \text{ кг}$ брошено вверх под углом 30° к горизонту с начальной скоростью 20 м/с . Чему равна работа действующей на тело силы тяжести за первую секунду полёта?

31. Пластика массой 10 кг лежит на горизонтальном столе (рис. 28.2). В центре



Рис. 28.2

пластинки укреплена пружина жёсткостью 100 Н/м. Какую работу совершит сила, приложенная к верхнему концу пружины, чтобы поднять пластинку на 1 м от поверхности стола?

32. Вверх по наклонной плоскости с углом наклона α толкнули шайбу массой m с начальной скоростью v . Коэффициент трения между шайбой и плоскостью равен μ . Через некоторое время шайба вернулась в начальную точку. Чему равна работа силы трения $A_{\text{тр}}$ за всё время движения шайбы?

33. Какой объём воды может поднять за 30 мин на поверхность земли с глубины 20 м насос, потребляющий мощность 2 кВт? КПД насоса 80 %.

§ 29. КИНЕТИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ И МЕХАНИЧЕСКАЯ РАБОТА¹

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

1. Кинетическая энергия тележки, движущейся со скоростью 4 м/с, равна 36 Дж. Чему равна масса тележки?

2. Скорость шарика уменьшилась в 3 раза. Какой стала его кинетическая энергия, если его начальная кинетическая энергия была равна 36 Дж?

3. Автомобиль движется со скоростью 36 км/ч. Импульс автомобиля равен $10^4 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$. Чему равна его кинетическая энергия?

4. На рисунке 29.1 приведены графики зависимости модуля скорости от времени для двух автомобилей. Масса первого автомобиля 3,2 т, а второго — 800 кг. Чему равно отношение кинетических энергий автомобилей $\frac{E_1}{E_2}$ при $t = 5$ с?

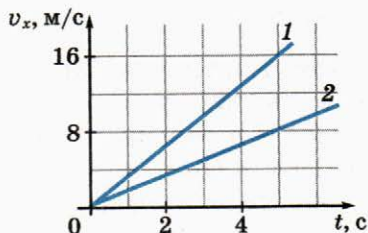


Рис. 29.1

5. Зависимость проекции скорости тела, движущегося вдоль оси x , от времени выражается в

¹ При решении задач этого параграфа считайте, что сопротивлением воздуха и массой пружин можно пренебречь, если иное не оговорено в условии.

единицах СИ формулой $v_x = 10 - 2t$. Масса тела 4 кг. Чему равна его кинетическая энергия при $t = 10$ с?

6. Шарик массой 200 г брошен вертикально вверх с начальной скоростью 30 м/с. Чему равна кинетическая энергия шарика, когда он поднялся на высоту 30 м?

7. Автомобиль разгоняется первый раз с места до скорости 36 км/ч, а второй раз — от скорости 36 км/ч до 72 км/ч. В каком случае двигатель совершает большую работу? Во сколько раз большую? Учитывайте только изменение кинетической энергии автомобиля.

8. Тело массой 1 кг, брошенное с уровня земли вертикально вверх, поднялось до высоты 40 м. Чему равна начальная кинетическая энергия тела?

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

9. Кинетическая энергия тела 16 Дж. При этом импульс тела равен $8 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$. Чему равна масса тела?

10. Из пушки вылетает горизонтально ядро. Масса пушки в n раз больше массы ядра. Чему равно отношение кинетической энергии ядра в момент вылета к кинетической энергии пушки, которую она приобрела вследствие отдачи?

11. Камень массой 1 кг брошен вертикально вверх с начальной скоростью 10 м/с. Чему равна кинетическая энергия камня на высоте 2 м?

12. Скатившись на санках с горы, мальчик проехал по горизонтальной дороге до остановки 20 м за 10 с. Масса санок с мальчиком 50 кг. Чему равна сила трения, которая действовала на санки на горизонтальной дороге?

13. Груз массой 5 кг начинает свободно падать без начальной скорости. Падение груза на землю продолжается 2 с. Чему равна работа силы тяжести?

14. Снаряд массой 5 кг вылетел из ствола орудия под углом 60° к горизонту со скоростью 500 м/с. Чему равна кинетическая энергия снаряда в высшей точке траектории?

15. Пуля массой 20 г, летевшая со скоростью 400 м/с, пробив мишень, полетела в прежнем направлении со скоростью

100 м/с. Чему равна работа силы сопротивления при пробитии мишени?

16. Висящий на нити длиной 1 м шар массой 500 г отклонили на 45° (рис. 29.2) и, держа нить натянутой, отпустили без толчка.

а) Чему равна кинетическая энергия шара при прохождении положения равновесия?

б) Чему равна скорость шара при прохождении положения равновесия?

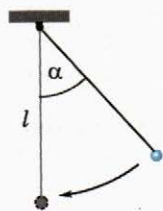


Рис. 29.2

17. Шар массой 200 г может скользить без трения вдоль горизонтального стержня (рис. 29.3). В начальный момент скорость шара равна нулю, пружина сжата, и модуль её деформации равен 4 см. Жёсткость пружины 500 Н/м.



Рис. 29.3

а) Чему равна кинетическая энергия шара при прохождении положения равновесия?

б) Чему равна скорость шара при прохождении положения равновесия?

18. Какую работу надо совершить, чтобы разогнать находящееся на горизонтальной поверхности тело массой 2 кг из состояния покоя до скорости 6 м/с на пути 10 м, если сила трения равна 3 Н?

19. Сани с мальчиком общей массой 50 кг съезжают с горы высотой 8 м и длиной 100 м. Начальная скорость саней равна нулю, а в конце горы они достигли скорости 10 м/с. Чему равна сила трения?

20. Хоккейная шайба, имеющая начальную скорость 8 м/с, скользит по льду до удара о бортик 25 м и отскакивает от него. Модуль скорости шайбы при ударе не изменился. Определите, какой путь пройдёт шайба после удара о бортик. Коэффициент трения между льдом и шайбой равен 0,05.

21. Брусок массой 200 г скользит по гладкому столу со скоростью 2 м/с и наезжает на горизонтально расположенную пружину жёсткостью 400 Н/м, прикрепленную к стене. Чему равна максимальная деформация пружины?

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

22. Два тела движутся навстречу друг другу и после столкновения движутся как единое целое. Скорость первого тела до столкновения 2 м/с, а скорость второго 4 м/с. Общая скорость тел после столкновения равна 1 м/с и направлена так же, как начальная скорость первого тела. Во сколько раз начальная кинетическая энергия первого тела больше начальной кинетической энергии второго тела?

23. Камень массой 1 кг бросили с высоты 30 м с начальной скоростью 25 м/с. Перед ударом о землю скорость камня равна 30 м/с. Чему равна работа силы сопротивления воздуха при движении камня?

24. По наклонной плоскости высотой h и длиной l скользит тело массой m . Начальная скорость тела равна нулю. Коэффициент трения между телом и плоскостью равен μ . Чему равна кинетическая энергия тела у основания плоскости?

25. Из винтовки выстрелили вертикально вверх. Начальная скорость пули 400 м/с, масса пули 10 г. Чему равна суммарная работа сил тяжести и сопротивления воздуха, действующих на пулю, к тому моменту времени, когда скорость пули после изменения направления движения стала в 2 раза меньше её начальной скорости? Есть ли в условии лишние данные?

26. Из винтовки в горизонтальном направлении выстрелили в щит, расположенный на расстоянии 50 м. Затем перед дулом винтовки поставили доску и выстрелили снова. Вторая пуля попала в щит на 5 см ниже первой. Определите работу, совершённую пулей при пробивании доски. Масса пули 8 г, а её начальная скорость 800 м/с.

§ 30. ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ¹

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

1. На столе лежат небольшие алюминиевый и свинцовый бруски одинакового объёма.

а) У какого бруска больше потенциальная энергия относительно пола?

б) Во сколько раз больше?

¹ При решении задач этого параграфа сопротивлением воздуха, а также массой нитей и пружин можно пренебречь, если иное не оговорено в условии.

2. На рисунке 30.1 изображён график зависимости высоты от времени для мячика, который поднимают и опускают на нити. Масса мячика 100 г.

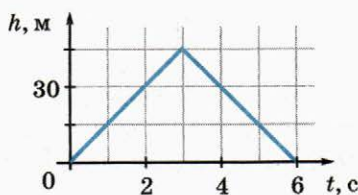


Рис. 30.1

а) Чему равна потенциальная энергия мячика через 2 с после начала подъёма?

б) Чему равна потенциальная энергия мячика через 5 с после начала подъёма?

в) Чему равна работа силы тяжести за промежуток времени от 2 с до 5 с?

3. Чему равна потенциальная энергия тела массой 100 г, брошенного вертикально вверх со скоростью 10 м/с, в высшей точке подъёма?

4. Камень массой 1 кг брошен вертикально вверх со скоростью 20 м/с. Найдите, чему равны при подъёме до максимальной высоты:

- а) работа силы тяжести;
- б) изменение потенциальной энергии;
- в) изменение кинетической энергии.

5. На рисунке 30.2 приведён график зависимости силы упругости от удлинения пружины.

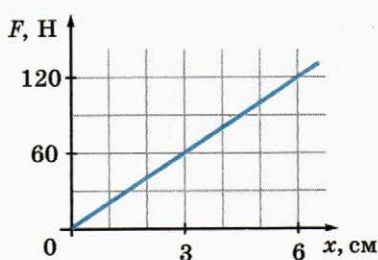


Рис. 30.2

а) Чему равна жёсткость пружины?

б) Чему равна потенциальная энергия растянутой пружины, если её удлинение равно 3 см? 9 см?

в) Какую работу совершила сила упругости при растяжении пружины от 3 см до 9 см?

6. Какую работу надо совершить, чтобы растянуть недеформированную пружину жёсткостью 60 кН/м на 2 мм?

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

7. С башни высотой 20 м брошен горизонтально камень массой 200 г с начальной скоростью 10 м/с. Чему равны через 1 с после начала движения:

- а) кинетическая энергия камня?
- б) потенциальная энергия камня относительно земли?

8. К пружине подвешен груз массой 5 кг. Чему равна потенциальная энергия упругой деформации пружины, если удлинение пружины равно 2 см?

9. Чтобы сжать недеформированную пружину на 4 см, надо приложить силу 40 Н. Насколько увеличится потенциальная энергия пружины, если сжать её ещё на 2 см?

10. К пружине подвешены два одинаковых груза. Один из грузов снимают. На сколько процентов уменьшится потенциальная энергия пружины, когда оставшийся груз будет находиться в покое?

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

11. К пружине, закреплённой верхним концом, подвешивают груз и медленно опускают его до положения равновесия. Чему равно отношение изменения потенциальной энергии груза к изменению потенциальной энергии пружины?

12. Две пружины жёсткостью 400 Н/м и 1 кН/м соединены, как показано на рисунке 30.3. В начальном положении пружины не деформированы. Чему будет равна потенциальная энергия системы пружин, если сместить шар на 3 см?



Рис. 30.3

13. К центру горизонтального гладкого диска, вращающегося вокруг вертикальной оси, прикреплена пружина, на другом конце которой закреплён груз массой m . Ось вращения проходит через центр диска. Жёсткость пружины k . Длина пружины в недеформированном состоянии l_0 . Груз вращается в горизонтальной плоскости с угловой скоростью ω . Чему равна потенциальная энергия пружины?

14. К нижнему концу пружины жёсткостью k_1 присоединена другая пружина жёсткостью k_2 , к которой прикреплен груз (рис. 30.4). Чему равно отношение потенциальных энергий пружин?

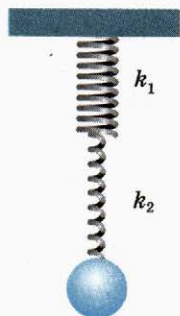


Рис. 30.4

§ 31. ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ В МЕХАНИКЕ¹

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

1. Камень массой 3 кг падает с высоты 20 м без начальной скорости. В момент удара о землю скорость камня равна 16 м/с.

- а) Чему равна потенциальная энергия в начале движения?
- б) Чему равна кинетическая энергия камня непосредственно перед ударом о землю?
- в) Чему равна работа силы сопротивления воздуха?

2. Шарик массой 50 г свободно падает с высоты 20 м без начальной скорости. Чему равна кинетическая энергия и скорость шарика на высоте 5 м?

3. На рисунке 31.1 приведён график зависимости от времени потенциальной энергии падающего тела массой 200 г.

а) С какой высоты падает тело?

б) Чему равна полная механическая энергия тела через 2 с после начала движения?

в) Чему равна кинетическая и потенциальная энергия тела через 1,5 с после начала движения?

г) На какой высоте находилось тело через 1,5 с после начала движения и какую скорость оно имело в этот момент?

4. Вагон массой 20 т движется со скоростью 3 м/с и ударяется о пружинный амортизатор. Жёсткость пружины 800 кН/м.

а) Чему равна кинетическая энергия вагона перед ударом о пружину?

б) Чему равна потенциальная энергия пружины при её максимальной деформации?

в) Чему равна максимальная деформация пружины?

5. С какой скоростью вылетает из пружинного пистолета шарик массой 10 г, если пружина была сжата на 5 см и жёсткость пружины равна 20 Н/м?

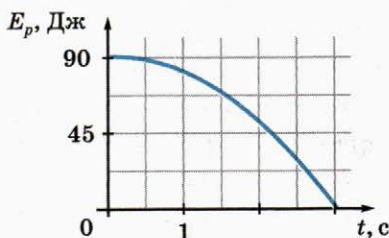


Рис. 31.1

¹ При решении задач этого параграфа сопротивлением воздуха, массой нитей и пружин можно пренебречь, если иное не оговорено в условии.

6. Тело брошено вертикально вверх со скоростью 15 м/с . На какой высоте кинетическая энергия тела будет равна его потенциальной энергии?

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

7. На какой высоте кинетическая энергия свободно падающего без начальной скорости тела равна его потенциальной энергии относительно земли, если на высоте 35 м скорость тела равна 30 м/с ?

8. С какой начальной скоростью надо бросить мяч вниз на асфальт с высоты 3 м , чтобы он после удара подпрыгнул на 5 м ? Считайте, что скорость мяча в результате удара об асфальт изменилась только по направлению.

9. Тело брошено с поверхности земли со скоростью 15 м/с под углом к горизонту. Чему равна скорость тела на высоте 10 м ?

10. Камень брошен с поверхности земли под углом к горизонту со скоростью 20 м/с . На какой высоте скорость камня уменьшится вдвое?

11. На гладком столе лежит брусок массой 200 г . Брусок соединён с пружиной жёсткостью 100 Н/м , которая прикреплена к стене (рис. 31.2). Пружину растянули на 10 см , и брусок отпустили с начальной скоростью, равной нулю. Чему равна скорость бруска в тот момент, когда растяжение пружины равно 4 см ?



Рис. 31.2

12. Лёгкий стержень длиной 80 см с закреплёнными на его концах грузами 1 кг и 3 кг может свободно вращаться в вертикальной плоскости вокруг горизонтальной оси, проходящей через середину стержня. Стержень приводят в горизонтальное положение и отпускают. Найдите скорость грузов в тот момент, когда стержень проходит вертикальное положение.

13. Шарик массой 100 г падает с некоторой высоты без начальной скорости. Его кинетическая энергия при падении на землю равна 9 Дж , а работа силы сопротивления воздуха при падении шарика равна -1 Дж . С какой высоты упал шарик?

14. Лыжник спускается в углубление с высоты H над уровнем земли и вылетает из углубления под таким углом к горизонту, что дальность его полёта максимальна. Во сколько раз максимальная высота подъёма лыжника над землёй во время полёта меньше начальной высоты H ?

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

15. Между двумя телами, лежащими на гладком столе, зажата пружина, концы которой соединены ниткой (рис. 31.3). Потенциальная энергия сжатой пружины равна 400 Дж. Масса первого тела 700 г, а масса второго — 100 г. Чему будет равна кинетическая энергия первого тела после пережигания нити?



Рис. 31.3

16. Гирия лежит на вертикально расположенной пружине и сжимает её на 1 см. Насколько сожмёт пружину эта гирия, если она упадёт на пружину с высоты 25 см?

17. На краю стола высотой H лежит шар массой M . В центр шара попадает горизонтально летящая со скоростью v_0 пуля массой m и застревает в нём. В результате шар слетает со стола. Чему равна скорость шара в момент удара об пол?

18. Брусек массой 500 г соскальзывает с гладкой наклонной плоскости с высоты 1 м и, скользя затем по гладкому столу, сталкивается со вторым неподвижным бруском массой 300 г. Столкновение абсолютно неупругое, наклонная плоскость плавно переходит в горизонтальную поверхность. Чему равно изменение кинетической энергии первого бруска в результате столкновения?

19. Пружинное ружьё наклонено под углом 30° к горизонту (рис. 31.4). Энергия сжатой пружины равна 0,41 Дж. При выстреле шарик массой m пролетает в стволе ружья 50 см и падает в точку M , находящуюся на расстоянии 1 м от точки вылета пули из ствола на одной высоте с этой точкой. Чему равна масса шарика? Трением в стволе и сопротивлением воздуха пренебречь.



Рис. 31.4

20. Из духового ружья стреляют в спичечную коробку, лежащую на расстоянии $L = 80$ см от края стола (рис. 31.5).

Пуля массой 2 г, летящая горизонтально со скоростью 200 м/с, пробивает коробку и вылетает из неё со скоростью, вдвое меньшей. Масса коробки 80 г. При каком коэффициенте трения между коробкой и столом коробка упадёт со стола?

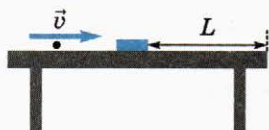


Рис. 31.5

21. Пуля, летящая горизонтально, попадает в лежащий на длинном гладком столе деревянный брусок. Масса бруска 500 г, масса пули 8 г. Пуля углубилась в брусок на 3 см. Средняя сила сопротивления движению пули 20 кН. Чему равна скорость пули перед попаданием в брусок?

§ 32. РАЗРЫВЫ И СТОЛКНОВЕНИЯ¹

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

1. Снаряд, выпущенный из пушки вертикально вверх, разорвался в верхней точке траектории на два осколка. Скорости осколков сразу после разрыва направлены горизонтально. Первый осколок упал на расстоянии 1,2 км от пушки. На каком расстоянии от пушки упадёт второй осколок, если его масса в 3 раза больше массы первого осколка?

2. Снаряд, выпущенный из пушки со скоростью v_0 под углом α к горизонту, разорвался в верхней точке траектории на два осколка равной массы. Первый осколок упал под местом разрыва, а скорость второго сразу после разрыва была направлена горизонтально.

- Чему равна скорость снаряда перед разрывом?
- Чему равна скорость первого осколка сразу после разрыва?
- Чему равна скорость второго осколка сразу после разрыва?
- На каком расстоянии от пушки упал первый осколок?
- На каком расстоянии от пушки упал второй осколок?

3. Выпущенный под углом к горизонту снаряд упал бы на расстоянии L от пушки, если бы не разорвался в полёте. Но

¹ При решении задач этого параграфа сопротивление воздуха можно не учитывать, если иное не оговорено в условии.

снаряд разорвался в верхней точке траектории на два осколка разной массы. Скорости осколков сразу после разрыва направлены горизонтально. Первый осколок упал вблизи пушки, а второй — на расстоянии $\frac{3L}{2}$ от пушки.

а) Чему равно отношение модуля скорости второго осколка к модулю скорости первого осколка сразу после разрыва в системе отсчёта, связанной с землёй?

б) Чему равно отношение массы второго осколка к массе первого осколка?

4. Шарик массой m движется со скоростью v и налетает на другой, покоящийся шарик. После упругого центрального удара шарик стали двигаться с одинаковыми по модулю скоростями.

а) Шарик после удара двигались в одном направлении или в противоположных?

б) Чему равен модуль скорости каждого шарика после столкновения?

в) Чему равна масса покоившегося вначале шарика?

5. Деревянный шар массой 100 г подвешен к потолку на лёгком стержне (рис. 32.1). На этот шар налетает пластилиновый шар массой 50 г, и после столкновения шары движутся как единое целое. Скорость пластилинового шара перед ударом направлена под углом 30° к горизонту. После удара шары поднялись относительно положения равновесия на 0,4 м. Чему равен модуль импульса пластилинового шара перед ударом?

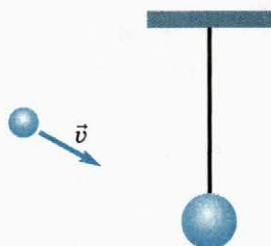


Рис. 32.1

6. На вертикальных нитях длиной 90 см висят, соприкасаясь, два пластилиновых шарика массами 20 г и 40 г. Первый шарик отклонили так, что нить составила угол 60° с вертикалью, и отпустили без толчка (рис. 32.2). Столкновение шаров считайте абсолютно неупругим и центральным.

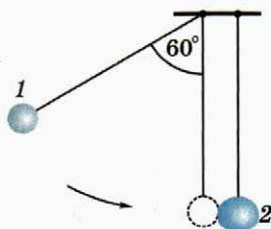


Рис. 32.2

а) Чему равна кинетическая энергия первого шарика непосредственно перед столкновением?

б) Чему равна скорость первого шарика непосредственно перед столкновением?

в) Чему равна общая скорость шариков сразу после столкновения?

г) Чему равна суммарная кинетическая энергия шариков сразу после столкновения?

д) Какое количество теплоты выделилось при столкновении шариков?

7. Шарик, движущийся со скоростью v по гладкой горизонтальной поверхности, налетает на кубик, лежащий неподвижно на той же поверхности. После удара шарик остановился, а кубик стал двигаться со скоростью $\frac{v}{4}$. Какая часть начальной кинетической энергии шарика перешла во внутреннюю энергию тел?

8. Тележка массой 0,8 кг движется со скоростью 2,5 м/с. На тележку с высоты 50 см падает кусок пластилина массой 0,2 кг и прилипает к ней. Насколько увеличилась внутренняя энергия тел в результате столкновения?

9. Пуля массой 10 г, летящая горизонтально со скоростью 400 м/с, попадает в подвешенный на нити длиной 70 см деревянный шар массой 4 кг и застревает в нём.

а) На какую высоту поднимется шар?

б) На какой угол отклонится нить?

в) Какое количество теплоты выделится при ударе?

10. Два шарика массами 200 г и 300 г подвешены на одинаковых нитях длиной 50 см и соприкасаются. Первый шарик отклонили на угол 90° и отпустили. На какую высоту поднимутся шарики после абсолютно неупругого столкновения?

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

11. Из пушки выстрелили вертикально вверх. Начальная скорость снаряда v_0 . В точке максимального подъёма снаряд разорвался на два равных по массе осколка. Осколок, упавший первым, упал вблизи точки выстрела со скоростью $2v_0$.

а) Через какое время после выстрела упадёт второй осколок?

б) Какую скорость будет иметь второй осколок в момент падения?

12. Снаряд массой 4 кг разорвался в полёте на два осколка равной массы. Один осколок полетел по направлению движения снаряда, а другой — в противоположную сторону. Суммарная кинетическая энергия осколков больше кинетической энергии снаряда на 0,5 МДж. Модуль скорости осколка, полетевшего по направлению движения снаряда, равен 900 м/с. Чему была равна скорость снаряда перед разрывом?

13. Два шара одного диаметра висят на вертикальных нитях длиной 0,5 м, касаясь друг друга. Массы шаров относятся, как 2 : 3. Более лёгкий шар отклонили от положения равновесия и отпустили. Угол отклонения нити от вертикали был равен 90° . На какую максимальную высоту поднимется более тяжёлый шар после упругого удара?

14. Два шарика подвешены на длинных вертикальных нитях так, что их центры находятся на одной горизонтали. Между шариками зажата связанная нитью пружина (рис. 32.3). Масса первого шарика 200 г, а второго 300 г. Энергия упругой деформации сжатой пружины равна 1 Дж. Нить пережигают. Чему равна максимальная высота подъёма первого шарика?

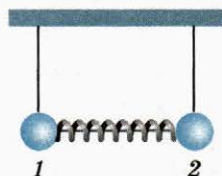


Рис. 32.3

15. Пуля массой 10 г, летящая со скоростью 200 м/с, попадает в центр металлического шара массой 2,5 кг, висящего на нити длиной 1 м. Столкновение считайте упругим. На какой максимальный угол отклонится нить?

16. Шар массой 1 кг, подвешенный на нити длиной 90 см, отводят от положения равновесия так, что нить отклоняется на угол 60° , и отпускают. В момент прохождения шаром положения равновесия в него попадает пуля массой 10 г, летящая навстречу шару со скоростью 300 м/с. Она пробивает его и вылетает горизонтально со скоростью 200 м/с, после чего шар продолжает движение в прежнем направлении (рис. 32.4). На какой максимальный угол отклонится шар после попадания в него пули? Считайте, что масса шара не изменилась.

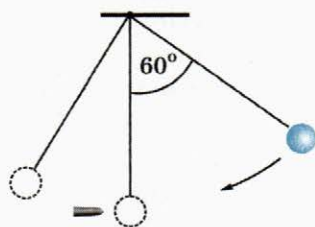


Рис. 32.4

17. Два шара массами m и $2m$ движутся по взаимно перпендикулярным направлениям. Модуль скорости каждого шара v . После столкновения более лёгкий шар останавливается. Чему равна скорость другого шара после столкновения? Какую часть начальной кинетической энергии более лёгкого шара составляет выделившееся при ударе количество теплоты?

§ 33. НЕРАВНОМЕРНОЕ ДВИЖЕНИЕ ПО ОКРУЖНОСТИ В ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ¹

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

1. На нити длиной 1 м подвешен груз массой 1 кг. На какую высоту надо отвести груз от положения равновесия, держа нить натянутой, чтобы при прохождении груза через положение равновесия сила натяжения нити была равна 15 Н?

2. Подвешенный на нити груз массой 0,2 кг совершает колебания в вертикальной плоскости. На какой наибольший угол отклоняется нить от вертикали, если при прохождении положения равновесия сила натяжения нити равна 3,2 Н?

3. Подвешенный на нити шарик массой m совершает колебания в вертикальной плоскости. Когда шарик проходит положение равновесия, сила натяжения нити равна $2mg$. На какой максимальный угол от вертикали отклоняется нить? Чему равна при этом сила натяжения нити?

4. Какую минимальную горизонтально направленную скорость необходимо сообщить шарiku, подвешенному на нити длиной 50 см, чтобы он описал полную окружность в вертикальной плоскости?

5. Шар массой 300 г висит на нити длиной 1 м. В шар падает и застревает в нём горизонтально летящая пуля массой 10 г. При какой минимальной скорости пули шар с застрявшей в нём пулей совершит полный оборот в вертикальной плоскости?

6. Груз подвешен на лёгком стержне длиной 50 см. Какую минимальную горизонтально направленную скорость надо сообщить грузу, чтобы он совершил полный оборот?

¹ При решении задач этого параграфа трением и сопротивлением воздуха можно пренебречь, если иное не оговорено в условии.

7. Небольшая шайба начинает скользить по гладкому жёлобу, переходящему в «мёртвую петлю» радиуса 20 см. Какова должна быть минимальная начальная высота шайбы, чтобы шайба прошла всю мёртвую петлю, не отрываясь от жёлоба?

8. Небольшая шайба массой 100 г начинает скользить по гладкому жёлобу, переходящему в мёртвую петлю радиуса 10 см (рис. 33.1). В начальный момент шайба находится на высоте 50 см. Шайба проходит всю мёртвую петлю, не отрываясь от жёлоба. С какой силой жёлоб давит на шайбу в верхней точке мёртвой петли?

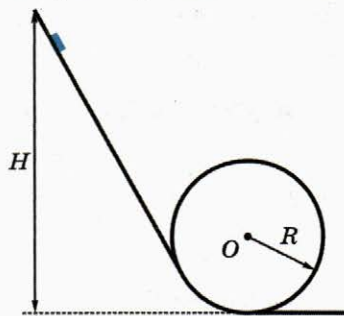


Рис. 33.1

9. Небольшая шайба начинает соскальзывать с гладкой полусферы радиуса 30 см, укрепленной на столе (рис. 33.2). На какой высоте от стола шайба оторвётся от полусферы?

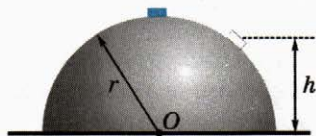


Рис. 33.2

10. На вершине гладкой полусферы радиуса R лежит небольшая шайба. Шайбе сообщают скорость $\vec{v}_0$ в горизонтальном направлении. На какой высоте h от стола шайба оторвётся от полусферы?

11. Небольшая шайба начинает соскальзывать с гладкой полусферы радиуса R , укрепленной на столе. Чему равен модуль v скорости шайбы непосредственно перед её падением на стол?

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

12. Шарик массой m , подвешенный на нити, отклоняют так, чтобы нить стала горизонтальной, и отпускают. При каком угле между нитью и вертикалью сила натяжения нити будет равна mg ?

13. Шарик массой m , подвешенный на нити длиной l , отклоняют так, чтобы нить стала горизонтальной, и отпускают. Какой угол образует нить с вертикалью в момент, когда уско-

рение шарика направлено горизонтально? Каковы в этот момент скорость шарика и сила натяжения нити?

14. Шарик подвешен в точке A на нити длиной l . В точке B на расстоянии $\frac{l}{2}$ ниже точки A в стену вбит гвоздь (рис. 33.3). Шарик отводят так, что нить становится горизонтальной, и отпускают. При движении нить зацепляется за гвоздь. На какой высоте после этого (считая от нижней точки траектории шарика) исчезнет сила натяжения нити?

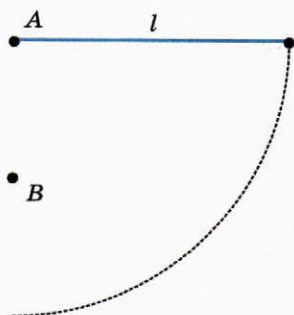


Рис. 33.3

15. Небольшая шайба массой m лежит внутри закреплённого цилиндра с горизонтальной осью (рис. 33.4). Внутренний радиус цилиндра 30 см, внутренние стенки цилиндра гладкие. Чему равен модуль v_0 горизонтальной скорости, которую надо сообщить шайбе в направлении, перпендикулярном оси цилиндра, чтобы она оторвалась от поверхности цилиндра на высоте 40 см?

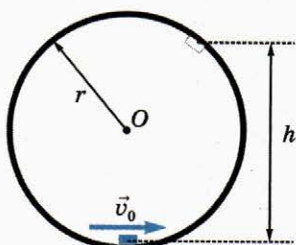


Рис. 33.4

16. Наклонная плоскость AB длиной 1 м и горизонтальная поверхность касаются расположенного в вертикальной плоскости обруча радиусом 30 см с центром в точке O (рис. 33.5). Небольшая шайба скользит вдоль наклонной плоскости из точки A . Какую минимальную начальную скорость надо сообщить шайбе, чтобы она оторвалась от опоры в точке B ? Коэффициент трения между наклонной плоскостью и шайбой равен 0,2, угол $\alpha = 30^\circ$.



Рис. 33.5

§ 34. ДВИЖЕНИЕ СИСТЕМЫ ТЕЛ¹

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

1. На вершине гладкой горки массой M , покоящейся на гладком столе, лежит монета массой m (рис. 34.1). От незначительного толчка монета соскальзывает с горки и движется по столу со скоростью v . Чему равна высота горки h ?



Рис. 34.1

2. Гладкая горка массой 100 г с двумя вершинами высотой 2 см и 8 см покоится на гладком горизонтальном столе (рис. 34.2). На более высокой вершине лежит монета массой 20 г . От незначительного толчка монета начинает соскальзывать и через некоторое время оказывается на вершине меньшей горки. Чему будет равна в этот момент скорость монеты? При движении тел монета не отрывается от горки, а горка — от стола.

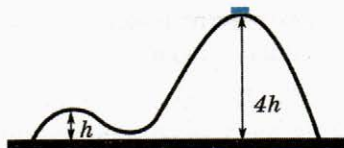


Рис. 34.2

3. Изогнутая жёсткая трубка укреплена на платформе, находящейся на гладкой горизонтальной поверхности стола (рис. 34.3). Масса трубки вместе с платформой равна M . В трубке на расстоянии H от стола удерживают шайбу, которая может скользить по трубке без трения. Левый край трубки находится на высоте $0,5 H$ от уровня стола. Все тела покоятся. Через некоторое время после того, как шайбу отпускают, она вылетает из трубки с горизонтально направленной скоростью, равной по модулю v . Чему равна масса m шайбы? При движении тел шайба не отрывается от трубки, а платформа с трубкой — от стола.

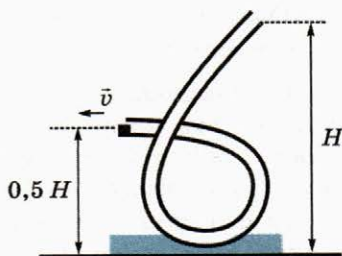


Рис. 34.3

¹ При решении задач этого параграфа трением и сопротивлением воздуха, а также массой пружин можно пренебречь, если иное не оговорено в условии.

4. По гладкому столу скользит шайба массой 20 г и въезжает на покоящуюся гладкую горку массой 100 г и высотой 12 см (рис. 34.4). Какова должна быть начальная скорость шайбы, чтобы в конечном состоянии горка и шайба двигались по столу как единое целое?



Рис. 34.4



Рис. 34.5

5. Человек массой m стоит на одном конце длинной тележки массой M , стоящей на рельсах (рис. 34.5). Он начинает бежать вдоль тележки и останавливается (относительно тележки) у другого её конца. Максимальная скорость человека относительно рельсов во время бега равна v . Чему равен модуль $v_{\text{т}}$ максимальной скорости человека относительно тележки?

6. На тележке массой M укреплен подвес, к которому на нити длиной l подвешен шарик массой m (рис. 34.6). Шарик отклоняют, как показано на рисунке, и отпускают. Чему будет равна скорость шарика относительно земли в нижней точке траектории?

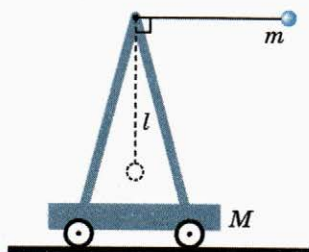


Рис. 34.6



Рис. 34.7

7. На столе закреплён гладкий брусок с выемкой в виде полусферы радиусом 0,5 м. Маленькая шайба массой 200 г может скользить по выемке без трения. Начав движение сверху, она сталкивается с другой такой же шайбой, покоящейся внизу (рис. 34.7). Чему равно количество теплоты, выделившееся в результате абсолютно неупругого удара?

8. На гладком столе постоит гладкий брусок массой M с выемкой в виде полусферы радиуса R (рис. 34.8). На край выемки кладут шайбу массой m и отпускают без толчка. Чему равна кинетическая энергия бруска в момент, когда шайба проходит нижнюю точку выемки?

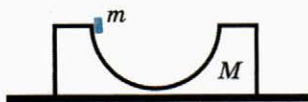


Рис. 34.8



Рис. 34.9

9. На гладком горизонтальном столе постоит брусок массой 200 г, прикреплённый пружиной жёсткостью 10 кН/м к стене (рис. 34.9). В брусок попадает и застревает в нём пуля массой 10 г, летевшая горизонтально. С какой скоростью летела пуля, если после удара пружина сжалась на 10 см?

10. На гладкой горизонтальной поверхности лежат два бруска массами 2 кг и 3 кг, между которыми находится пружина, удерживаемая нитью в сжатом состоянии. Жёсткость пружины 400 Н/м, пружина сжата на 5 см. Чему будут равны кинетические энергии брусков после того, как нить пережгут и они будут равномерно скользить по столу?

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

11. На вершине гладкой горки высотой 50 см, покоящейся на гладком столе, лежит монета. От незначительного толчка монета начинает соскальзывать с горки и, соскользнув, движется по столу со скоростью 3 м/с. Какова при этом будет скорость горки?

12. На гладкой горизонтальной поверхности стола походятся две гладкие незакреплённые горки массами m_1 и m_2 (рис. 34.10). На вершине горки массой m_1 , высота которой h_1 , лежит гладкая монетка массой m_0 . От незначительного толчка монетка соскальзывает с первой горки в направлении



Рис. 34.10

второй и поднимается по ней, не достигая вершины. Чему равна максимальная высота подъёма монетки на вторую горку? При движении тел монетка не отрывается от горки, а горки — от стола.

13. На гладком столе покоится гладкий брусок массой M с выемкой в виде полусферы радиуса R (рис. 34.11). Левая грань бруска упирается в стену. На край выемки кладут шайбу массой m и отпускают без толчка. Чему равна проекция v_x скорости шайбы на ось x в момент, когда она *второй* раз проходит нижнюю точку выемки?

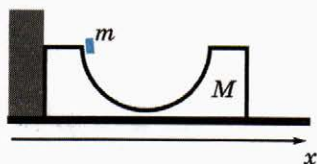


Рис. 34.11

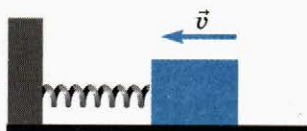


Рис. 34.12

14. Брусок массой m , лежащий на горизонтальной плоскости, соединён с вертикальной стеной недеформированной горизонтальной пружиной жёсткостью k (рис. 34.12). Коэффициент трения между бруском и плоскостью равен μ . Какую минимальную скорость надо сообщить бруску вдоль пружины, чтобы он вернулся в начальную точку?

Глава 4 СТАТИКА И ГИДРОСТАТИКА

§ 35. УСЛОВИЯ РАВНОВЕСИЯ ТЕЛА¹

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

1. Фонарь массой 20 кг подвешен на двух одинаковых тросах, угол между которыми равен 120° . Сделайте пояснительный чертёж. Найдите силу натяжения каждого троса.

2. Груз массой 5 кг подвешен на трёх тросах (рис. 35.1). Чему равна сила натяжения второго и третьего троса, если:

- $\alpha = 30^\circ$
- $\alpha = 60^\circ$

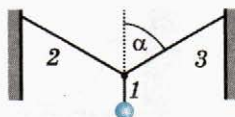


Рис. 35.1

3. Лестница OA опирается на гладкую стену (рис. 35.2) и находится в покое. Угол наклона лестницы к вертикали равен α , длина лестницы l . Точка приложения силы тяжести совпадает с серединой лестницы.

а) Чему равно плечо силы тяжести относительно точек A , O , B ?

б) Чему равно плечо действующей на лестницу со стороны пола силы трения относительно точек A , O , B ?

в) Чему равно плечо действующей на лестницу со стороны пола силы нормальной реакции относительно точек A , O , B ?

4. Перенесите в тетрадь рисунок 35.3. Одной клетке соответствует 2 м.

а) Чему равны модули сил $\vec{F}_2$, $\vec{F}_3$, если модуль силы $\vec{F}_1$ равен 3 Н?

б) Чему равны плечи сил $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$, $\vec{F}_3$ относительно точки O ?

в) Чему равны моменты сил $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$, $\vec{F}_3$ относительно точки O ?

г) Будет ли тело находится в положении равновесия?

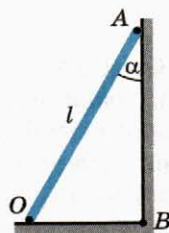


Рис. 35.2

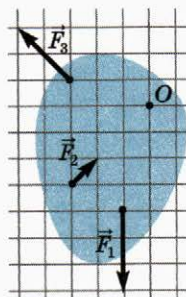


Рис. 35.3

¹ При решении задач этого параграфа трением и сопротивлением воздуха, а также массой пружин можно пренебречь, если иное не оговорено в условии.

5. Рычаг находится в равновесии под действием двух сил. Модуль первой силы равен 5 Н, а её плечо равно 6 см. Плечо второй силы равно 18 см.

- Чему равен модуль второй силы?
- С какой силой рычаг давит на опору?

6. К концам лёгкого стержня приложены перпендикулярные ему силы 3 Н и 18 Н. Длина стержня 14 см. Чему равны плечи сил, если стержень находится в равновесии?

7. На лёгком горизонтальном стержне длиной 1 м уравновешены два груза. Точка подвеса находится на расстоянии 20 см от первого груза массой 1 кг (рис. 35.4).



Рис. 35.4

- Чему равна масса второго груза?
- Чему равна сила натяжения верёвки, на которой подвешен стержень?

8. Какую силу нужно приложить, чтобы поднять за один конец лежащее на земле цилиндрическое бревно массой 120 кг? Точка приложения силы тяжести совпадает с серединой бревна.

9. Рельс длиной 10 м и массой 200 кг, расположенный горизонтально, поднимают на двух параллельных тросах. Найдите силу натяжения тросов, если один из них укреплен на конце рельса, а другой — на расстоянии 2 м от другого конца.

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

10. С помощью верёвки, направленной под углом 45° к горизонту и перекинутой через укрепленный вверх неподвижный блок, человек массой 60 кг держит груз массой 30 кг. С какой силой человек давит на пол?

11. Два груза подвешены на горизонтальном лёгком стержне на расстояниях 0,5 м и 1 м от точки опоры стержня. Сила давления стержня на опору равна 120 Н. Чему равны массы грузов?

12. Стержень AC упирается одним концом в стену, а другой его конец поддерживается тросом BC (рис. 35.5). К стержню в точке C подвешен груз массой 300 кг. С какой силой растянут трос и с какой силой сжат стержень, если $AC = 2$ м, $BC = 2,5$ м?

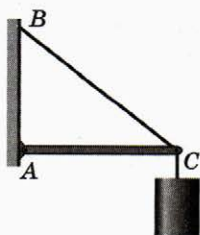


Рис. 35.5

13. Фонарь массой 20 кг (рис. 35.6) подвешен к столбу на кронштейне. Определите характер и модуль сил, действующих на стержни AB и BC , если $AB = 0,5$ м, а $BC = 1$ м. Крепление стержней — шарнирное¹.



Рис. 35.6

14. На концах нити, переброшенной через два неподвижных блока, висят два одинаковых груза (рис. 35.7). К середине нити прикрепляют такой же третий груз. На какое расстояние h опустится этот груз после установления равновесия? Расстояние между осями блоков равно $2l$. Трением в осях блоков можно пренебречь.

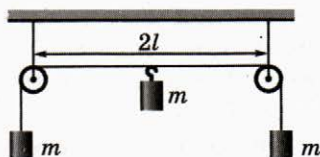


Рис. 35.7

15. Стержень массой 10 кг и длиной 2 м лежит на столе, выступая за его край слева на 0,2 м, справа на 0,6 м.

а) Какую силу надо приложить к правому концу стержня, чтобы приподнять его левый край?

б) Какую силу надо приложить к левому концу стержня, чтобы приподнять его правый край?

16. Половина цилиндрического стержня длиной 40 см состоит из стали, а другая половина — из алюминия. Где находится центр тяжести стержня?

17. На концах доски длиной 4 м и массой 30 кг сидят мальчики массой 30 кг и 40 кг. Где находится точка опоры?

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

18. К концам верёвки, перекинутой через два неподвижных блока, подвешены грузы массами $m_1 = 2$ кг и $m_2 = 4$ кг. На верёвку между блоками подвешивают груз массой $m = 5$ кг (рис. 35.8). Чему равен угол α , когда система находится в равновесии?

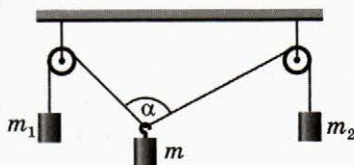


Рис. 35.8

¹ Шарнирно закреплённые стержни могут свободно поворачиваться в точках крепления. В таком случае действующие на стержни силы приложены только к концам стержней (но они не обязательно направлены вдоль стержней!).

19. На противоположных стенах комнаты на одинаковой высоте закреплены концы лёгкой пружины длиной l и жёсткостью k . В начальный момент пружина не деформирована. Когда к середине пружины подвесили груз, угол между половинами пружины стал равным 120° .

- Чему равно удлинение каждой половины пружины?
- Чему равна сила упругости одной половины пружины?
- Чему равна масса груза?

20. С какими силами растянуты или сжаты шарнирно закреплённые лёгкие стержни (рис. 35.9), если $AB = 60$ см, $AC = 1,2$ м, $BC = 1,6$ м, а масса груза $m = 50$ кг?

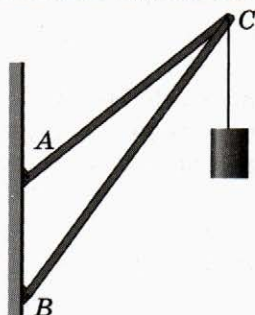


Рис. 35.9

21. Если груз лежит на левой чашке неравноплечих весов, его уравнивает гиря массой $m_1 = 40$ г на правой чашке. Если же груз положить на правую чашку, его уравнивает гиря массой $m_2 = 10$ г на левой чашке. Какова масса m груза? Во сколько раз одно плечо весов длиннее другого? Массой самих весов можно пренебречь.

22. Конусообразное бревно длиной 10 м можно уравновесить в горизонтальном положении на небольшой опоре, отстоящей на 3 м от середины бревна. Если же опора находится на середине бревна, то, чтобы уравновесить бревно, на один из его концов должен стать человек массой 60 кг. Чему равна масса бревна?

§ 36. ПРИМЕНЕНИЕ УСЛОВИЙ РАВНОВЕСИЯ ТЕЛА

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

1. На доске стоит сплошной однородный цилиндр, высота которого в 3 раза больше диаметра. Когда доску приподнимают на некоторый угол, цилиндр опрокидывается, не начав скользить по доске (рис. 36.1).

а) На какой максимальный угол можно наклонить доску, чтобы цилиндр не опрокинулся, а соскользнул с доски?

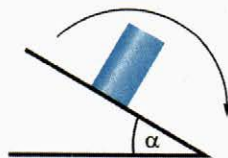


Рис. 36.1

б) При каком минимально возможном коэффициенте трения между цилиндром и доской цилиндр опрокинется до того, как начнёт скользить?

2. На горизонтальном столе стоит однородный сплошной цилиндр высотой h и диаметром d (рис. 36.2). Коэффициент трения между цилиндром и столом равен μ . К цилиндру прикладывают горизонтально направленную силу $\vec{F}$. Какова наибольшая высота $h_{\max}$ точки приложения этой силы, при которой цилиндр будет скользить по столу, а не опрокидываться?

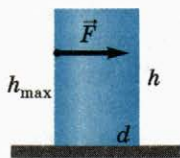


Рис. 36.2

3. Однородный стержень массой m и длиной l упирается в угол между стеной и полом (рис. 36.3). Какую наименьшую силу $\vec{F}$ надо прикладывать к верхнему концу стержня, чтобы удерживать его в положении, когда он составляет угол α с вертикалью?

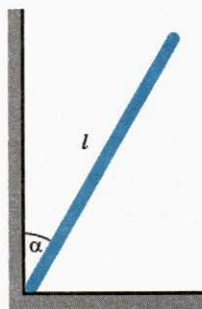


Рис. 36.3

4. Три кирпича длиной l каждый кладут один на другой без раствора (рис. 36.4). На какое наибольшее расстояние d может выступать край верхнего кирпича над краем нижнего?

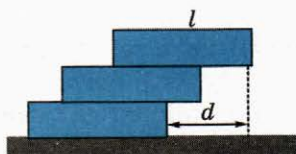


Рис. 36.4

5. Однородная доска опирается на пол и гладкую стену. При каких значениях коэффициента трения μ между доской и полом доска не будет скользить по полу, если угол α между доской и вертикалью равен 30° ?

6. Доска длиной l покоится, опираясь на пол и гладкую стену. Коэффициент трения между доской и полом равен μ . На каком максимальном расстоянии может находиться нижний конец доски от стены?

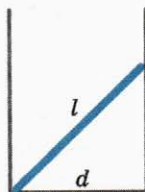


Рис. 36.5

7. В гладком цилиндрическом стакане с внутренним диаметром d находится пластмассовая палочка длиной l (рис. 36.5).

При этом верхний конец палочки опирается на стенку стакана и давит на неё с силой, равной по модулю F . Чему равна масса палочки?

8. В гладком цилиндрическом стакане внутренним диаметром 6 см и высотой 8 см покоится пластмассовая палочка, опираясь на край стакана. Какова длина палочки l , если сила, приложенная со стороны стакана к нижнему концу палочки, направлена вдоль палочки?

9. К верхнему концу гладкого лёгкого стержня, наклонённого под углом α к горизонтالي, подвешен груз массой m (рис. 36.6). Нижний конец стержня упирается в угол между стеной и полом. Стержень удерживается в равновесии с помощью горизонтально расположенного троса, прикрепленного к середине стержня и к стене. Чему равен модуль F_n силы, действующей на нижний конец стержня?

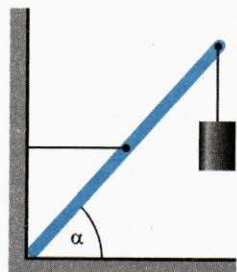


Рис. 36.6

10. Цилиндрическое бревно массой 200 кг приподнимают на ступеньку высотой 10 см (рис. 36.7). Радиус бревна 40 см. Какую наименьшую силу необходимо для этого приложить к центру бревна в горизонтальном направлении?

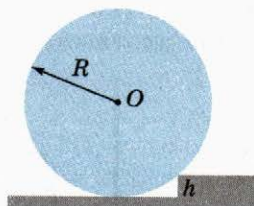


Рис. 36.7

11. Однородный шар массой m и радиусом R подвешен на нити, конец которой закреплён на гладкой вертикальной стене. Найдите силу T натяжения нити и силу F давления шара на стену, если длина нити l .

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

12. Грузный монтер поднимается по лёгкой лестнице длиной l , прислонённой к гладкой стене. Угол между стеной и лестницей равен α , а коэффициент трения между лестницей и полом равен μ . На какую максимальную высоту $h_{\max}$ (считая по вертикали от пола) может подняться монтер?

13. Какой минимальной силой $F_{\min}$ можно опрокинуть через неподвижное ребро однородный куб, находящийся на го-

горизонтальной плоскости? Каков должен быть минимальный коэффициент трения $\mu_{\min}$ между кубом и плоскостью, чтобы при этом не было проскальзывания? Масса куба m .

§ 37. ГИДРОСТАТИКА

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

1. Аквариум в форме куба со стороной a заполнен доверху водой. Найдите силы давления воды на дно и стенку аквариума. Атмосферное давление не учитывайте.

2. Чему будет равна разность уровней ртути в сообщающихся сосудах, если в одно колено поверх ртути налит столб керосина высотой 13,6 см?

3. На какой глубине в воде давление в 3 раза больше атмосферного?

4. На дне пустого стакана лежит деревянный шар радиуса R . Когда в стакан налили воду до высоты R , сила давления шара на дно стакана уменьшилась в 3 раза (рис. 37.1). Чему равна плотность дерева, из которого сделан шар?

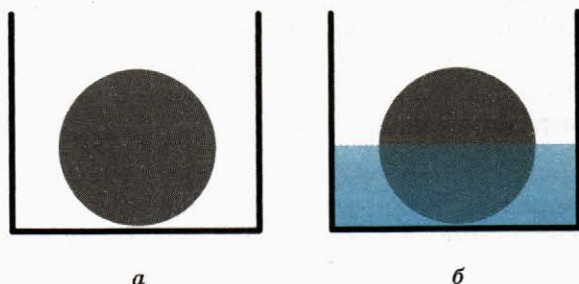


Рис. 37.1

5. Когда подвешенную к динамометру металлическую деталь погрузили в воду, показания динамометра уменьшились на 14 %. Из какого металла могла быть изготовлена деталь?

6. Сплошные шары — алюминиевый и железный — уравновешены на рычаге. Нарушится ли равновесие, если оба шара полностью погрузить в воду? Если да, то какой шар перевесит? Рассмотрите случаи, когда шары имеют:

- а) одинаковую массу;
- б) одинаковый объём.

7. Чему равна наименьшая площадь плоской льдины толщиной 40 см, способной удержать человека массой 76 кг?

8. В воде плавает льдина толщиной 0,5 м и площадью 5 м². Какую работу надо совершить, чтобы полностью погрузить льдину в воду?

9. Полый стальной шар плавает, погрузившись полностью в воду. Чему равна масса шара, если объём полости равен 200 см³?

10. Доска толщиной 5 см плавает в воде, погрузившись на 70 %. Поверх воды разливают слой нефти толщиной 1 см. Насколько будет выступать доска над поверхностью нефти?

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

11. В гладком цилиндрическом стакане с внутренним диаметром 7 см покоится пластмассовая палочка длиной 14 см, опираясь на край стакана. Плотность пластмассы 2000 кг/м³. Когда стакан доверху наполнили водой, сила давления палочки на край стакана уменьшилась на 0,05 Н. Чему равна масса палочки?

12. В гладком стакане высотой 10 см и внутренним диаметром 6 см покоится палочка длиной 14 см, опираясь на край стакана. Когда стакан доверху наполнили водой, сила давления палочки на край стакана уменьшилась вдвое. Чему равна плотность материала, из которого сделана палочка?

13. Алюминиевый груз массой 2,7 кг удерживается с помощью рычага силой $F = 36$ Н (рис. 37.2). Крепление рычага к стене шарнирное, длина рычага 4 м, масса 500 г. Груз опускают в сосуд с водой. Как нужно переместить точку приложения силы, чтобы рычаг снова находился в равновесии? Модуль силы $\vec{F}$ остаётся прежним.

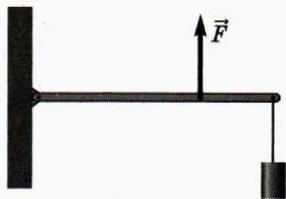


Рис. 37.2

14. Воздушный шар объёмом $V = 300$ м³ парит вблизи поверхности Земли. С шара сбросили балласт, и шар поднялся на высоту, где плотность воздуха вдвое меньше. Какова масса m балласта, если объём шара при подъёме увеличился в полтора раза? Плотность воздуха у поверхности Земли равна 1,29 кг/м³.

§ 38. СТРОЕНИЕ ВЕЩЕСТВА**БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ**

1. Сколько молекул воды поместилось бы на отрезке длиной 0,3 мм, если укладывать молекулы в один ряд? Размер молекулы воды примите равным 0,3 нм.

2. Сравните макроскопические и микроскопические параметры: что у них общего и чем они различаются? Приведите примеры макроскопических и микроскопических параметров.

3. Какая особенность молекулярного строения газов объясняет, почему газы могут расширяться неограниченно?

4. Какая особенность молекулярного строения газов объясняет, почему сжать газ намного легче, чем жидкость или твёрдое тело?

5. Какая особенность строения жидкостей и твёрдых тел объясняет, почему сжать их намного труднее, чем газы?

6. Объясните, почему нельзя доверять определению температуры на ощупь (рис. 38.1). Приведите примеры, подтверждающие ваш ответ.

7. Тело А находится в тепловом равновесии с телом В, а тело В — в тепловом равновесии с телом В. Объясните, почему температуры тел А и В равны.

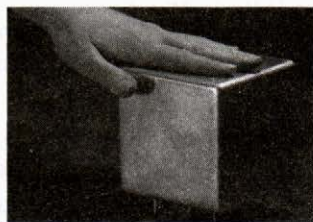


Рис. 38.1

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

8. На поверхность воды помещают каплю оливкового масла массой 0,06 мг. Плотность масла 920 кг/м^3 . Размер одной молекулы масла $3,3 \cdot 10^{-9} \text{ м}$. Чему равна максимально воз-

¹ В задачах этого раздела под температурой имеется в виду абсолютная температура, если иное не оговорено в условии. В вопросах также предлагается найти абсолютную температуру.

можная площадь масляного пятна (без разрывов), образовавшегося на поверхности воды?

9. При нагревании некоторой жидкости её уровень в стеклянном сосуде *понижается*. Какая это может быть жидкость? В каком интервале температур проводили этот опыт?

§ 39. ГАЗОВЫЕ ПРОЦЕССЫ¹

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

1. Какому значению абсолютной температуры соответствуют:

- нормальная температура тела человека?
- самая низкая зарегистрированная температура на Земле (около $-90\text{ }^{\circ}\text{C}$)?
- температура кипения азота ($-196\text{ }^{\circ}\text{C}$)?

2. Данную массу воздуха в цилиндре под поршнем нагрели при постоянном давлении от $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $627\text{ }^{\circ}\text{C}$.

а) Во сколько раз увеличилась абсолютная температура воздуха?

б) Как изменился объём воздуха?

3. На рисунке 39.1 изображён график зависимости объёма данной массы газа от температуры. Изменяется ли давление газа? Чему равна температура газа в конечном состоянии, если в начальном состоянии она равна $0\text{ }^{\circ}\text{C}$?

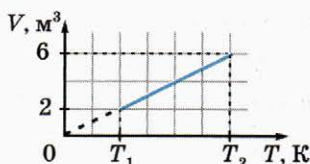


Рис. 39.1

4. При изобарном нагревании данной массы газа его плотность уменьшается в 1,5 раза. Чему равна конечная температура газа, если его начальная температура равна $-27\text{ }^{\circ}\text{C}$?

5. Данную массу газа нагрели от $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $427\text{ }^{\circ}\text{C}$ при постоянном давлении. Объём газа при этом увеличился на 8 л. Чему равен начальный объём газа?

6. Давление данной массы газа изохорно уменьшили в 3 раза. Начальная температура газа 300 К.

- Чему равна конечная температура газа?
- Изобразите графики зависимости $p(T)$, $V(T)$ и $p(V)$ для данного процесса.

7. Давление данной массы газа при нагревании в закрытом стеклянном сосуде увеличилось на $3 \cdot 10^5$ Па. В начальном

¹ При решении задач этого раздела газ можно считать идеальным.

состоянии газ находился при нормальных условиях. Чему равна конечная температура газа?

8. В изохорном процессе давление данной массы газа увеличили на 50 кПа. Насколько увеличилась при этом температура газа, если его начальное давление 200 кПа, а начальная температура 300 К?

9. Объём данной массы газа изотермически уменьшили от 12 м^3 до 3 м^3 .

а) Как изменилось при этом давление газа?

б) Изобразите графики зависимости $p(T)$, $V(T)$ и $p(V)$ для данного процесса.

10. На рисунке 39.2 изображён график зависимости давления данной массы воздуха от объёма при переходе из состояния 1 в состояние 2. Температура воздуха оставалась постоянной, в начальном состоянии объём воздуха 2 л, а его давление $1,6 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

а) Каков объём воздуха в состоянии 2?

б) Каково давление воздуха в состоянии 2?

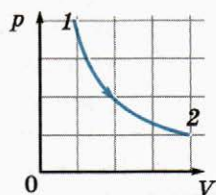


Рис. 39.2

11. На рисунке 39.3 изображён график зависимости давления данной массы газа от объёма. В состоянии 1 температура газа равна 100 К.

а) Чему равна температура газа в состоянии 2?

б) Чему равна температура газа в состоянии 3?

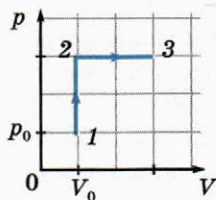


Рис. 39.3

12. На рисунке 39.4 изображён график зависимости объёма данной массы газа от температуры. В состоянии 1 давление газа равно атмосферному.

а) Каково давление газа в состоянии 2?

б) Каково давление газа в состоянии 3?

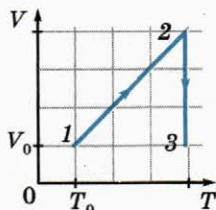


Рис. 39.4

13. Данная масса газа находится в цилиндрическом сосуде под поршнем при начальной температуре 27°С и нормальном атмосферном давлении. Начальный объём газа 5 л. Каким станет давление газа, если его объём увеличится до 10 л, а температура повысится до 227°С ?

14. Данная масса газа при нормальных условиях занимает объём 300 см^3 . Какой объём займёт этот газ при температуре -73°C и давлении 150 кПа ?

15. Объём данной массы воздуха уменьшают в 16 раз. При этом давление воздуха увеличивается в 20 раз. Начальная температура воздуха равна 300 К . Какова конечная температура воздуха?

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

16. Данную массу газа изобарно нагревают на 15°C . Объём газа при этом увеличился на 4% . Чему равна начальная температура газа?

17. Некоторую массу газа изохорно нагревают от 27°C до 127°C . Давление газа при этом возросло на 40 кПа . Чему равно начальное давление газа?

18. В металлический баллон объёмом 10 л накачивают воздух поршневым насосом. Начальное давление воздуха в баллоне равно нормальному атмосферному. Площадь поршня насоса 10 см^2 , ход поршня 20 см . Сколько качаний надо сделать, чтобы увеличить давление воздуха в баллоне в 3 раза? Процесс считайте изотермическим.

19. Из металлического сосуда откачивают воздух поршневым насосом, объём цилиндра которого равен объёму сосуда. Начальное давление воздуха в сосуде равно нормальному атмосферному. Чему будет равно давление в сосуде после 10 ходов поршня насоса? Температуру воздуха считайте постоянной.

20. Как изменится давление данной массы газа при увеличении абсолютной температуры газа в 2 раза и уменьшении концентрации в 4 раза?

21. Данную массу газа сначала изотермически сжимают, а затем изобарно расширяют так, чтобы конечный объём газа стал равен начальному. Изобразите графики зависимости $p(T)$, $V(T)$ и $p(V)$.

22. Данную массу газа изобарно нагревают, затем изотермически сжимают и изохорно возвращают в начальное состояние. Изобразите графики зависимости $p(T)$, $V(T)$ и $p(V)$.

23. Данную массу газа изохорно охладил от 127°C до 27°C , после чего давление газа в изотермическом процессе

сделали равным начальному. Постройте график всего процесса в координатах (V, T) . На сколько процентов уменьшился объём газа в изотермическом процессе?

24. Объём пузырька воздуха при всплывании со дна водоёма на поверхность увеличился в 6 раз. Чему равна глубина водоёма? Процесс считайте изотермическим, а атмосферное давление — нормальным.

25. Начальная температура данной массы газа равна 27°C . Объём газа уменьшают от 6 л до 2 л при постоянном давлении 160 кПа. Затем газ изотермически расширяют до объёма 8 л. Постройте график данного процесса в координатах (V, T) . Чему равны конечные температура и давление газа?

26. На рисунке 39.5 изображён график зависимости давления данной массы газа от объёма. В состоянии 1 температура газа равна T_1 . Чему равна температура газа в состоянии 2?

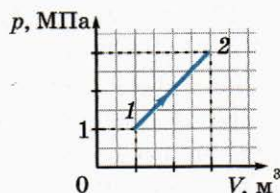


Рис. 39.5

27. Компрессор нагнетает воздух в резервуар ёмкостью V , захватывая при каждом качании объём воздуха ΔV . Первоначально давление в резервуаре равно атмосферному p_a . Температуру воздуха считайте постоянной. Какое давление p_N установится в резервуаре после N качаний компрессора?

28. Воздух в открытом стеклянном сосуде нагрели до 100°C . После этого сосуд герметично закрыли и охладили до 20°C . На сколько процентов при этом изменилось давление в сосуде?

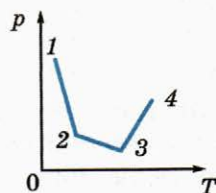


Рис. 39.6

29. На рисунке 39.6 изображён график зависимости давления данной массы газа от температуры. Какому состоянию газа соответствует наименьшее значение объёма?

30. На рисунке 39.7 изображён график зависимости объёма данной массы газа от температуры. Какому состоянию соответствует наибольшее значение давления?

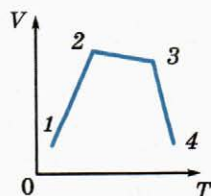


Рис. 39.7

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

31. Поршневым воздушным насосом ёмкостью ΔV откачивают воздух из сосуда ёмкостью V . Начальное давление воздуха в сосуде равно атмосферному p_a . Каково давление p_N в сосуде после N качаний насоса? Температуру воздуха считайте постоянной.

32. Уравнение процесса, происходящего с данной массой газа, описывается законом $TV^2 = \text{const}$. Объём газа увеличивают в 2 раза. Как при этом изменится давление газа?

33. На рисунке 39.8 изображён график зависимости объёма от температуры для данной массы газа. На каком участке давление газа увеличивалось, а на каком — уменьшалось? Дайте графическое решение.

34. На рисунке 39.9 изображён график зависимости давления от объёма для данной массы газа. Укажите точки, соответствующие наибольшей и наименьшей температуре (дайте графическое решение).

35. На рисунке 39.10 изображён график зависимости давления данной массы газа от объёма. Температура газа в состоянии 1 равна T_1 , а в состоянии 3 она равна T_3 . Состояния 2 и 4 лежат на одной изотерме. Чему равна температура газа в состоянии 2?

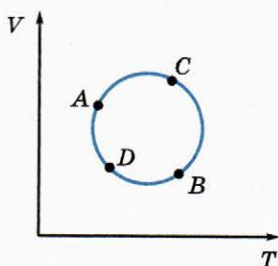


Рис. 39.8

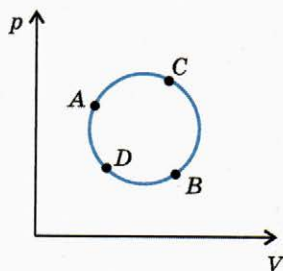


Рис. 39.9

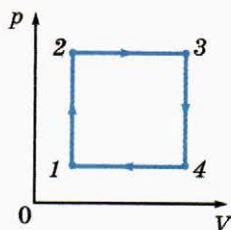


Рис. 39.10

§ 40. УРАВНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ИДЕАЛЬНОГО ГАЗА

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

1. В сосуде находится $12 \cdot 10^{24}$ молекул водяного пара. Чему равно количество вещества в сосуде?

2. Сколько молекул содержится:
 - а) в 5 моль воды? б) в 10 моль аргона?
3. Во сколько раз число молекул, содержащихся в 4 моль кислорода, больше, чем в 1 моль неона?
4. Чему равна масса:
 - а) 20 моль азота? б) 2 моль ртути? в) 100 моль льда?
5. Сколько молей:
 - а) в 3 кг свинца? б) в алюминиевом кубике с длиной ребра 5 см? в) в 10 л воды?
6. Сколько молекул содержится:
 - а) в 1,8 г воды? б) в 500 г кислорода? в) в 1 кг серы?
7. Чему равна масса атома:
 - а) кремния? б) йода? в) золота?
8. Чему равна масса:
 - а) $5 \cdot 10^{24}$ молекул воды? б) $6 \cdot 10^{25}$ молекул меди?
 - в) $2 \cdot 10^{26}$ молекул ртути?
9. Чему равно число молекул в капельке тумана объемом 10^{-16} м^3 ?
10. В баллоне ёмкостью 100 л содержится газ аммиак (NH_3). Плотность газа в баллоне равна $0,8 \text{ кг/м}^3$.
 - а) Чему равна молярная масса аммиака?
 - б) Чему равна масса молекулы аммиака?
 - в) Чему равна масса газа в баллоне?
 - г) Чему равно число молекул аммиака в баллоне?
11. Чему равно количество вещества:
 - а) в газе объемом 20 л при давлении 150 кПа и температуре 300 К?
 - б) в газе объемом 100 см³ при давлении 1 МПа и температуре 27 °С?
12. Чему равно давление:
 - а) воздуха массой 0,29 кг, находящегося в баллоне объемом 50 л при 27 °С?
 - б) кислорода массой 0,2 кг, содержащегося в сосуде объемом 20 л при температуре 30 °С?
13. Чему равна температура:
 - а) углекислого газа массой 2 кг в баллоне вместимостью 0,04 м³ при давлении 3 МПа?

б) азота массой 2,8 г и объёмом 500 см³ при давлении 400 кПа?

14. Чему равна масса:

а) углекислого газа объёмом 10 л при давлении 0,2 МПа и температуре 20 °С?

б) метана (CH₄) объёмом 2 м³ при давлении 400 кПа и температуре 0 °С?

15. Газ массой 16 г при давлении 1 МПа и температуре 112 °С занимает объём 1,6 л. Какой это может быть газ?

16. Чему равна плотность гелия при нормальных условиях?

17. В баллоне находится аргон при температуре 25 °С. Концентрация газа равна $2 \cdot 10^{25}$ м⁻³. Чему равно давление в баллоне?

18. На рисунке 40.1 изображены графики зависимости объёма от температуры для двух масс m_1 и m_2 одного и того же газа. Чему равно отношение этих масс?

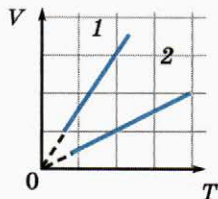


Рис. 40.1

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

19. В первом сосуде находится 28 г азота, а во втором — 44 г углекислого газа. В каком сосуде газ содержит больше атомов? Во сколько раз больше?

20. Какова длина ребра куба из титана, если в нём содержится $1,9 \cdot 10^{23}$ атомов? Плотность титана 4500 кг/м³.

21. Поверхность площадью 5 см² покрывают ровным слоем золота. За 1 с на поверхность осаждается 10^{18} атомов. Сколько времени потребуется для осаждения слоя золота толщиной 1 мкм?

22. В открытый цилиндрический сосуд диаметром 10 см налита вода до высоты 15 см. Вся вода испарилась за 10 дней. Сколько молекул вылетало с поверхности воды за 1 с?

23. В стакане чая объёмом 200 мл растворили кусочек сахара размером $2,5 \times 1 \times 0,7$ см и хорошо размешали (рис. 40.2). Сколько молекул сахара



Рис. 40.2

попадёт в одну чайную ложку сладкого чая? Объём чайной ложки 5 мл, плотность сахара 850 кг/м^3 , молярная масса сахара $0,342 \text{ кг/моль}$.

24. При температуре 27°C давление газа равно $4,2 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Чему равна концентрация молекул газа?

25. Чему равно давление газа, содержащего 10^{20} молекул и занимающего объём 2 см^3 при температуре 300 К ?

26. Абсолютную температуру газа в открытом сосуде увеличили на 25% . Увеличилась или уменьшилась при этом концентрация газа? На сколько процентов?

27. В сосуде находится озон при температуре 527°C . Через некоторое время он превратился в кислород, а температура газа упала до 127°C . Увеличилось или уменьшилось при этом давление в сосуде? На сколько процентов?

28. В баллоне находится азот при давлении 400 кПа и температуре 400 К . Половину массы газа выпустили из баллона, а температуру оставшегося газа понизили до 300 К . Каким стало давление азота?

29. В вертикальном цилиндрическом сосуде под поршнем находится газ при температуре 46°C . Вследствие охлаждения газа до -7°C и его утечки объём под поршнем уменьшился в 3 раза. Какая доля начальной массы газа вытекла при этом из сосуда? Примите, что трением между поршнем и стенкой сосуда можно пренебречь.

30. В баллоне вместимостью 220 л находится гелий при давлении 100 кПа и температуре 7°C . На сколько процентов надо увеличить массу газа, чтобы его давление стало равным 300 кПа , а температура поднялась до 57°C ?

31. Один из двух одинаковых сосудов заполнен сухим воздухом, а другой — влажным, содержащим водяные пары. Температуры и давления в обоих сосудах одинаковы. Какой из сосудов легче?

32. В вертикальном цилиндре под поршнем площадью S находится ν молей одноатомного газа. Внешнее атмосферное давление равно p_0 . Когда температура газа понизилась на ΔT , поршень опустился на Δh . Трением можно пренебречь. Чему равна масса поршня m ?

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

33. Газ находится при температуре $123\text{ }^{\circ}\text{C}$ и давлении 10^5 Па . Чему равно среднее расстояние между центрами молекул?

34. Какова плотность ρ кристалла с кубической решёткой (рис. 40.3), если масса каждого атома m_0 , а длина ребра кубической ячейки a ?

35. В закрытом сосуде сгорает кусочек угля и образуется углекислый газ. Затем сосуд охлаждают до начальной температуры. Чему равно отношение конечного давления в сосуде к начальному? Объёмом угля можно пренебречь по сравнению с объёмом сосуда.

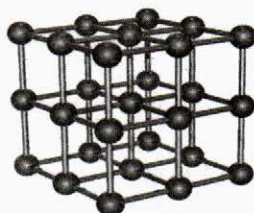


Рис. 40.3

36. По газопроводу течёт газ с молярной массой M при давлении p и температуре T . За промежуток времени t протекает масса газа m . Какова скорость движения газа в газопроводе?

37. В цилиндре под поршнем площадью 100 см^2 и массой 50 кг находится воздух при температуре $7\text{ }^{\circ}\text{C}$. Поршень находится на высоте 60 см от дна цилиндра. Воздух в цилиндре нагревают до $47\text{ }^{\circ}\text{C}$, а на поршень ставят гирю массой 100 кг . Насколько опустится или поднимется поршень по сравнению со своим начальным положением? Атмосферное давление равно 100 кПа , трением можно пренебречь.

§ 41. АБСОЛЮТНАЯ ТЕМПЕРАТУРА И СРЕДНЯЯ КИНЕТИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ МОЛЕКУЛ¹

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

1. Как изменится давление газа при увеличении концентрации его молекул в 2 раза, если средняя квадратичная скорость молекул остаётся неизменной?

2. Как изменится давление газа, если средняя квадратичная скорость молекул увеличится в 2 раза при неизменной их концентрации?

¹ При решении задач этого параграфа считайте газ одноатомным, если название газа не приведено в условии.

3. Как изменится давление газа, если при неизменной концентрации молекул их средняя кинетическая энергия увеличится в 3 раза?

4. Как изменится средняя кинетическая энергия молекул газа при понижении абсолютной температуры в 2 раза?

5. При какой температуре средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул газа равна $9 \cdot 10^{-21}$ Дж?

6. При какой температуре средняя кинетическая энергия молекул газа будет в 2 раза больше, чем при температуре 200 К?

7. Как изменится давление газа при уменьшении средней квадратичной скорости молекул в 2 раза и увеличении концентрации молекул в 2 раза?

8. Во сколько раз изменится давление газа при уменьшении его объёма в 4 раза, если средняя квадратичная скорость молекул остаётся неизменной?

9. Масса молекулы первого газа в 3 раза больше массы молекулы второго газа. Сравните давления газов при одинаковых концентрациях молекул, если одинаковы:

а) средние кинетические энергии;

б) средние квадратичные скорости молекул.

10. Средняя квадратичная скорость молекул газа равна 600 м/с, а его плотность равна $1,2 \text{ кг/м}^3$. Чему равно давление газа?

11. Газ массой 2 кг занимает объём 3 м^3 при давлении 200 кПа. Чему равна средняя квадратичная скорость молекул газа?

12. При нагревании газа его температура увеличилась от 27°C до 627°C . Как при этом изменилась:

а) средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул?

б) средняя квадратичная скорость молекул?

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

13. Средняя кинетическая энергия молекул газа равна $1,5 \cdot 10^{-19}$ Дж. Сколько молекул содержится в 2 л этого газа при нормальных условиях?

14. Увеличится или уменьшится давление газа в стеклянном сосуде, если число молекул газа увеличить на 30 %, а аб-

солютную температуру газа уменьшить на 30 %? На сколько процентов?

15. Чему равно отношение средних квадратичных скоростей атомов гелия и аргона при одинаковой температуре?

16. В результате изобарного процесса плотность газа увеличилась в 2 раза. Как при этом изменилась средняя квадратичная скорость молекул?

17. Кислород содержится в баллоне под давлением 0,2 МПа. Средняя квадратичная скорость молекул газа равна 700 м/с. Чему равна концентрация молекул кислорода?

18. Чему равна средняя квадратичная скорость молекул азота при нормальных условиях?

19. Увеличится или уменьшится давление газа при увеличении средней квадратичной скорости его молекул на 50 %? На сколько процентов?

20. Сосуд разделён теплонепроницаемым поршнем на две части. В одной части находится 1 г гелия при температуре 300 К, а в другой — 1 г неона при температуре 600 К.

а) Чему равно отношение средней кинетической энергии атомов неона к средней кинетической энергии атомов гелия?

б) Суммарная кинетическая энергия атомов какого газа больше? Во сколько раз больше?

в) Средняя квадратичная скорость атомов какого газа больше? Во сколько раз больше?

21. Абсолютную температуру газа, находящегося в открытом сосуде, увеличили на 25 %. Как при этом изменится:

а) давление?

б) концентрация молекул газа?

в) средняя кинетическая энергия молекулы?

г) суммарная кинетическая энергия всех молекул?

д) средняя квадратичная скорость молекул?

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

22. Во сколько раз уменьшится давление газа на поверхность, если она станет поглощать половину налетающих на неё молекул газа?

23. Герметично закрытый сосуд полностью заполнен водой. Во сколько раз давление p внутри сосуда стало бы больше нормального атмосферного, если бы силы взаимодействия меж-

ду молекулами воды исчезли, а температура образовавшегося пара была равна 300 К? Примите, что образовавшийся пар удовлетворяет уравнению состояния идеального газа.

24. Когда в баллоне с горячим воздухом при температуре $T_{\text{гор}}$ образовалась течь, давление в баллоне начало изменяться, но через некоторое время оно стало практически постоянным.

а) Будет установившееся давление p_2 в баллоне больше внешнего давления p_a или меньше?

б) Найдите установившееся давление p_2 в баллоне, если температура окружающего воздуха равна $T_{\text{окр}}$.

25. При повышении температуры газа на 150 К средняя квадратичная скорость его молекул увеличилась с 500 м/с до 600 м/с. Чему равна начальная температура газа? Насколько ещё нужно нагреть этот газ, чтобы средняя квадратичная скорость его молекул стала равной 800 м/с?

26. Как изменится давление воздуха, если содержащиеся в нём молекулы азота заменить таким же количеством молекул водяного пара при сохранении:

а) средней кинетической энергии молекул?

б) средней квадратичной скорости молекул?

§ 42. ПЕРВЫЙ ЗАКОН ТЕРМОДИНАМИКИ

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

1. В сосуде объёмом 20 л содержится $8 \cdot 10^{24}$ атомов гелия. Средняя кинетическая энергия атома $6,21 \cdot 10^{-21}$ Дж.

а) Чему равна внутренняя энергия газа?

б) Чему равна температура газа?

в) Сколько молей газа содержится в сосуде?

г) Чему равна концентрация атомов газа?

д) Чему равно давление газа в сосуде?

е) Чему равна масса газа?

2. Данная масса одноатомного газа находится в сосуде объёмом 4 л. Чему равно давление газа, если его внутренняя энергия равна 1,5 кДж?

3. При нагревании данной массы одноатомного газа в сосуде объёмом 10 л давление газа увеличилось на 50 кПа. Насколько изменилась внутренняя энергия газа?

4. Объём данной массы газа увеличился от 10 л до 30 л при постоянном давлении 300 кПа. Чему равна работа газа?

5. На рисунке 42.1 изображены графики зависимости $p(V)$ для данной массы газа. Чему равна работа газа в каждом случае?

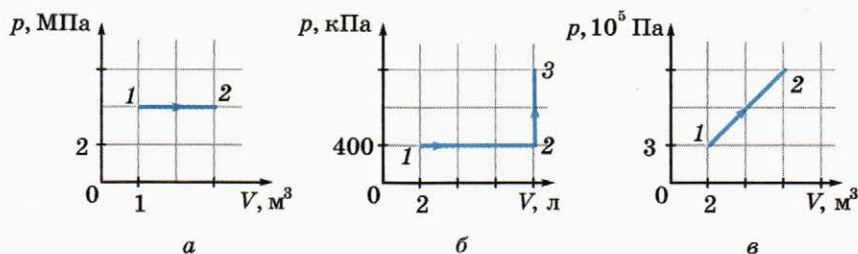


Рис. 42.1

6. Внутренняя энергия данной массы газа уменьшилась на 300 Дж, при этом газ отдал количество теплоты, равное 300 Дж. Чему равна работа газа?

7. Газ данной массы получил количество теплоты 300 Дж и совершил работу 200 Дж. Насколько при этом изменилась внутренняя энергия газа?

8. Данной массе газа передали количество теплоты 2 кДж, при этом его внутренняя энергия увеличилась от 100 Дж до 500 Дж. Чему равна работа газа?

9. Пяти молям одноатомного газа, находящегося в закрытом стеклянном сосуде, передали количество теплоты 5 кДж. Как изменилась температура газа?

10. Какое количество теплоты надо сообщить пяти молям одноатомного газа, чтобы изохорно увеличить температуру газа на 20 К?

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

11. Чему равна внутренняя энергия смеси, состоящей из 5 г гелия и 30 г аргона при 300 К?

12. Данную массу одноатомного газа, находящегося при 0°C , нагрели на 127°C . На сколько процентов увеличилась внутренняя энергия газа?

13. Одноатомный газ находится в сосуде объёмом 5 л при температуре 27°C . Внутренняя энергия газа равна 300 Дж. Чему равна концентрация молекул газа?

14. На рисунке 42.2 изображены графики зависимости $p(V)$ для данной массы газа. Чему равна работа газа в каждом случае?

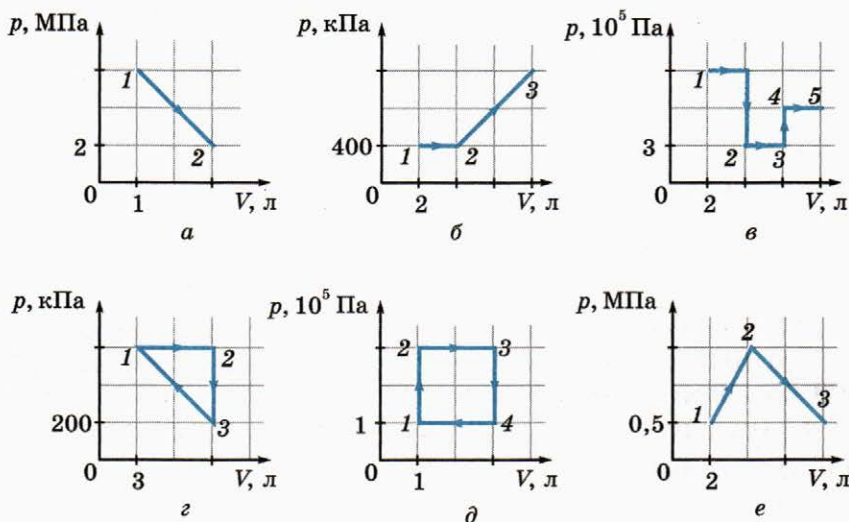


Рис. 42.2

15. На рисунке 42.3 изображён график зависимости $p(T)$ для двух молей газа. Чему равна работа газа при переходе из состояния 1 в состояние 2?

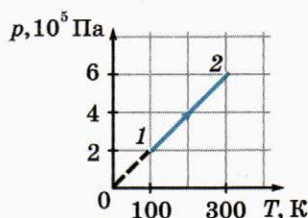


Рис. 42.3

16. При расширении данной массы газа его давление изменилось от 300 кПа до 100 кПа, а объём — от 3 л до 6 л. Чему равна работа газа, если график зависимости давления от объёма представляет собой отрезок прямой?

17. Неон массой 6,5 г находился при давлении $4 \cdot 10^5$ Па и температуре 300 К. После изобарного нагревания объём газа стал равным 20 л.

- Чему равен начальный объём газа?
- Какую работу совершил газ при расширении?
- Чему равно изменение внутренней энергии газа?
- Какое количество теплоты было передано газу?

18. При изобарном расширении газ массой 20 г совершил работу 6,23 кДж, при этом его объём увеличился в 4 раза. Начальная температура газа 127 °С. Какой это может быть газ?

19. Одноатомный газ данной массы при изобарном расширении получил количество теплоты 1200 Дж. Насколько увеличилась внутренняя энергия газа?

20. Данную массу газа охлаждают при постоянном объёме. Насколько изменилась внутренняя энергия газа, если он отдал количество теплоты 50 Дж?

21. При изобарном расширении данной массы одноатомного газа ему передали количество теплоты 20 кДж. Чему равна работа газа?

22. При изобарном расширении данной массы одноатомного газа передали количество теплоты 6 кДж. Начальная внутренняя энергия газа равна 1 кДж. Чему равна конечная внутренняя энергия газа?

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

23. Состояние одного моля одноатомного газа изменяется так, что выполняется соотношение $p^3V = \text{const}$. Начальная температура газа 300 К. Объём газа увеличился в 8 раз. Насколько изменилась внутренняя энергия газа?

24. При изобарном расширении данной массы одноатомного газа он совершил работу 2 кДж, а его внутренняя энергия увеличилась на 3 кДж. Затем газу в изохорном процессе сообщили такое же количество теплоты, как и в первом процессе. Насколько увеличилась в результате внутренняя энергия газа?

25. При изохорном охлаждении данной массы одноатомного газа его внутренняя энергия уменьшилась на 120 кДж. Затем газ изобарно нагрели до начальной температуры. Чему равно количество теплоты, переданной газу при нагревании?

26. Четыре моля одноатомного газа нагрели изобарно, после чего газ нагрели изохорно. В результате и давление, и объём газа увеличились в 3 раза. Какое количество теплоты получил газ в результате, если его начальная температура была 100 К?

27. Давление трёх молей одноатомного газа увеличивают прямо пропорционально объёму газа. Какое количество теплоты сообщили газу при увеличении его температуры на 50 К?

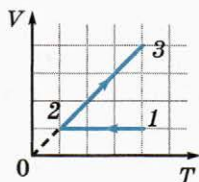


Рис. 42.4

28. На рисунке 42.4 приведён график процесса с двумя молями одноатомного газа. Начальная температура равна 400 К. Какое количество теплоты отдал газ на участке 2 — 3?

§ 43. ТЕПЛОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ. ВТОРОЙ ЗАКОН ТЕРМОДИНАМИКИ

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

1. КПД теплового двигателя равен 30 %. Во сколько раз количество теплоты, полученное двигателем от нагревателя, больше совершенной двигателем работы?

2. Температура нагревателя теплового двигателя равна 500 К, а температура холодильника — 350 К. Чему равен максимально возможный КПД теплового двигателя?

3. Максимально возможный КПД теплового двигателя 25 %. Температура нагревателя равна 400 К. Чему равна температура холодильника?

4. Максимально возможный КПД теплового двигателя 30 %. Температура холодильника 27 °С. Чему равна абсолютная температура нагревателя?

5. Тепловой двигатель получает от нагревателя за один цикл количество теплоты 1 кДж и отдаёт холодильнику 650 Дж.

- Чему равна полезная работа двигателя за один цикл?
- Чему равен КПД двигателя?

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

6. Чему равен максимально возможный КПД теплового двигателя, если температура нагревателя больше температуры холодильника в 1,3 раза?

7. КПД теплового двигателя равен 35 %. Каким станет КПД, если количество теплоты, получаемой от нагревателя, увеличить на 15 %, а количество теплоты, отдаваемой холодильнику, увеличить на 10 %?

8. КПД двигателя реактивного самолёта равен 45 % (рис. 43.1). При полёте со скоростью 2000 км/ч двигатель развивает силу тяги 90 кН. Чему равен расход топлива за 1 ч полёта? Удельная теплота сгорания керосина 45 МДж/кг.



Рис. 43.1

9. С некоторой массой одноатомного газа совершают замкнутый цикл, состоящий из двух изохорных и двух изобарных процессов. При изохорном нагревании давление увеличивается в 3 раза, а при изобарном нагревании объём увеличивается на 50 %. Чему равен КПД цикла?

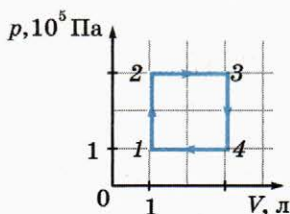


Рис. 43.2

10. На рисунке 43.2 показан график зависимости $p(V)$ для циклического процесса, происходящего с некоторой массой одноатомного газа.

- Чему равна работа газа за один цикл?
- Чему равно количество теплоты, полученное газом от нагревателя за один цикл?
- Чему равен КПД данного цикла?

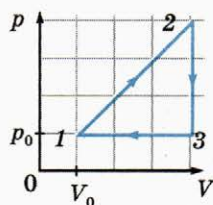


Рис. 43.3

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

11. На рисунке 43.3 приведён график циклического процесса, происходящего с некоторой массой одноатомного газа. Чему равен КПД цикла?

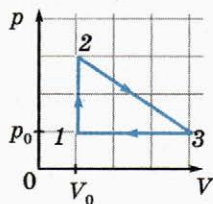


Рис. 43.4

12. На рисунке 43.4 приведён график циклического процесса, происходящего с некоторой массой одноатомного газа. Чему равен КПД цикла?

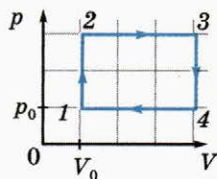


Рис. 43.5

13. На рисунке 43.5 приведён график циклического процесса, происходящего с некоторой массой одноатомного газа. Чему равен КПД цикла?

§ 44. НАСЫЩЕННЫЙ ПАР¹

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

1. Сравните ненасыщенный и насыщенный пар: что у них общего и чем они различаются?

2. В сосуде под поршнем находятся длительное время вода и водяной пар. Объём сосуда медленно увеличили в 2 раза при постоянной температуре. В конечном состоянии в сосуде находятся вода и водяной пар.

а) Как изменилась масса воды?

б) Остался ли пар насыщенным или стал ненасыщенным?

3. Сосуд разделён перегородкой на две части. В одной части сосуда находится насыщенный водяной пар, а в другой — ненасыщенный. Каким станет пар в сосуде после того, как уберут перегородку, — насыщенным или ненасыщенным?

4. Давление насыщенного водяного пара при температуре 7 °С равно 1 кПа. Чему равна плотность пара?

5. Чему равна температура кипения воды при внешнем давлении 47,3 кПа?

6. Во сколько раз надо изменить внешнее давление, чтобы вода закипела при 50 °С? Начальное давление равно нормальному атмосферному.

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

7. На какую высоту можно поднять кипящую воду поршневым насосом? Считайте, что вода при подъёме не остывает.

8. В герметично закрытом сосуде объёмом 1,1 л находятся 100 г кипятка и водяной пар при температуре 100 °С. Чему равна масса пара?

9. Во сколько раз плотность насыщенного водяного пара при температуре 50 °С больше, чем при 20 °С?

10. В закрытом герметично сосуде объёмом 6 л длительное время находятся водяной пар и вода, причём объём пара намного больше объёма воды. Сосуд начинают медленно нагревать. Начальное давление пара 3,17 кПа, а конечное 47,3 кПа. Вода в сосуде испарилась не полностью.

¹ При решении задач этого и следующего параграфов считайте, что водяной пар удовлетворяет уравнению состояния идеального газа, а объёмом воды, образовавшейся вследствие конденсации пара, можно пренебречь по сравнению с объёмом сосуда.

- а) На сколько градусов нагрели сосуд?
- б) Насколько изменилась плотность пара?
- в) Насколько изменилась масса пара?

11. Герметически закрытый сосуд объёмом 10 л заполнен насыщенным водяным паром при температуре 80 °С. Содержимое сосуда охлаждают до 10 °С.

- а) Чему равно начальное давление пара?
- б) Чему равна начальная масса пара?
- в) Чему равно конечное давление пара?
- г) Чему равна конечная масса пара?
- д) Чему равна масса воды в сосуде в конечном состоянии?

12. В закрытом сосуде объёмом 20 л находится насыщенный водяной пар при 25 °С. Какая масса воды образуется в сосуде при понижении температуры до 6 °С?

13. Сколько молекул насыщенного водяного пара содержится в сосуде объёмом 3 м³ при температуре 18 °С?

14. В цилиндрическом сосуде под поршнем площадью 4 см² находится вода при 30 °С. Поршень касается поверхности воды. Какая масса воды испарится при перемещении поршня на 20 см при постоянной температуре?

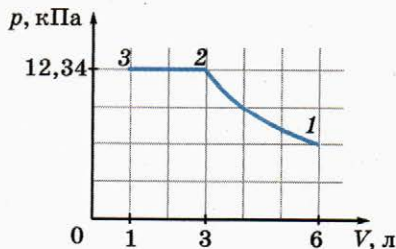
15. Объём насыщенного водяного пара уменьшают от 9 л до 3 л при постоянной температуре 50 °С.

а) Как изменились давление пара, его плотность и концентрация молекул?

б) Какая масса водяного пара сконденсировалась?

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

16. В сосуде под поршнем — насыщенный водяной пар при температуре 80 °С. При медленном вдвигании поршня образовался 1 г воды. Температура содержимого сосуда не изменилась. Чему равна работа пара?



17. Поршень медленно вдвигают в сосуд, содержащий водяной пар. На рисунке 44.1 изображён график зависимости давления пара от его объёма. Температура содержимого сосуда остаётся постоянной.

Рис. 44.1

- а) При какой температуре происходил процесс?
- б) Чему равна масса пара в начальном состоянии?
- в) Чему равна масса воды в конечном состоянии?

18. В цилиндре под поршнем длительное время находятся вода и водяной пар. Масса воды в 3 раза больше массы пара. Медленно перемещая поршень, объём под поршнем изотермически увеличивают в 8 раз. Постройте график зависимости $p(V)$ на промежутке от V_0 до $8V_0$.

§ 45. ВЛАЖНОСТЬ ВОЗДУХА

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

1. Чему равна относительная влажность воздуха при 20°C , если парциальное давление водяного пара равно $1,5 \text{ кПа}$?
2. Относительная влажность воздуха при температуре 30°C равна 40% . Чему равно парциальное давление водяного пара?
3. Относительная влажность воздуха равна 55% , при этом парциальное давление водяного пара равно 4070 Па . Чему равна температура воздуха?
4. При температуре 30°C относительная влажность воздуха равна 80% . Какой станет относительная влажность этого воздуха, если его нагреть до 50°C ?
5. Температура воздуха в летний день 25°C . Когда ночью температура понизилась до 15°C , выпала роса. Чему была равна относительная влажность воздуха днём?
6. Температура воздуха в комнате 20°C , относительная влажность воздуха 53% . В стакан налили холодную воду, и он запотел. Чему может быть равна температура воды?
7. Парциальное давление водяного пара при 15°C равно $1,23 \text{ кПа}$.
 - а) Является ли этот пар насыщенным?
 - б) Какова точка росы для этого пара?
8. Для измерения влажности используют два термометра. Резервуар одного из них помещён во влажную губку (рис. 45.1). Используя показания термометров и психрометрическую таблицу, определите:
 - а) чему равна относительная влажность воздуха?
 - б) чему равно давление насыщенного водяного пара?

в) чему равно парциальное давление водяного пара?

9. Пользуясь психрометрической таблицей, определите, чему равна относительная влажность воздуха, если:

а) сухой термометр показывает $30\text{ }^{\circ}\text{C}$, а разность показаний сухого и влажного термометров равна $3\text{ }^{\circ}\text{C}$;

б) влажный термометр показывает $21\text{ }^{\circ}\text{C}$, а разность показаний сухого и влажного термометров равна $6\text{ }^{\circ}\text{C}$;

в) сухой термометр показывает $23\text{ }^{\circ}\text{C}$, а влажный термометр показывает $18\text{ }^{\circ}\text{C}$;

г) показания сухого и влажного термометров одинаковы?

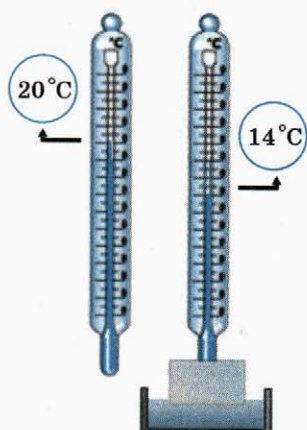


Рис. 45.1

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

10. В тёплой кухне развесили влажное бельё. На улице моросит холодный осенний дождь. Быстрее ли высохнет бельё, если открыть форточку?

11. Относительная влажность воздуха в комнате объёмом 30 м^3 равна 60% , а температура воздуха равна $19\text{ }^{\circ}\text{C}$. Чему равна масса водяного пара в воздухе?

12. Какая масса водяного пара содержится в 1 м^3 воздуха в летний день при температуре $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности воздуха 70% ?

13. В герметичном сосуде объёмом 20 л находится воздух при температуре $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности 72% . Какую наименьшую массу воды надо добавить в этот сосуд, чтобы после её испарения водяной пар стал насыщенным?

14. В герметичном сосуде находится воздух при температуре $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности 60% .

а) Чему равно парциальное давление насыщенного водяного пара?

б) Чему равно парциальное давление водяного пара?

в) Каким станет парциальное давление водяного пара, если сосуд нагреть до $100\text{ }^{\circ}\text{C}$?

г) Чему будет равна относительная влажность воздуха, если сосуд нагреть до $100\text{ }^{\circ}\text{C}$?

15. В сосуде объёмом 5 л содержится воздух при температуре $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности 80 %. Какая масса воды будет в сосуде при понижении температуры до $19\text{ }^{\circ}\text{C}$?

16. В закрытом сосуде объёмом 100 л находится воздух при температуре $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности 30 %. Какой станет относительная влажность воздуха в сосуде, если влить в него 1,5 г воды и оставить на продолжительное время? Если долить потом ещё столько же воды? Температура воздуха не изменяется.

17. В цилиндре под поршнем находится воздух при температуре $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности 60 %. Какой станет относительная влажность этого воздуха после нагревания его до $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ и уменьшения объёма втрое? Как изменится ответ, если начальная температура воздуха равна $90\text{ }^{\circ}\text{C}$?

18. Закрытый сосуд объёмом 10 л заполнен сухим воздухом при давлении 100 кПа и температуре $10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Каким станет давление в сосуде, если в него налить 10 г воды и нагреть содержимое сосуда до $100\text{ }^{\circ}\text{C}$?

19. В закрытом герметично сосуде объёмом 5 л находится насыщенный водяной пар массой 81,5 мг. Какова точка росы для этого пара?

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

20. В помещение нужно подать $10\,000\text{ м}^3$ воздуха при температуре $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности 50 %. Температура наружного воздуха $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, а его относительная влажность 60 %.

а) Осушать или увлажнять надо наружный воздух?

б) Сколько воды надо при этом сконденсировать или испарить?

21. В сосуде под поршнем находится воздух, содержащий водяной пар. Объём под поршнем изотермически уменьшили в 4 раза, при этом давление под поршнем увеличилось в 3 раза. Когда объём под поршнем изотермически уменьшили ещё в 2 раза, давление под поршнем стало в 5 раз больше начального. Чему равна начальная относительная влажность воздуха?

§ 46. ПРИМЕНЕНИЕ УРАВНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ИДЕАЛЬНОГО ГАЗА¹

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

1. Со дна озера на поверхность воды всплыл пузырёк воздуха, при этом его объём увеличился в 5 раз. С какой глубины всплывал пузырёк? Температуру воздуха в пузырьке считайте постоянной.

2. Под водой на глубине 5 м осторожно открыли, держа вверх дном, стеклянную бутылку с воздухом вместимостью 0,5 л. При этом в бутылке остался весь находившийся в ней воздух и ещё вошла вода массой 300 г. Каким было начальное давление воздуха в бутылке?

3. В горизонтально расположенной трубке, запаянной с одного конца, находится столбик ртути длиной 20 см, отделяющий воздух



Рис. 46.1

в трубке от атмосферного воздуха (рис. 46.1). Трубку положили вертикально запаянным концом вниз и нагрели воздух под столбиком ртути на 80 К. При этом объём этого воздуха не изменился. Чему равна начальная температура воздуха в трубке?

4. Открытую с двух концов вертикальную стеклянную трубку длиной 0,5 м наполовину погружают в ртуть. Затем трубку закрывают сверху и вынимают. Какова длина оставшегося в трубке столбика ртути?

5. В сосуд с ртутью опускают открытую с двух концов вертикальную стеклянную трубку, оставляя над поверхностью ртути часть трубки длиной 60 см. Затем трубку закрывают сверху и погружают ещё на 30 см. Какой станет высота столба воздуха в трубке?

6. Горизонтальный цилиндрический сосуд длиной 50 см разделён на две части тонким подвижным поршнем, который может двигаться без трения. В одной части сосуда находится кислород, а в другой — водород. Массы газов равны, температуры одинаковы. Какова длина части сосуда, в которой находится кислород, когда поршень находится в равновесии?

¹ При решении задач этого параграфа считайте атмосферное давление равным 100 кПа.

7. Воздушный шар массой 100 кг и объемом 300 м^3 наполнен горячим воздухом при нормальном атмосферном давлении и находится в равновесии в воздухе, температура которого равна 0°С . Чему равна температура воздуха внутри шара?

8. Во сколько раз изменится подъемная сила воздушного шара, если наполняющий его гелий заменить водородом? Примите, что весом оболочки шара можно пренебречь.

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

9. К грузу массой 10 т, лежащему на дне озера на глубине 100 м, привязан мягкий водонепроницаемый мешок (понтон), в который закачивают сверху воздух (рис. 46.2). Масса понтона 500 кг. Температура воды и воздуха 10°С . Объемом груза и оболочки понтона можно пренебречь. Какой объем воздуха надо взять при атмосферном давлении для закачки в понтон, чтобы он начал всплывать вместе с грузом?

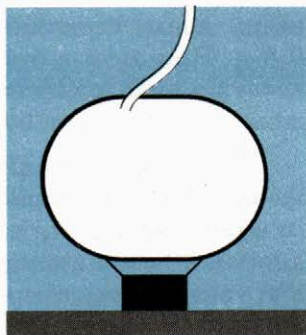


Рис. 46.2

10. В середине откачанной и запаянной с обоих концов горизонтальной трубки длиной 1 м находится столбик ртути длиной 20 см. Если трубку поставить вертикально, столбик ртути сместится на 10 см. Чему равно начальное давление в трубке?

11. Горизонтальный сосуд заполнен воздухом при температуре 27°С и давлении 100 кПа. Сосуд разделён пополам подвижным теплонепроницаемым поршнем. Какое давление установится в сосуде, если воздух в одной половине нагреть до 127°С , а во второй половине охладить до 7°С ?

12. Мяч с мягкой тонкой оболочкой массой 150 г содержит некоторую массу воздуха. Мяч находится в равновесии в воде на глубине 5 м при температуре 27°С . Чему равна масса воздуха в мяче?

13. Шар радиусом 5 м наполнен водородом при нормальном атмосферном давлении. Чему равна масса 1 м^2 его оболочки, если шар находится в равновесии в воздухе? Температура водорода и окружающего воздуха 0°С .

§ 47. ПРИМЕНЕНИЕ ПЕРВОГО ЗАКОНА ТЕРМОДИНАМИКИ К ГАЗОВЫМ ПРОЦЕССАМ

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

1. В одной части сосуда с теплонепроницаемой перегородкой находится 3 моль гелия при температуре 500 К, а в другой — 1 моль гелия при температуре 300 К. Какой станет температура в сосуде после того, как перегородку уберут и установится тепловое равновесие?

2. При адиабатном расширении 20 моль аргона газ совершил работу 2,5 кДж. Насколько изменилась температура газа?

3. Одноатомный газ нагревают в вертикальном цилиндре под поршнем. Во сколько раз большее количество теплоты надо сообщить газу, если поршень может перемещаться без трения, по сравнению со случаем, когда поршень закреплён, если изменение температуры в обоих случаях одинаково?

4. Одноатомный газ находится в вертикальном цилиндре под поршнем массой 5 кг. Площадь поршня 10 см², трением между поршнем и стенкой цилиндра можно пренебречь. Начальный объём газа 5,0 л, температура 0 °С. Атмосферное давление 100 кПа. Какое количество теплоты Q надо передать газу для нагревания на 10 К, если для его нагревания на столько же градусов при закреплённом поршне ему надо сообщить количество теплоты, равное 90 Дж?

5. На рисунке 47.1 изображён график циклического процесса, происходящего с данной массой одноатомного газа. Работа газа за один цикл равна 80 кДж. Какую работу совершают внешние силы над газом при переходе газа:

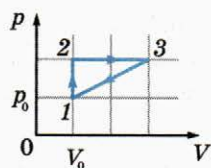


Рис. 47.1

- из состояния 1 в состояние 2?
- из состояния 2 в состояние 3?
- из состояния 3 в состояние 1?
- Какое количество теплоты получает газ от нагревателя за цикл?
- Чему равен КПД цикла?

6. На рисунке 47.2 изображены графики двух циклических процессов, происходящих с данной массой газа: $1-2-3-1$ и $3-2-4-3$. В каком цикле газ совершает большую работу?

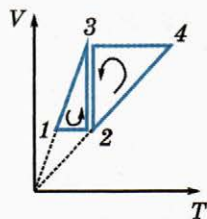


Рис. 47.2

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

7. В длинной расположенной горизонтально теплоизолированной трубе между двумя одинаковыми поршнями массой m каждый находится ν молей одноатомного газа при температуре T_0 (рис. 47.3). В начальный момент скорости поршней направлены в одну сторону и равны по модулю v и $3v$, причём поршни сближаются. До какой наибольшей температуры T нагреется газ? Массой газа по сравнению с массой поршней можно пренебречь. Считайте, что поршни не проводят тепло, а трением можно пренебречь. Атмосферное давление не учитывайте.

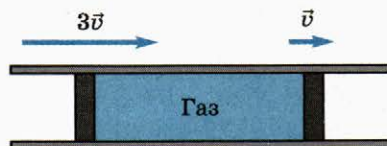


Рис. 47.3

8. С одним молем одноатомного газа совершают циклический процесс, состоящий из двух изохор и двух изобар. Работа газа за один цикл равна 200 Дж. Разность максимальной и минимальной температур газа равна 60 К, а отношение максимального объёма газа к минимальному равно 3. Чему равно отношение максимального давления газа к минимальному?

9. На рисунке 47.4 изображён график циклического процесса, происходящего с одноатомным газом, содержащим ν молей. Температуры газа в состояниях 2 и 4 одинаковы, а в состояниях 1 и 3 они равны соответственно T_1 и T_3 . Чему равна работа газа за один цикл?

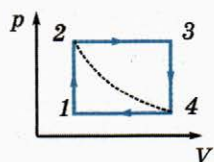


Рис. 47.4

10. На рисунке 47.5 изображён график циклического процесса, происходящего с данной массой одноатомного газа. На участке $3 \rightarrow 1$ газ сжимают адиабатно. Чему равен КПД цикла, если известно, что количество теплоты, полученное газом за один цикл от нагревателя, в 4 раза больше, чем работа, которую совершают внешние силы при сжатии газа?

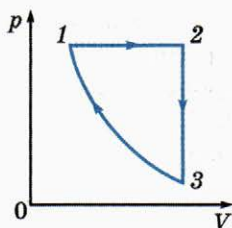


Рис. 47.5

11. На рисунке 47.6 изображён график циклического процесса, происходящего с одним молем одноатомного газа.

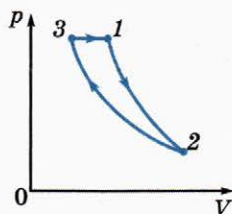


Рис. 47.6

Участок $1 \rightarrow 2$ — адиабата, $2 \rightarrow 3$ — изотерма. Разность температур в состояниях 1 и 2 составляет 400 К. На участке $2 \rightarrow 3$ газ отдаёт количество теплоты 7 кДж. Какую работу совершает газ за один цикл? Чему равен КПД цикла?

§ 48. ПРИМЕНЕНИЕ УРАВНЕНИЯ ТЕПЛОВОГО БАЛАНСА¹

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

1. Свинцовая пуля застревает в песочной насыпи и нагревается до температуры плавления свинца. Чему равна скорость пули перед попаданием в насыпь? Примите, что температура пули перед ударом равна 100 °С, а увеличение внутренней энергии пули составляет 60 % от её кинетической энергии перед попаданием в насыпь.

2. На железную болванку массой 100 кг, лежащую на массивной наковальне, падает с высоты 4 м паровой молот массой

¹ При решении задач этого параграфа считайте, что теплоёмкостью калориметра и тепловыми потерями можно пренебречь, если иное не оговорено в условии.

6 т. После 30 ударов болванка нагрелась на 50°C . Какая доля кинетической энергии молота идёт на нагревание болванки?

3. В результате смешивания 400 л воды при температуре 20°C и 100 л воды при температуре 70°C получили воду при температуре 28°C . Какое количество теплоты было передано сосуду и окружающему воздуху?

4. В теплоизолированный сосуд с большим количеством льда при температуре 0°C заливают 1 кг воды при температуре 44°C . Какая масса льда растает в результате установления теплового равновесия в сосуде?

5. При охлаждении 2 кг воды она отдала количество теплоты, равное 750 кДж. При этом половина массы воды замёрзла. Какова была начальная температура воды?

6. Нагретый алюминиевый куб положили на лёд, и при остывании куб полностью погрузился в лёд. До какой температуры был нагрет куб? Температура льда 0°C .

7. В калориметре находится 1 кг льда при температуре -5°C . Какую массу воды при температуре 20°C нужно добавить в калориметр, чтобы температура его содержимого после установления теплового равновесия стала равной -2°C ?

8. В калориметре находился 1 кг льда. Какой была его температура, если после добавления в калориметр 4 кг воды при температуре 20°C и установления теплового равновесия в калориметре оказалась только вода при температуре 0°C ?

9. В калориметр, содержащий 1 л воды при температуре 20°C , бросили комок мокрого снега массой 250 г. Температура воды в калориметре после установления теплового равновесия равна 5°C . Сколько процентов воды было в снеге (по массе)?

10. Из 100 кг снега, взятого при температуре -10°C , получили воду, используя печь с КПД, равным 20 %. В печи сожгли 22 кг дров. Чему равна конечная температура воды, если удельная теплота сгорания дров равна 10 МДж/кг?

11. В калориметр, содержащий 1,5 кг воды при температуре 20°C , положили 100 г льда при температуре -10°C . Чему будет равна температура содержимого калориметра после установления теплового равновесия?

12. Для нагревания некоторой массы воды в электрочайнике от $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ до кипения потребовалось 5 мин. Через какое время после закипания вся вода в чайнике обратится в пар? Примите, что воде в чайнике каждую секунду передают одно и то же количество теплоты.

13. Смесь, состоящую из 5 кг льда и 15 кг воды при температуре $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, нагревают до $80\text{ }^{\circ}\text{C}$, пропуская сквозь смесь водяной пар при температуре $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Чему равна масса пара?

14. В калориметр, содержащий лёд массой 100 г при температуре $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, впускают такую массу пара при температуре $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, что весь лёд растаял, а температура образовавшейся воды равна $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Какая масса воды будет в калориметре?

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

15. Проточной воде, текущей по трубе диаметром 15 мм, каждую секунду передают количество теплоты, равное 50 кДж. При этом вода нагревается на $25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Какова скорость течения воды?

16. В двух закрытых сосудах содержится по 1 л воды при комнатной температуре. В первый сосуд вливают 0,1 кг воды при температуре $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, а во второй сосуд вводят столько же водяного пара при температуре $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. На сколько градусов температура в одном сосуде будет больше, чем в другом, после установления в каждом из них теплового равновесия?

17. В калориметр, содержащий 40 г воды при $5\text{ }^{\circ}\text{C}$, долили ещё 20 г воды при температуре $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ и положили 400 г льда при температуре $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Какая температура будет в калориметре после установления теплового равновесия? Насколько изменится масса льда?

18. В калориметр, содержащий 1,5 кг воды при $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, положили 1 кг льда при температуре $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Какая температура будет в калориметре после установления теплового равновесия?

19. При соблюдении некоторых мер предосторожности воду можно переохладить, то есть охладить ниже $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Пробирку, содержащую 12 г переохлаждённой воды с температурой $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, встряхивают. При этом часть воды замерзает. Какова масса $m_{\text{л}}$ образовавшегося льда? Теплообменом с окружающей средой и теплоёмкостью самой пробирки можно пренебречь.

§ 49. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

1. На нити висит лёгкий шарик. Как можно определить, заряжен ли шарик, и если да, то каков знак его заряда?
2. Можно ли при электризации трением зарядить только одно из соприкасающихся тел? Ответ обоснуйте.
3. Эбонитовая палочка при трении о мех электризуется положительно. Избыток или недостаток электронов образуется при этом на мехе?
4. Два одинаковых металлических шарика заряжены разноимённо. Когда их привели в соприкосновение, их заряды стали одинаковыми. Как изменилась после этого по сравнению с начальной алгебраическая сумма зарядов шариков? Сумма модулей их зарядов?
5. Почему лёгкая незаряженная станиолевая¹ гильза притягивается и к положительно заряженной стеклянной палочке, и к отрицательно заряженной эбонитовой?

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

6. Почему птицы избегают садиться на провода, находящиеся под высоким напряжением?
7. Подвешенная гильза касается незаряженной металлической палочки (рис. 49.1, а). Когда к палочке поднесли заряженный шар, гильза стала отталкиваться от палочки (рис. 49.1, б). Почему?

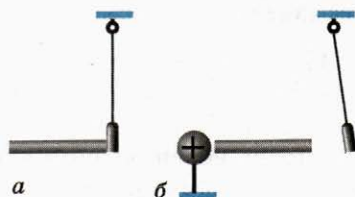


Рис. 49.1

8. Положительно заряженное тело притягивает подвешенный на нити лёгкий шарик. Можно ли утверждать, что шарик заряжен отрицательно? Поясните свой ответ.
9. Если поднести заряженную эбонитовую палочку к незаряженной алюминиевой гильзе, подвешенной на нити, то

¹ Станиоль — тонкая оловянная фольга.

гильза сначала притянется к палочке, а после соприкосновения с ней будет отталкиваться от палочки. Объясните, почему это происходит.

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

10. Опишите и обоснуйте последовательность действий, которые нужно совершить, чтобы с помощью отрицательно заряженного тела сообщить положительный заряд металлическому шару на изолирующей подставке. Заряд тела, заряженного отрицательно, изменять нельзя, но можно пользоваться другими телами.

11. Металлические шары *A* и *B*, помещённые на изолирующих подставках, привели в соприкосновение и зарядили положительно (рис. 49.2). Поместив в точку *C* положительно заряженную палочку, шар *A* отодвинули от шара *B* и убрали палочку. Какими станут заряды шаров?

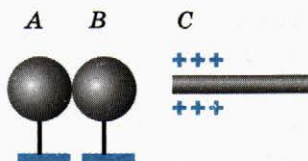


Рис. 49.2

12. Между двумя металлическими пластинами подвешена лёгкая станиолевая гильза. Опишите, что будет происходить, если сообщить пластинам достаточно большие разноимённые заряды. Поясните ваш ответ.

§ 50. ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЗАРЯДА. ЗАКОН КУЛОНА

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

1. К сфере электрометра поднесли, не касаясь её, отрицательно заряженную палочку. Стрелка электрометра отклонилась.

- Можно ли утверждать, что электрометр приобрёл заряд?
- Какие по знаку заряды будут на сфере электрометра, на его стержне и стрелке, когда стрелка отклонена?
- Что произойдёт, если палочку удалить?

2. В сферу, укреплённую на стержне электрометра, помещены эбонитовая палочка и мех, которым натирали эту палочку. При этом стрелка электроскопа не отклонена. Когда палочку вынули, а мех остался внутри сферы, стрелка электроскопа отклонилась. Объясните, почему это произошло.

3. Каплю с зарядом, равным $-7e$, освещают ультрафиолетовыми лучами. Каким станет заряд капли, если она потеряет:
а) два электрона? б) семь электронов? в) десять электронов?

4. Два одинаковых металлических шарика с зарядами 6 нКл и -2 нКл привели в соприкосновение¹ и затем раздвинули. Какими стали заряды шариков?

5. Как изменится сила взаимодействия между двумя точечными зарядами, если:

- а) один из них увеличить в 3 раза?
- б) оба заряда увеличить в 3 раза?
- в) расстояние между зарядами увеличить в 4 раза?
- г) оба заряда увеличить в 3 раза, а расстояние между ними уменьшить в 4 раза?

6. Чему равна сила взаимодействия двух одинаковых точечных зарядов по 2 нКл, находящихся на расстоянии 10 см друг от друга?

7. Два одинаковых точечных заряда находятся на расстоянии 50 см друг от друга и взаимодействуют с силой 6 мН. Чему равен каждый из этих зарядов?

8. На каком расстоянии друг от друга находятся два точечных заряда 5 нКл и 2 мКл, если они отталкиваются с силой 3 мН?

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

9. Над сферой электрометра поместили небольшую пластмассовую воронку с песком, и песок высыпался в сферу.

- а) Почему отклонилась стрелка электрометра?
- б) Что произойдёт, если положить внутрь сферы и воронку?

10. Как изменится сила взаимодействия двух одинаковых маленьких металлических шариков с разноимёнными зарядами $4q$ и $-6q$, если их привести в соприкосновение и развести на начальное расстояние?

11. Одинаковые маленькие металлические шарики с зарядами 5 нКл и 15 нКл находятся на расстоянии 20 см друг от друга. Шарики привели в соприкосновение. На какое расстояние

¹ В результате соприкосновения одинаковых металлических шариков их заряды становятся равными.

ание их нужно развести, чтобы сила взаимодействия осталась прежней?

12. С какой силой взаимодействовали бы две капли воды массой 50 мг на расстоянии 10 км, если бы удалось передать одной из капель 2 % всех электронов, содержащихся в другой капле?

13. Два точечных заряда находятся на некотором расстоянии друг от друга. Если расстояние между ними уменьшить на 50 см, то сила взаимодействия между зарядами увеличится в 2 раза. Чему равно начальное расстояние между зарядами?

14. Точечные заряды -8 нКл и 4 нКл расположены на расстоянии $0,4$ м друг от друга в точках A и B соответственно (рис. 50.1). В точку C , удалённую от точки A на 1 м, помещают третий точечный заряд, равный 5 нКл. Определите модуль и направление силы, действующей на заряд, помещённый в точку A и равный -8 нКл, со стороны остальных зарядов.



Рис. 50.1

15. Точечные заряды $q_1 = 4 \cdot 10^{-8}$ Кл и $q_2 = -10^{-8}$ Кл закреплены на расстоянии 20 см друг от друга (рис. 50.2). Каким должен быть третий заряд и где на прямой, проходящей через эти точечные заряды, надо его расположить, чтобы все заряды находились в равновесии? Будет ли это равновесие устойчивым?

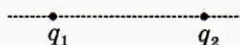


Рис. 50.2

16. Два точечных заряда q и $4q$ находятся на расстоянии a друг от друга. Каким должен быть третий заряд Q и где следует его расположить, чтобы вся система находилась в равновесии? Будет ли равновесие устойчивым?

17. Чему равно отношение силы гравитационного взаимодействия к силе электростатического взаимодействия двух электронов?

18. Маленький шарик массой 2 г с зарядом 30 нКл подвешен на нити. Снизу к нему подносят другой шарик с зарядом $0,2$ мкКл. Расстояние между шариками 6 см (рис. 50.3). Чему равно натяжение нити, если заряды шариков: а) одноимённые; б) разноимённые?



Рис. 50.3

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

19. К заряженному электromетру подносят с достаточно большого расстояния отрицательно заряженную палочку. По мере приближения палочки показания электromетра сначала уменьшаются, а с некоторого момента вновь увеличиваются. Ответ обоснуйте.

а) Заряд какого знака был на электromетре?

б) Какой знак заряда на стержне электromетра, когда его показания увеличиваются?

20. Два одинаковых металлических шара имеют равные по модулю заряды. Расстояние между центрами шаров ненамного больше их диаметра. Как зависит *модуль* силы взаимодействия шаров от того, заряжены они одноимённо или разноимённо? Обоснуйте свой ответ.

21. Маленькие заряженные шарики, находящиеся на расстоянии 1 м друг от друга, отталкиваются с силой 72 мН. Общий заряд шариков 6 мкКл. Чему равны заряды шариков?

22. Два маленьких одинаковых заряженных металлических шарика находятся на расстоянии 80 см и притягиваются с силой 211 мН. После того как шарики привели в соприкосновение и разнесли на прежнее расстояние, они стали отталкиваться с силой 14,1 мН. Чему равны модули начальных зарядов шариков?

23. После того как два маленьких заряженных металлических шарика одинакового радиуса привели в соприкосновение и раздвинули на прежнее расстояние, сила их взаимодействия увеличилась в $\frac{4}{3}$ раза. Одноимёнными или разноимёнными были начальные заряды шариков? Во сколько раз они отличались по модулю?

24. Два маленьких шарика массой по 8,1 г каждый соединены нитями длиной 20 см каждая и подвешены так, как показано на рисунке 50.4. Какие равные заряды надо сообщить шарикам, чтобы силы натяжения нитей стали одинаковыми? Чему они будут тогда равны?



Рис. 50.4

§ 51. НАПРЯЖЁННОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

1. На отрицательный заряд 20 нКл действует со стороны электрического поля сила 0,2 мН, направленная вниз. Чему равен модуль напряжённости поля? Как направлена напряжённость поля?

2. Электрическое поле создаётся точечным зарядом 2 мКл.

а) Чему равна напряжённость поля на расстоянии 1 м от этого заряда?

б) Какая сила будет действовать на заряд 5 нКл, помещённый на расстоянии 2 м от этого заряда?

3. Как изменяется напряжённость электрического поля точечного заряда:

а) при увеличении расстояния до заряда в 3 раза;

б) при уменьшении расстояния до заряда в 2 раза;

в) при увеличении расстояния до заряда в n раз?

4. В некоторой точке пространства напряжённость поля точечного заряда равна 25 кВ/м. Модуль заряда увеличили в 4 раза. Чему стала равна напряжённость поля в той же точке?

5. Заряд металлической сферы радиусом 10 см равен 8 нКл. Чему равна напряжённость поля заряженной сферы:

а) в центре сферы?

б) на расстоянии 6 см от центра сферы?

в) на расстоянии 12 см от центра сферы?

г) вне сферы на расстоянии 18 см от ближайшей точки поверхности сферы?

6. Чему равно ускорение, сообщаемое электрону в электрическом поле напряжённостью 2,7 кВ/м?

7. Какое направление имеет вектор напряжённости электрического поля, созданного заряженным шариком в точке А (рис. 51.1, а, б)? Сделайте пояснительные рисунки.



Рис. 51.1

8. Какое направление имеет вектор напряжённости электрического поля, созданного одинаковыми по модулю зарядами в точке А, равноудалённой от зарядов (рис. 51.2, а, б, в)? Сделайте пояснительные рисунки.

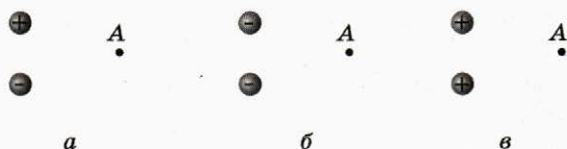


Рис. 51.2

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

9. Заряженная пылинка массой m движется с ускорением a в однородном электрическом поле напряжённостью E . Чему равно ускорение капли массой $3m$ с тем же зарядом в поле напряжённостью $\frac{E}{3}$?

10. Точка А лежит посередине отрезка, соединяющего точечные заряды $-q$ и $2q$ (рис. 51.3). Как изменится напряжённость поля в точке А, если убрать заряд $2q$?

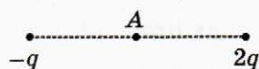


Рис. 51.3

11. Точечный заряд q создаёт в точке А электростатическое поле напряжённостью 65 В/м (рис. 51.4). Чему равна напряжённость поля этого заряда в точке С?

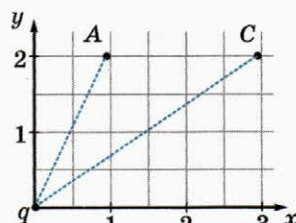


Рис. 51.4

12. Заряды q_1 и q_2 , равные по модулю соответственно 1 нКл и 2 нКл , находятся в вакууме на расстоянии 9 см друг от друга. На каком расстоянии от первого заряда напряжённость поля равна нулю, если заряды: а) разноимённые; б) одноимённые?

13. Два точечных заряда $q_1 = q$ и $q_2 = 2q$ расположены на расстоянии 56 см друг от друга. Куда надо поместить третий заряд $q_3 = q$, чтобы направление вектора напряжённости в средней точке отрезка, соединяющего заряды q_1 и q_2 , изменилось на противоположное, а модуль напряжённости остался тем же?

14. Небольшой подвешенный на нити шарик массой 0,5 г находится в однородном электрическом поле, напряжённость которого направлена горизонтально и равна по модулю 30 кН/Кл. Заряд шарика равен 50 нКл. На какой угол отклонена нить от вертикали, когда шарик находится в равновесии?

15. Точка B находится посередине отрезка AC . Неподвижные точечные заряды $-q$ и $-3q$ расположены в точках A и C соответственно (рис. 51.5). Какой заряд

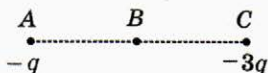


Рис. 51.5

надо поместить в точку A взамен заряда $-q$, чтобы напряжённость электрического поля в точке B :

- стала равной нулю?
- увеличилась в 2 раза по сравнению с начальной?
- уменьшилась в 2 раза по сравнению с начальной?

16. В однородном поле напряжённостью 27 кВ/м находится точечный заряд 30 нКл. Определите напряжённость результирующего поля на расстоянии 10 см от заряда в точке:

- расположенной на линии напряжённости однородного поля, проходящей через заряд.
- расположенной на прямой, перпендикулярной линиям напряжённости однородного поля и проходящей через заряд.

17. Напряжённость электрического поля, создаваемого большой однородно заряженной пластиной, равна 500 Н/Кл. На расстоянии 20 см от пластины находится точечный заряд, равный по модулю 2 нКл. На каком расстоянии от плоскости равна нулю напряжённость поля, создаваемого этой плоскостью и точечным зарядом, если:

- знак заряда совпадает со знаком заряда плоскости?
- знак заряда противоположен знаку заряда плоскости?

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

18. На рисунке 51.6 изображён вектор напряжённости $\vec{E}$ электрического поля в точке C . Поле создано двумя точечными зарядами q_A и q_B . Чему равен заряд q_B , если $q_A = 2$ мкКл?

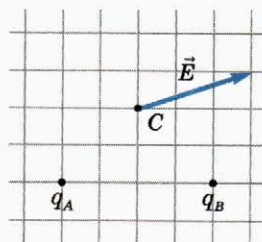


Рис. 51.6

19. Заряды $q_1 = 2$ нКл и $q_2 = -4$ нКл находятся на расстоянии 25 см друг от друга. Чему равна напряжённость

электрического поля в точке, расположенной на расстоянии 20 см от первого заряда и 15 см от второго?

20. Точечные электрические заряды $q_1 = q$ и $q_2 = -2q$, находящиеся на расстоянии L друг от друга, притягиваются с силой 8 мН. Напряжённость создаваемого ими электрического поля в точке, находящейся на расстоянии L от q_1 и $2L$ от q_2 , равна 20 кВ/м. Чему равны заряды q_1 и q_2 , если первый заряд положителен?

21. Отрицательно заряженная пластина, создающая вертикально направленное однородное электрическое поле напряжённостью E , укреплена на горизонтальной плоскости. На неё с высоты h падает шарик массой m , имеющий положительный заряд q . Какой импульс шарик передаст пластине при абсолютно упругом ударе с ней?

22. Точечные заряды $q_1 = 2$ мкКл и $q_2 = 5$ мкКл взаимодействуют с силой 0,9 мН. Чему равна напряжённость поля в средней точке отрезка, соединяющего эти заряды?

23. Шарик массой m с положительным зарядом q висит на длинной нити и находится в однородном электрическом поле. Модуль напряжённости поля равен E , напряжённость направлена вниз. Нить отклоняют на 90° от вертикали и отпускают. Найдите натяжение нити в момент, когда она составляет угол α с вертикалью.

§ 52. ПРОВОДНИКИ И ДИЭЛЕКТРИКИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

1. К незаряженному проводнику, состоящему из двух частей A и B , поднесли положительно заряженную палочку (рис. 52.1). Затем части проводника разделили, после чего убрали заряженную палочку.

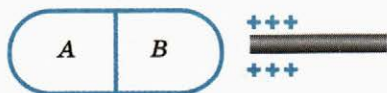


Рис. 52.1

- а) Как будут заряжены части A и B ?
- б) Как изменится ответ, если тело, состоящее из частей A и B , сделано из диэлектрика?

2. На рисунке 52.2 показано сечение полого проводящего шара плоскостью, проходящей через его центр. Шару сообщили отрицательный заряд. В какой (каких) из областей А, В и С напряжённость электростатического поля будет равна нулю?

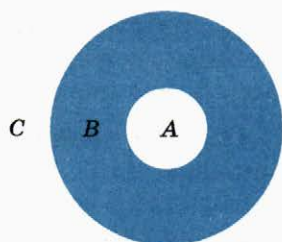


Рис. 52.2

3. Будет ли взаимодействовать заряженный шарик с таким же, но незаряженным шариком? Если да, то как: притягиваться или отталкиваться? Имеет ли значение, сделаны шары из проводника или диэлектрика? Обоснуйте свой ответ.

4. Маленькая соломинка подвешена на нити и расположена вертикально. Её вносят в однородное электрическое поле, линии напряжённости которого расположены горизонтально. Изобразите схематически в тетради, какое положение займёт соломинка и как перераспределятся заряды в ней.

5. На полусферическую подставку положили пластмассовую линейку так, что она может почти без трения вращаться вокруг вертикальной оси. К линейке подносят наэлектризованную стеклянную палочку. Что будет происходить с линейкой? Рассмотрите различные варианты. Попробуйте проверить свои ответы на опыте.

6. Два точечных заряда переносят из воздуха в керосин. Расстояние между зарядами останется прежним. Как изменится сила взаимодействия этих зарядов?

7. Два небольших тела с одинаковыми зарядами погружают в дистиллированную воду. Во сколько раз надо изменить расстояние между телами, чтобы сила их взаимодействия осталась такой же, как в воздухе?

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

8. Если поднести заряженную палочку поочерёдно к кусочку ваты на стеклянной пластине и к такому же кусочку ваты на металлическом столе, то можно заметить, что во втором случае вата притягивается к палочке сильнее. Почему?

9. Определите расстояние между двумя одинаковыми электрическими зарядами, находящимися в керосине, если сила взаимодействия между ними такая же, как в вакууме на расстоянии 20 см.

10. На расстоянии 5 см от заряда 8 нКл, находящегося в жидком диэлектрике, напряжённость поля равна 4,8 кВ/м. Чему равна диэлектрическая проницаемость диэлектрика?

11. Сила взаимодействия двух точечных зарядов в воздухе равна 4 мН. Чему будет равна сила взаимодействия этих же зарядов в парафине, если расстояние между ними уменьшить в 3 раза?

12. Два точечных заряда находятся в вакууме на расстоянии 6 см друг от друга. Если их поместить в жидкий диэлектрик и уменьшить при этом расстояние между ними на 4 см, то сила взаимодействия зарядов уменьшится в 2,89 раза. Какой это может быть диэлектрик?

13. Пластину слюды приклеили к пластине керамики с диэлектрической проницаемостью 20 и поместили в электрическое поле, вектор напряжённости $\vec{E}$ которого перпендикулярен поверхностям пластин. Напряжённость поля в керамике оказалась равной 50 В/м. Найдите напряжённость поля в слюде и в воздухе у поверхности пластин.

14. Изобразите линии напряжённости электростатического поля, создаваемого металлическим полым заряженным шаром.

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

15. Шарик из материала плотностью ρ_1 поместили в сосуд с диэлектриком плотностью ρ_2 . Диаметр шарика d . В сосуде создали однородное электрическое поле с напряжённостью E , направленной вверх. В результате шарик завис на некотором расстоянии от дна сосуда. Чему равен заряд шарика?

16. В жидком диэлектрике с диэлектрической проницаемостью ϵ укреплен маленький заряженный шарик. На расстоянии l от шарика зависит пылинка радиусом r . Заряд пылинки q . Плотность диэлектрика ρ_1 , плотность пылинки ρ_2 . Чему равен заряд шарика Q ?

17. В центре незаряженного полого металлического шара находится заряженный шарик (рис. 52.3). Изобразите линии напряжённости электростатического поля в полости шара, в его толще и вне шара.

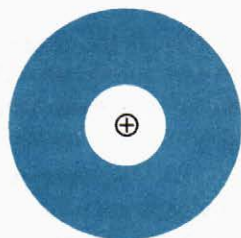


Рис. 52.3

§ 53. РАБОТА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ. РАЗНОСТЬ ПОТЕНЦИАЛОВ (НАПРЯЖЕНИЕ)

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

1. В однородном электрическом поле напряжённостью 2 кВ/м переносят заряд 10 мкКл на расстояние 10 см :

- а) вдоль линий напряжённости;
- б) перпендикулярно линиям напряжённости.

Чему равна работа по перемещению заряда?

2. Электрон перемещают в электрическое поле, линии напряжённости которого показаны на рисунке 53.1. Сравните значения работы по перемещению электрона из точки A в точки B , C и D .

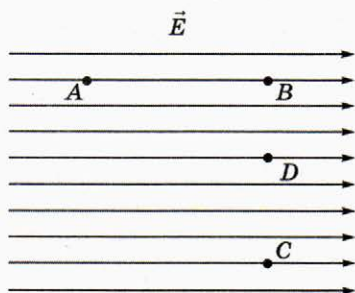


Рис. 53.1

3. Потенциальная энергия точечного заряда 20 нКл , находящегося в электрическом поле, равна 40 мкДж . Чему равен потенциал электрического поля в точке, в которой находится заряд?

4. Какую работу надо совершить при перенесении точечного заряда 40 мкКл из одной точки электрического поля в другую, если разность потенциалов между этими точками равна 100 В ?

5. При перемещении точечного заряда в электрическом поле из точки с потенциалом 50 В в точку с потенциалом 400 В поле совершает работу, равную -7 мДж . Чему равен этот заряд?

6. Разность потенциалов между двумя точками, расположенными на одной линии напряжённости однородного электрического поля на расстоянии L одна от другой, равна 40 В . Чему равен модуль разности потенциалов между точками, расположенными вдоль одной линии напряжённости поля на расстоянии $2L$?

7. Напряжённость однородного электрического поля равна 600 В/м . Расстояние между двумя точками, расположенными на одной линии напряжённости поля, равно 3 см . Чему равен модуль разности потенциалов между этими точками?

8. В однородном электрическом поле напряжённостью 400 кВ/м переместили точечный заряд 10 нКл . Модуль перемещения равен 20 см , вектор перемещения образует угол 30° с направлением напряжённости.

- Чему равна работа поля?
- Чему равно изменение потенциальной энергии заряда?
- Чему равно напряжение между начальной и конечной точками?

9. На рисунке 53.2 изображён заряженный проводник, установленный на изолирующей подставке. Сравните значения потенциалов в точках A , B и C .

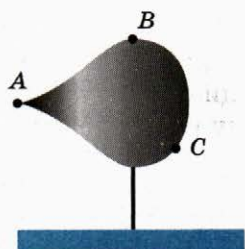


Рис. 53.2

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

10. Чему равна работа электрического поля по перемещению точечного заряда 6 мкКл из точки A в точку B (рис. 53.3)? Напряжённость однородного электрического поля 500 В/м , сторона клетки соответствует 10 см .

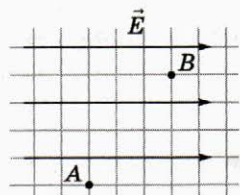


Рис. 53.3

11. Сравните значения разности потенциалов между различными точками (A , B , C , D) в поле точечного заряда (рис. 53.4). Ответ обоснуйте.

12. Электрон переместился в ускоряющем электрическом поле из точки с потенциалом 100 В в точку с потенциалом 400 В . Начальная скорость электрона равна нулю.

- Чему равна работа поля по перемещению электрона?
- Чему равно изменение потенциальной энергии электрона?
- Какую кинетическую энергию приобрёл электрон?
- Какую скорость приобрёл электрон?

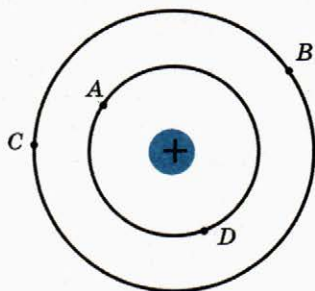


Рис. 53.4

13. Электрон переместился в однородном электрическом поле из точки A в точку B . В точке A кинетическая энергия электрона была равна $2 \cdot 10^{-20}$ Дж. Потенциал точки A равен 4 В. В точке B скорость электрона увеличилась в 9 раз. Чему равен потенциал электрического поля в точке B ?

14. Между горизонтальными заряженными пластинами находится в равновесии пылинка массой 20 мг. Разность потенциалов между пластинами 50 кВ, заряд пылинки 1 нКл. Чему равно расстояние между пластинами?

15. Между двумя горизонтально расположенными непроводящими пластинами на нити висит заряженный шарик массой 10 г (рис. 53.5). Заряд шарика 20 мкКл. Расстояние между пластинами 5 см, напряжение между ними 80 В. Чему равна сила натяжения нити?

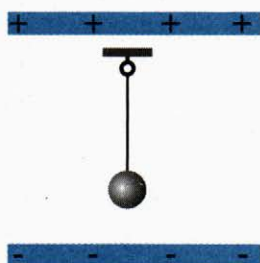


Рис. 53.5

16. На рисунке 53.6 показано расположение трёх металлических пластин и указаны их потенциалы. Расстояние между пластинами намного меньше размеров пластин. Показано направление оси x и указано начало координат.

а) Перенесите рисунок в тетрадь. Начертите на нём линии напряжённости электрического поля.

б) Постройте графики зависимости проекции напряжённости от x в промежутке от -1 см до 1 см.

в) Постройте графики зависимости потенциала от x в том же промежутке.

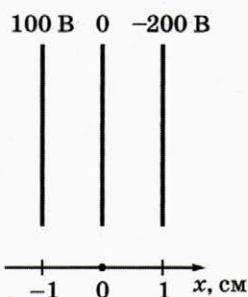


Рис. 53.6

17. Протон переместился в направлении линий напряжённости однородного электрического поля на 20 см. Потенциальная энергия протона при этом уменьшилась на $2 \cdot 10^{-18}$ Дж.

а) Как изменилась кинетическая энергия протона?

б) Чему равна напряжённость поля?

в) Как изменилась бы потенциальная и кинетическая энергия протона, если бы он двигался противоположно линиям напряжённости поля при прочих равных условиях?

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

18. Маленький шарик массой 3 г подвешен между двумя вертикальными пластинами на пружине жёсткостью 100 Н/м. Напряжение между пластинами 5 кВ, расстояние между ними 5 см. Каков заряд шарика, если удлинение пружины 0,5 мм?

19. Пылинка массой m покоится между двумя горизонтальными пластинами. Напряжение между пластинами равно U , расстояние между ними равно d . Под действием ультрафиолетового излучения пылинка потеряла часть заряда и начала опускаться. Чтобы восстановить равновесие, увеличили напряжение между пластинами на ΔU . Какой заряд Δq потеряла пылинка?

§ 54. ЭЛЕКТРОЁМКОСТЬ.

ЭНЕРГИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

1. Заряд конденсатора, подключённого к источнику с напряжением 100 В, равен 1 мКл. Чему равна ёмкость конденсатора?

2. Чему равно напряжение между обкладками конденсатора ёмкостью 0,1 мкФ, если его заряд равен 8 мКл?

3. Ёмкость первого конденсатора в 6 раз больше ёмкости второго. На какой конденсатор нужно подать большее напряжение, чтобы заряд конденсаторов стал одинаковым? Во сколько раз большее?

4. Ёмкость первого конденсатора равна 200 пФ, а ёмкость второго равна 500 пФ. На каком конденсаторе будет больший заряд при их подключении к одному и тому же источнику напряжения? Во сколько раз больший?

5. Конденсатор ёмкостью 30 мкФ заряжен до напряжения 40 В. Напряжение увеличивают до 50 В. Насколько изменится заряд конденсатора?

6. На рисунке 54.1 изображены четыре конденсатора. У какого из них ёмкость наименьшая? наибольшая? Обоснуйте свой ответ.

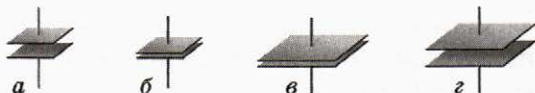


Рис. 54.1

7. Во сколько раз изменится ёмкость плоского воздушного конденсатора, если:

а) уменьшить расстояние между пластинами в 4 раза?

б) уменьшить площадь каждой пластины в 2 раза?

в) уменьшить расстояние между пластинами в 2 раза и заполнить пространство между пластинами диэлектриком с диэлектрической проницаемостью, равной 8?

г) увеличить длину и ширину каждой пластины конденсатора в 3 раза?

8. Напряжение на обкладках конденсатора 400 В, расстояние между обкладками 0,1 мм. Конденсатор отключили от источника напряжения и увеличили расстояние между обкладками до 0,5 мм. Чему будет равно после этого напряжение на обкладках конденсатора?

9. Конденсатор зарядили до разности потенциалов 1 кВ и отключили от источника напряжения. После того как из пространства между пластинами удалили диэлектрик, разность потенциалов между пластинами увеличилась до 4 кВ. Чему равна диэлектрическая проницаемость диэлектрика?

10. Энергия электрического поля конденсатора 6 мкДж, напряжение на его пластинах 30 В. Определите заряд конденсатора.

11. Напряжение на пластинах конденсатора 50 В. Определите ёмкость конденсатора, если энергия его электрического поля 0,5 мкДж.

12. Конденсатор ёмкостью 1 мкФ заряжен до напряжения 100 В. Пластины конденсатора замыкают проводником. Какая при этом выделится энергия?

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

13. Плоский воздушный конденсатор отключили от источника напряжения, а затем увеличили расстояние между его пластинами. Как при этом изменятся заряд на обкладках конденсатора, электроёмкость конденсатора, напряжение на его обкладках и энергия?

14. Во сколько раз изменится энергия электрического плоского воздушного конденсатора после увеличения заряда на его пластинах в 3 раза и заполнения пространства между ними диэлектриком с диэлектрической проницаемостью 6?

15. Энергия электрического поля конденсатора равна 400 мкДж. После отключения конденсатора от источника напряжения из него удалили диэлектрик с диэлектрической проницаемостью 7. Чему стала равна энергия конденсатора?

16. Между обкладками плоского конденсатора ёмкостью 15 мкФ, подключённого к источнику напряжения 200 В, находится пластинка из слюды. Как изменится энергия конденсатора, если удалить из него пластинку?

17. При увеличении напряжения на обкладках конденсатора в 2 раза его энергия увеличилась на 600 мДж. Чему равна начальная энергия конденсатора?

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

18. Плоский воздушный конденсатор имеет ёмкость 9 пФ и площадь пластин 1 см^2 . При какой разности потенциалов напряжённость поля в конденсаторе будет равна 3 МВ/м?

19. На точечный заряд 10^{-9} Кл, находящийся между пластинами плоского конденсатора, действует сила $3 \cdot 10^{-5}$ Н. Определите энергию конденсатора, если расстояние между его пластинами равно 1 см, а его ёмкость 10^{-10} Ф.

20. Площадь каждой пластины плоского воздушного конденсатора равна S . Конденсатору сообщили заряд q и отключили от источника напряжения. Какую работу необходимо совершить, чтобы увеличить расстояние между пластинами на Δx ?

§ 55. ПРИМЕНЕНИЕ ЗАКОНА КУЛОНА И ПРИНЦИПА СУПЕРПОЗИЦИИ ПОЛЕЙ

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

1. Металлические шарики с зарядами 1 нКл и 5 нКл привели в соприкосновение и затем поместили в диэлектрик. Расстояние между шариками не изменилось. Чему равна диэлектрическая проницаемость диэлектрика, если сила взаимодействия шариков не изменилась?

2. Два одинаковых металлических шарика с равными зарядами подвешены на нитях равной длины в одной точке. При погружении шариков в жидкий диэлектрик угол наклона нитей не изменился. Какова диэлектрическая проницаемость диэлектрика, если плотность материала шариков в 3 раза больше плотности диэлектрика?

3. Три точечных заряда по 10^{-9} Кл каждый расположены в вершинах равнобедренного прямоугольного треугольника с катетом 5 см. Чему равна напряжённость созданного этими зарядами поля в середине гипотенузы треугольника?

4. На нитях равной длины, закреплённых в одной точке, висят два одинаковых маленьких проводящих шарика с одинаковыми зарядами. Расстояние между ними 9,5 см, что намного меньше длины нитей. Один из шариков разрядили и привели шарики в соприкосновение. На какое расстояние они разойдутся?

5. Четыре точечных заряда q расположены в вершинах квадрата и удерживаются связывающими их нитями. Сила натяжения нитей 2,7 мН. Чему равна сила, действующая на любой из этих зарядов со стороны ближайшего к нему заряда?

6. В вершинах A и B прямоугольного треугольника ABC со сторонами $AB = 5$ см, $AC = 4$ см, $BC = 3$ см расположены точечные заряды, равные соответственно $-6 \cdot 10^{-8}$ Кл и $2 \cdot 10^{-8}$ Кл. Чему равна напряжённость поля в вершине C ?

7. В вершинах квадрата находятся четыре одинаковых точечных заряда q . Какой точечный заряд Q нужно поместить в центр квадрата, чтобы система зарядов находилась в равновесии? Будет ли это равновесие устойчивым?

8. По тонкому металлическому кольцу радиусом 5 см равномерно распределён заряд 5 нКл. Определите напряжённость поля в точке A , расположенной на оси кольца на расстоянии 30 см от его центра.

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

9. Три маленьких одинаково заряженных шарика массой m каждый подвешены на нитях равной длины l , закреплённых в одной точке. Расстояние между любыми двумя шариками равно a , причём $a \ll l$. Каков заряд q каждого шарика?

10. Ромб составлен из двух равносторонних треугольников со стороной 20 см. В вершинах при острых углах ромба находятся заряды по $6 \cdot 10^{-7}$ Кл. В вершине при одном из тупых углов находится заряд $8 \cdot 10^{-7}$ Кл. Чему равна напряжённость поля в четвёртой вершине ромба?

11. Три одинаковых положительных заряда q расположены в вершинах равностороннего треугольника со стороной a . Определите величину напряжённости поля E в точке A , лежащей на расстоянии a от каждого из зарядов.

§ 56. ДВИЖЕНИЕ ЗАРЯЖЕННОГО ТЕЛА В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

1. Электрон пролетел в электрическом поле из точки A в точку B , при этом его скорость увеличилась от $3 \cdot 10^6$ м/с до 10^7 м/с. Потенциал какой точки выше? Чему равен модуль разности потенциалов между точками A и B ?

2. Между точками A и B , находящимися на расстоянии 1 см друг от друга на одной линии напряжённости однородного электрического поля, движется заряженная частица массой 10 мг с зарядом 10^{-8} Кл. Отрезок AB частица проходит за 0,01 с. Чему равна разность потенциалов между точками A и B , если начальная скорость частицы равна нулю?

3. Пылинка массой 1 мг влетела в однородное электрическое поле напряжённостью 10^5 В/м. Начальная скорость пылинки равна 3 м/с и направлена противоположно напряжённости поля. Когда пылинка пролетела 8 мм, её скорость уменьшилась на 2 м/с. Чему равен заряд пылинки? Зависит ли результат от направления напряжённости поля?

4. Электрон находится в электрическом поле, созданном двумя параллельными пластинами, находящимися на расстоянии 2 см друг от друга. Разность потенциалов между пластинами 120 В. Начальная скорость электрона равна нулю. Чему будет равна скорость электрона, когда пройденный им путь будет равен 3 мм?

5. Разность потенциалов между двумя параллельными пластинами, находящимися на расстоянии 16 мм друг от друга, равна 20 В. От отрицательной пластины отрывается электрон. Через какое время электрон удалится от пластины на расстояние 9 мм? Начальная скорость электрона равна нулю.

6. Электрон влетает в плоский конденсатор посередине между его пластинами параллельно им. Расстояние между пластинами 2 см, разность потенциалов между ними 10 В. Какова начальная скорость электрона, если он попадает на одну из пластин на расстоянии 5 см от её начала?

7. Электрон разгоняют напряжением 5 кВ, после чего он влетает в плоский конденсатор посередине между пластина-

ми и параллельно им. Длина конденсатора 10 см, расстояние между пластинами 1 см. При каком напряжении U между пластинами электрон не вылетит из конденсатора?

8. Две непроводящие вертикально расположенные параллельные пластины находятся на расстоянии 5 см друг от друга. Напряжённость поля между ними 10^4 В/м. Между пластинами на равном расстоянии от них помещают шарик массой 20 г с зарядом 10^{-6} Кл и отпускают без толчка. Насколько уменьшится высота, на которой находится шарик, до столкновения его с одной из пластин?

9. Шарик массой m с зарядом q движется в однородном электрическом поле, напряжённость которого направлена горизонтально и модуль которой равен E . Начальная скорость шарика равна нулю.

а) Какова форма траектории шарика?

б) Чему равен путь, пройденный шариком за время t ?

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

10. Электрон влетает в плоский конденсатор параллельно его пластинам со скоростью $2,0 \cdot 10^7$ м/с. Напряжённость поля в конденсаторе $2,5 \cdot 10^4$ В/м, длина конденсатора 80 мм. Найдите модуль v и направление скорости электрона в момент вылета из конденсатора.

11. Электрон влетает со скоростью v_0 в пространство между пластинами плоского конденсатора через отверстие в нижней пластине под углом α к плоскости пластин (рис. 56.1). Расстояние между пластинами d , напряжение между пластинами U . На какое наименьшее расстояние s приблизится электрон к верхней пластине? Размеры пластин считайте достаточно большими.

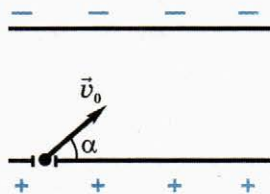


Рис. 56.1

12. В плоский конденсатор длиной 5,0 см влетает электрон под углом 15° к пластинам. Энергия электрона $2,4 \cdot 10^{-16}$ Дж, расстояние между пластинами 10 мм. При каком напряжении на конденсаторе электрон вылетит параллельно пластинам конденсатора?

§ 57. ЗАКОН ОМА ДЛЯ УЧАСТКА ЦЕПИ**БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ**

1. Сила тока в лампе равна 0,2 А. Какой заряд протечёт через лампу за 10 мин?

2. Через поперечное сечение проводника за 7 мин проходит $4 \cdot 10^{20}$ электронов. Чему равна сила тока в проводнике?

3. Сопротивление первой медной проволоки 12 Ом. Чему равно сопротивление второй медной проволоки, длина которой в 2 раза больше, чем у первой проволоки, а площадь поперечного сечения в 3 раза больше, чем у первой проволоки?

4. Чему равно отношение сопротивления алюминиевой проволоки длиной 10 м и площадью поперечного сечения 2 мм^2 к сопротивлению медной проволоки длиной 15 м и площадью поперечного сечения 5 мм^2 ?

5. Обмотка реостата сопротивлением 11 Ом сделана из никелиновой проволоки площадью поперечного сечения $0,5 \text{ мм}^2$. Какова длина проволоки?

6. Чему равна сила тока в реостате, изготовленном из никелиновой проволоки длиной 25 м и площадью поперечного сечения 1 мм^2 , если напряжение на зажимах реостата равно 42 В?

7. Реостат имеет максимальное сопротивление 10 Ом и рассчитан на максимальную силу тока 5 А. Какое максимальное напряжение может быть подано на реостат?

8. Постройте график зависимости силы тока от напряжения для резистора сопротивлением 2 Ом.

9. Определите напряжение на концах стального проводника длиной 3 м и площадью поперечного сечения $0,2 \text{ мм}^2$, в котором сила тока равна 0,5 А.

10. На рисунке 57.1 изображён график зависимости силы тока в резисторе от приложенного к его концам напряжения.

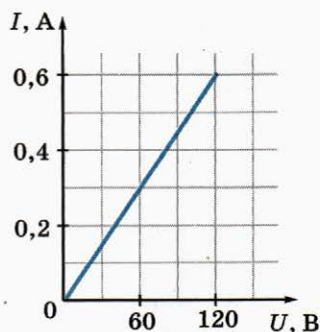


Рис. 57.1

- а) Чему равно сопротивление резистора?
б) Чему будет равна сила тока в резисторе, если увеличить напряжение до 180 В?

11. Как изменится сила тока, протекающего через медный провод при постоянной температуре, если:

- а) увеличить в 2 раза напряжение на его концах, а длину этого провода уменьшить в 2 раза?
б) уменьшить напряжение на его концах в 3 раза, а длину провода уменьшить в 1,5 раза?

12. Начертите схему, на которой показано направление тока в электролите и направление движения положительных и отрицательных ионов.

13. Для изготовления рекламы 44 лампы сопротивлением 50 Ом каждая соединили последовательно и подключили к сети напряжением 220 В. Чему равна сила тока в каждой лампе?

14. Сколько резисторов по 80 Ом каждый надо соединить параллельно, чтобы их общее сопротивление составило 4 Ом?

15. Гирлянда из 20 одинаковых лампочек, соединённых параллельно, подключена к источнику тока напряжением 220 В. Сопротивление одной лампочки 5 кОм. Чему равна сила тока в гирлянде?

16. У вас имеются три резистора по 30 Ом. Начертите все возможные схемы соединения этих трёх резисторов. Чему равно сопротивление для каждой схемы?

17. Во сколько раз сопротивление четырёх одинаковых резисторов, соединённых последовательно, больше, чем сопротивление тех же резисторов, соединённых параллельно?

18. На рисунке 57.2 изображена схема участка электрической цепи. Сопротивления резисторов $R_1 = 8$ Ом, $R_2 = 20$ Ом, $R_3 = 30$ Ом. Чему равно напряжение на втором и третьем резисторах, если разность потенциалов между точками a и b равна 4 В?

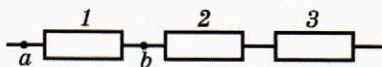


Рис. 57.2

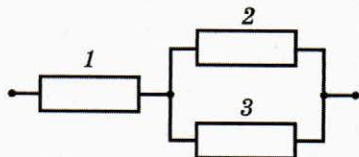


Рис. 57.3

19. На рисунке 57.3 изображена схема участка электрической цепи. Сопротивления

резисторов $R_1 = 12 \text{ Ом}$, $R_2 = 20 \text{ Ом}$, $R_3 = 30 \text{ Ом}$. Сила тока в первом резисторе равна 5 А .

а) Чему равны значения силы тока во втором и третьем резисторах?

б) Чему равны значения напряжения на резисторах?

в) Чему равно напряжение на концах участка цепи?

20. Ученик при сборке электрической цепи случайно перепутал вольтметр и амперметр. Какой прибор может по этой причине выйти из строя?

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

21. Сила тока в проводнике увеличивается прямо пропорционально времени от 0 до 4 А за 10 с . Какой заряд пройдёт через поперечное сечение проводника за 10 с ?

22. На рисунке 57.4 изображены графики зависимости сопротивления от длины для двух проводников, изготовленных из одного и того же металла. У какого проводника площадь поперечного сечения больше? Во сколько раз больше?

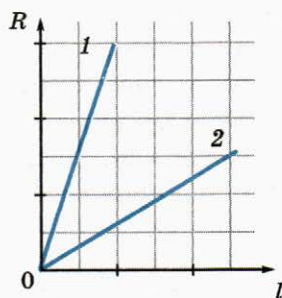


Рис. 57.4

23. Сопротивление медной проволоки массой 300 г равно 57 Ом . Чему равна длина проволоки?

24. Подключённая к сети металлическая спираль раскалилась. На половину спирали направили вентилятор. Как изменится накал каждой половины спирали?

25. Напряжение на концах стальной спирали увеличили в 2 раза, однако сила тока при этом увеличилась менее чем в 2 раза. Объясните, почему это произошло.

26. Стальная проволока длиной 2 м и площадью поперечного сечения $0,48 \text{ мм}^2$ соединена последовательно с никелиновой проволокой длиной 3 м и площадью поперечного сечения $0,21 \text{ мм}^2$. Какое напряжение надо подвести к этому участку цепи, чтобы сила тока в нём была равна 4 А ?

27. Цепь состоит из трёх последовательно соединённых резисторов, подключённых к источнику напряжения 30 В . Сопротивление первого резистора 6 Ом , второго 14 Ом , а напряжение на концах третьего резистора 20 В . Чему равны:

- а) напряжение на первом и втором резисторах?
- б) сопротивление третьего резистора?
- в) сила тока в цепи?

28. Электрическую лампу сопротивлением 240 Ом, рассчитанную на напряжение 120 В, надо подключить к сети напряжением 220 В. Какой длины нихромовый проводник с площадью поперечного сечения $0,55 \text{ мм}^2$ надо включить последовательно с лампой, чтобы она горела нормальным накалом?

29. Четыре одинаковые лампы, рассчитанные на напряжение 4 В и силу тока 0,2 А каждая, надо соединить параллельно и подключить к источнику напряжения 6 В. Резистор какого сопротивления надо включить последовательно с лампами?

30. Определите сопротивление участков цепи, схемы которых изображены на рисунке 57.5, если сопротивление каждого резистора 100 Ом.

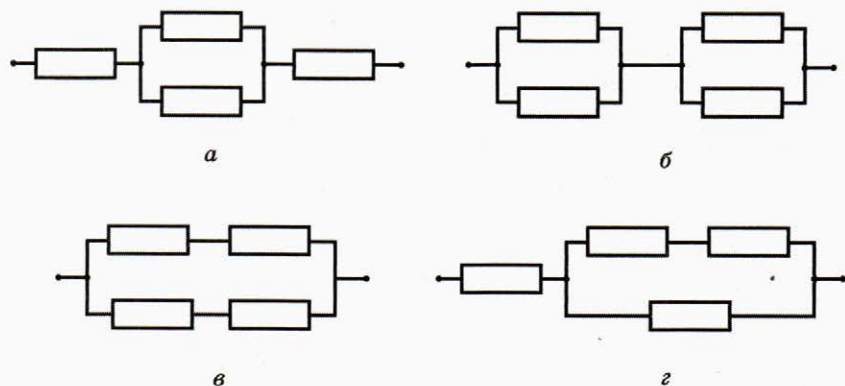


Рис. 57.5

31. На рисунке 57.6 изображён участок цепи. Сопротивления всех резисторов одинаковы. Сила тока в первом резисторе 8 А. Чему равна сила тока в пятом резисторе?

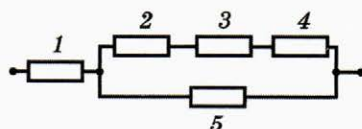


Рис. 57.6

32. При последовательном соединении двух резисторов их общее сопротивление равно 10 Ом, а при параллельном соединении оно равно 1,6 Ом. Найдите сопротивления резисторов.

33. При последовательном подключении к источнику постоянного напряжения двух резисторов сила тока в 6,25 раз меньше, чем при параллельном подключении этих же резисторов. Чему равно отношение сопротивлений резисторов?

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

34. Плоский конденсатор с квадратными пластинами $10\text{ см} \times 10\text{ см}$, находящимися на расстоянии $2,0\text{ мм}$ друг от друга, подключён к источнику постоянного напряжения 750 В . В пространство между пластинами вдвигают с постоянной скоростью 40 см/с стеклянную пластину толщиной $2,0\text{ мм}$ (рис. 57.7). Какова при этом сила тока в цепи?

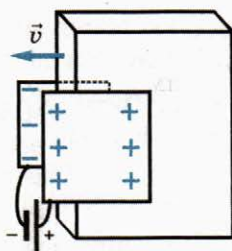


Рис. 57.7

35. Какова напряжённость электрического поля в алюминиевом проводнике сечением $1,4\text{ мм}^2$, если сила тока в проводнике равна 2 А ?

36. К источнику постоянного напряжения подключены последовательно два резистора. Когда параллельно первому резистору подключили третий резистор, напряжение на первом резисторе уменьшилось в 3 раза, а сила тока во втором резисторе увеличилась в 3 раза. Чему равно отношение сопротивления первого резистора к сопротивлению второго?

37. Для измерения сопротивления резистора R собрали схему, показанную на рисунке 57.8. Показания амперметра 2 А , показания вольтметра 120 В . Найдите сопротивление резистора, если сопротивление вольтметра равно 3 кОм .

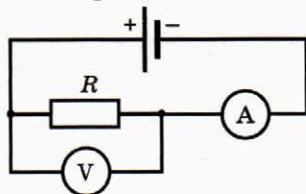


Рис. 57.8

§ 58. РАБОТА И МОЩНОСТЬ ТОКА

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

1. Напряжение на резисторе 20 В , а сила тока в нём 5 А . Чему равна работа тока за 10 мин ?

2. За какое время в резисторе сопротивлением 10 Ом выделится количество теплоты, равное 1 кДж , если сила тока в нём 2 А ?

3. За 10 мин в резисторе сопротивлением 20 Ом выделилось количество теплоты 120 Дж . Какой заряд прошёл через резистор за это время?

4. Резисторы сопротивлением 300 Ом и 100 Ом включены в цепь последовательно. За некоторое время в первом резисторе выделяется количество теплоты, равное 21 кДж . Какое количество теплоты выделится за это же время во втором резисторе?

5. Лампочка карманного фонаря рассчитана на напряжение $3,5\text{ В}$ и силу тока $0,2\text{ А}$. Какую мощность потребляет лампочка?

6. Рабочее сопротивление лампочки мощностью 100 Вт равно 484 Ом .

а) Чему равна сила тока в лампе?

б) На какое напряжение рассчитана лампа?

в) Какое количество теплоты выделится в лампе за 10 мин ?

7. На рисунке 58.1 изображён график зависимости напряжения на концах резистора от силы тока в нём.

а) Чему равно сопротивление резистора?

б) Чему равна мощность тока в резисторе при силе тока 6 А ?

в) Постройте график зависимости мощности тока в резисторе от напряжения.

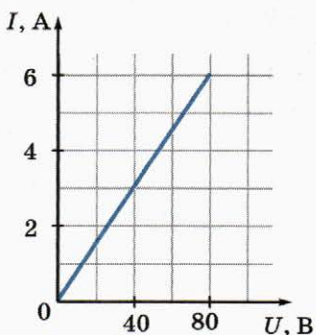


Рис. 58.1

8. Два резистора, сопротивлениями соответственно 20 Ом и 40 Ом , соединены последовательно и подключены к источнику тока с напряжением 120 В . Чему равна мощность, выделяемая в каждом резисторе?

9. В электроплитке, рассчитанной на напряжение 220 В , имеются два нагревательных элемента сопротивлением 100 Ом каждый. С помощью переключателя можно включить один элемент, два элемента последовательно или два элемента параллельно. Найдите мощность электроплитки для каждого случая.

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

10. За какой промежуток времени работа тока в резисторе сопротивлением 3 Ом будет равна 10 Дж, если за это время через резистор прошёл заряд 20 Кл?

11. При прохождении тока в проводнике за некоторое время выделилось количество теплоты 4 кДж. Сколько электронов прошло за это время через поперечное сечение проводника, если напряжение на его концах равно 50 В?

12. Сопротивления резисторов (рис. 58.2) $R_1 = 2$ Ом, $R_2 = 4$ Ом, $R_3 = 3$ Ом, $R_4 = 5$ Ом. Чему равно отношение количеств теплоты $\frac{Q_2}{Q_3}$, вы-

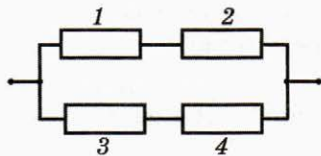


Рис. 58.2

делившихся за одинаковое время на втором и третьем резисторах?

13. Какой длины надо взять никелиновую проволоку площадью поперечного сечения 0,5 мм², чтобы изготовить нагреватель, которым можно нагреть 2 л воды от 20 °С до кипения за 10 мин при КПД 70 %? Напряжение в сети 220 В.

14. Длину провода уменьшили на 10 %. Как изменится выделяющаяся в нём мощность, если подключить его к источнику с тем же напряжением?

15. При прохождении тока через последовательно соединённые проводники одинакового сечения, изготовленные из материалов с удельными сопротивлениями ρ_1 и ρ_2 , в проводниках выделяется одинаковая мощность. Чему равно отношение длины первого проводника к длине второго?

16. Десять одинаковых ламп, сопротивлением по 0,5 кОм и рассчитанных на напряжение 120 В каждая, соединены параллельно и подключены к сети напряжением 220 В через реостат таким образом, что лампы горят нормальным накалом. Какова мощность электрического тока в реостате?

17. Какова сила тока в обмотке электродвигателя подъёмного крана, когда он за 30 с равномерно поднимает груз массой 2 т на 10 м? Напряжение в сети 380 В, КПД двигателя 75 %.

18. Если два резистора подключить в сеть напряжением 100 В последовательно, то они потребляют суммарную мощ-

ность 40 Вт. Те же два резистора, подключённые к той же сети последовательно, потребляют мощность 250 Вт. Чему равны сопротивления резисторов?

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

19. Концы медного теплоизолированного провода длиной 10 м подключают к источнику постоянного напряжения 2 В. За сколько времени температура провода увеличится на 10 °С? Примите, что изменением сопротивления проводника при нагревании можно пренебречь.

20. В нагревательном приборе есть два нагревательных элемента. При подключении к сети только первого элемента вода закипает через 20 мин, при подключении только второго элемента — через 30 мин. Примите, что тепловыми потерями можно пренебречь и что начальная температура воды во всех случаях одинакова. Через сколько времени закипит вода в нагревателе, если подключить оба элемента: а) последовательно? б) параллельно?

21. Имеется пять электрических ламп, рассчитанных на напряжение 9 В каждая. Три из них имеют номинальную мощность по 4 Вт, а две — по 6 Вт. Начертите схему такого соединения этих ламп, чтобы при подключении их к сети напряжением 18 В все лампы горели нормальным накалом.

§ 59. ЗАКОН ОМА ДЛЯ ПОЛНОЙ ЦЕПИ

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

1. В гальваническом элементе для разделения заряда 2 Кл сторонние силы совершают работу 1,5 В. Чему равна ЭДС элемента?

2. К источнику тока с ЭДС, равной 18 В, и внутренним сопротивлением 1 Ом подключён резистор сопротивлением 5 Ом. Чему равна сила тока в цепи и напряжение на зажимах источника?

3. Сила тока короткого замыкания источника тока с ЭДС, равной 20 В, составляет 10 А. Чему равно внутреннее сопротивление источника?

4. В проводнике сопротивлением 7 Ом, подключённом к источнику тока с ЭДС, равной 4,5 В, сила тока равна 0,5 А.

- а) Чему равно внутреннее сопротивление источника тока?
- б) Чему будет равна сила тока при коротком замыкании?
- в) Чему равно внутреннее сопротивление источника?
- г) Чему равна ЭДС источника?
- д) Чему будет равен ток короткого замыкания?

5. К батарее с ЭДС, равной 24 В, и внутренним сопротивлением 2 Ом подключён нагреватель. Сила тока в цепи 2 А. Какое количество теплоты выделится в нагревателе за 5 мин?

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

6. Лампочка подключена к батарейке с ЭДС 1,5 В. Сила тока в цепи равна 0,1 А. Чему равна работа сторонних сил за 10 мин?

7. К батарее с ЭДС, равной 4,5 В, подключена лампочка. Соединённый параллельно с лампочкой вольтметр показывает 4 В, а соединённый последовательно с ней амперметр — силу тока 0,25 А. Чему равно внутреннее сопротивление батареи? Амперметр и вольтметр считайте идеальными¹.

8. К источнику тока с ЭДС, равной 2,4 В, и внутренним сопротивлением 4 Ом подключён реостат. При этом сила тока в цепи равна 0,4 А. Как надо изменить сопротивление реостата, чтобы напряжение на нём стало равным 1,6 В?

9. К аккумулятору с ЭДС, равной 20 В, подключены параллельно две лампы сопротивлением соответственно 40 Ом и 10 Ом. Сила тока в аккумуляторе равна 2 А. Чему равно внутреннее сопротивление аккумулятора?

10. К источнику тока с ЭДС, равной 16 В, и внутренним сопротивлением 2 Ом подключён резистор. При этом сила тока в цепи равна 2 А. Чему будет равна сила тока в цепи, если второй такой же резистор подключить:

- а) последовательно с первым?
- б) параллельно с первым?

11. Реостат подключён к источнику тока. При изменении сопротивления реостата от 4,0 Ом до 9,5 Ом сила тока в цепи

¹ Сопротивлением идеального амперметра можно пренебречь, а сопротивление идеального вольтметра следует считать бесконечно большим.

изменяется от 8,0 А до 3,6 А. Найдите ЭДС источника тока и его внутреннее сопротивление.

12. К батарее с ЭДС, равной 6 В, и внутренним сопротивлением 1,4 Ом подключены параллельно соединённые резисторы сопротивлениями 2 Ом и 6 Ом. Чему равна разность потенциалов на полюсах батареи?

13. Сколько ламп, рассчитанных на силу тока 0,5 А и напряжение 100 В каждая, надо соединить параллельно, чтобы они горели полным накалом при подключении к батарее с ЭДС, равной 120 В, и внутренним сопротивлением 10 Ом?

14. К источнику тока с внутренним сопротивлением 0,5 Ом подключено 50 соединённых параллельно ламп сопротивлением 100 Ом каждая. Напряжение на каждой лампе равно 220 В. Чему равна ЭДС источника?

15. В резисторе сопротивлением 24 Ом, подключённом к источнику тока с ЭДС, равной 16 В, выделяется мощность 6 Вт. Чему равна сила тока короткого замыкания для этого источника?

16. Сила тока в резисторе, подключённом к источнику тока с внутренним сопротивлением 20 Ом, равна 0,2 А. При этом мощность тока в резисторе равна 4 Вт. Когда этот резистор заменили другим, напряжение на полюсах источника оказалось равным 16 В. Чему равно сопротивление второго резистора?

17. Когда к источнику тока с ЭДС, равной 6 В, подключён проводник сопротивлением 4 Ом, сила тока в цепи равна 1 А. Последовательно с первым проводником подключают второй проводник сопротивлением 6 Ом. Чему будет равна мощность тока во втором проводнике?

18. Чему равен КПД источника тока с внутренним сопротивлением 0,1 Ом, если внешнее сопротивление равно 1,5 Ом?

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

19. При подключении к источнику тока попеременно резисторов сопротивлениями 3,0 Ом и 48 Ом в них выделяется одинаковая мощность, равная 1,2 кВт. Чему равна сила тока короткого замыкания?

20. Найдите силу тока короткого замыкания аккумуляторной батареи, если при силе тока 5 А мощность тока равна 30 Вт, а при силе тока 10 А мощность тока равна 40 Вт.

21. КПД источника тока при некотором внешнем сопротивлении цепи составляет 60 %. Каким будет КПД того же источника, если внешнее сопротивление цепи увеличить в 6 раз?

§ 60. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

1. Каким типом проводимости обладают:
 - а) чистые полупроводники?
 - б) полупроводники с акцепторной примесью?
 - в) полупроводники с донорной примесью?
2. Элемент с какой валентностью следует добавить в качестве примеси в германий, чтобы получить:
 - а) полупроводник n -типа?
 - б) полупроводник p -типа?
3. На рисунке 60.1 показаны возможные варианты включения p - n -перехода. На какой схеме p - n -переход включён в прямом направлении, а на какой в обратном?

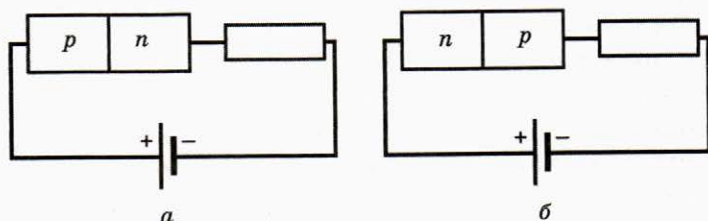


Рис. 60.1

4. В сети возникло короткое замыкание, а предохранители не сработали, и провода загорелись. Почему нельзя тушить их водой или огнетушителем, пока они не обесточены?

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

5. На рисунке 60.2 изображена вольтамперная характеристика полупроводникового диода (обратите внимание на различные масштабы

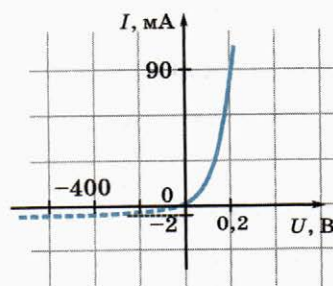


Рис. 60.2

на горизонтальной оси по разные стороны от вертикальной оси). Определите, чему равно сопротивление диода:

а) при прямом включении, если модуль напряжения равен $0,2\text{ В}$;

б) при обратном включении, если модуль напряжения равен 400 В .

6. На рисунке 60.3 изображена схема электрической цепи. Считайте, что сопротивление диодов в прямом направлении пренебрежимо мало, а в обратном — многократно превышает сопротивление резисторов. При подключении к точке A положительного, а к точке B отрицательного полюса батареи с ЭДС, равной 30 В , и пренебрежимо малым внутренним сопротивлением мощность тока равна $22,5\text{ Вт}$. При изменении полярности подключения батареи мощность тока оказалась равной 36 Вт . Укажите направление тока в резисторах в обоих случаях и найдите сопротивления первого и второго резисторов.

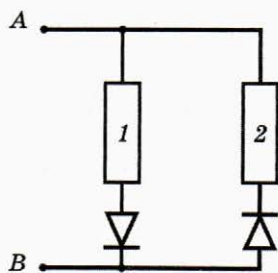


Рис. 60.3

7. Поясните, чем обусловлена малая толщина базы в транзисторе.

8. Ванна, наполненная слабым раствором поваренной соли, подключена к батарее с некоторым внутренним сопротивлением. Как изменится напряжение на полюсах батареи, если добавить в ванну ещё соли?

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

9. На рисунке 60.4 изображена схема электрической цепи. Считайте, что сопротивление диодов в прямом направлении пренебрежимо мало, а в обратном — многократно превышает сопротивление резисторов. При подключении к точке A положительного, а к точке B отрицательного полюса батареи с ЭДС, равной 100 В , и пренебрежимо малым внутренним сопротивлением мощность тока равна 150 Вт . При

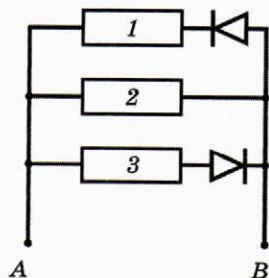


Рис. 60.4

изменении полярности подключения батареи мощность тока оказалась равной 83 Вт. Чему равны сопротивления первого и третьего резисторов, если сопротивление второго резистора равно 200 Ом?

§ 61. РАСЧЁТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

1. На концы участка электрической цепи, изображённого на рисунке 61.1, подали напряжение 18 В. Сопротивление каждого резистора 6 Ом. Что показывает амперметр?

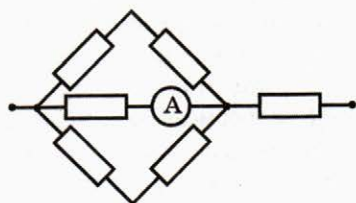


Рис. 61.1

2. Найдите сопротивление показанной на рисунке 61.2 цепи, если $R_1 = R_2 = R_5 = R_6 = 3,0$ Ом; $R_3 = 20$ Ом, $R_4 = 24$ Ом. Найдите силу тока в каждом резисторе, если напряжение на концах участка цепи равно 36 В.

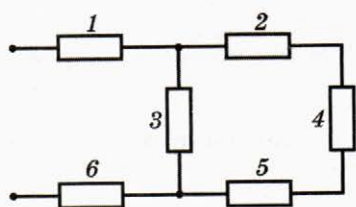


Рис. 61.2

3. Какую силу тока покажет амперметр в изображённой на рисунке 61.3 цепи? Сопротивления резисторов: $R_1 = 6$ Ом, $R_2 = 8$ Ом, $R_3 = 12$ Ом, $R_4 = 24$ Ом. ЭДС источника тока 36 В, его внутреннее сопротивление 1 Ом.

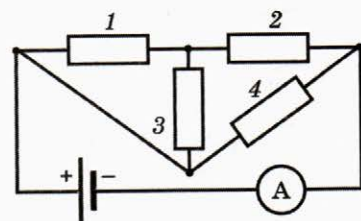


Рис. 61.3

4. На рисунке 61.4 изображён участок электрической цепи. Амперметр показывает 3 А. Сопротивления резисторов 1 и 2 равны 4 Ом каждое, сопротивления остальных резисторов — 2 Ом каждое. Чему равно напряжение на концах участка?

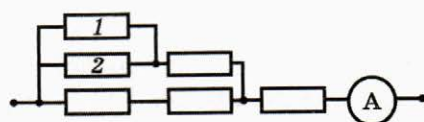


Рис. 61.4

5. Найдите силу тока в резисторе 1 (рис. 61.5). Сопротивления резисторов: $R_1 = 5 \text{ Ом}$, $R_2 = 7 \text{ Ом}$, $R_3 = 10 \text{ Ом}$, $R_4 = 14 \text{ Ом}$, $R_5 = 2 \text{ Ом}$. ЭДС источника 30 В, его внутреннее сопротивление 2 Ом.

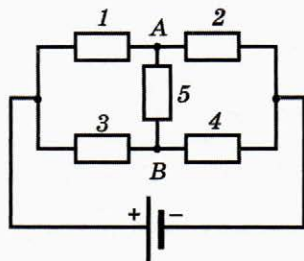


Рис. 61.5

6. Найдите сопротивление цепи, показанной на рисунке 61.6. Сопротивление каждого резистора r , сопротивлением соединительных проводов можно пренебречь.

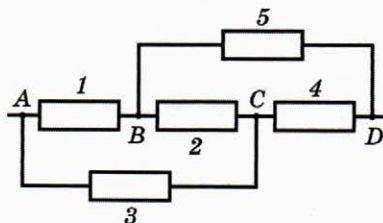


Рис. 61.6

7. Сила тока в резисторе сопротивлением 8 Ом, подключённом к источнику тока с ЭДС, равной 4 В, составляет 0,4 А. Какая максимально возможная мощность может выделяться во внешнем сопротивлении при его подключении к этому источнику?

8. Электрическая цепь состоит из источника тока и реостата. Внутреннее сопротивление источника 2 Ом. Сопротивление реостата можно изменять в пределах от 1 Ом до 5 Ом. Максимальная мощность тока в реостате равна 4,5 Вт. Чему равна ЭДС источника?

9. На рисунке 61.7 изображена схема электрической цепи, в которой $C_1 = 2 \text{ мкФ}$, $C_2 = 5 \text{ мкФ}$, $R_1 = 10 \text{ Ом}$, $R_2 = 20 \text{ Ом}$, $R_3 = 40 \text{ Ом}$. Напряжение между точками A и B равно 140 В. Чему равен заряд на конденсаторе C_2 ?

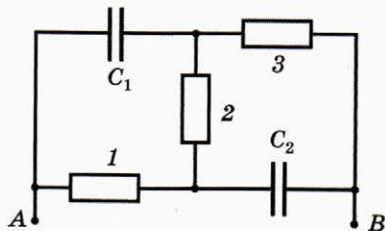


Рис. 61.7

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

10. На рисунке 61.8 изображена схема электрической цепи. До замыкания ключа вольтметр показывал напряжение 7,5 В. После замыкания ключа амперметр показывает силу тока 0,5 А. Чему равно внутреннее сопротивление батареи? Сопротивление каждого резистора, измеренное в омах, равно его номеру. Вольтметр и амперметр считайте идеальными.

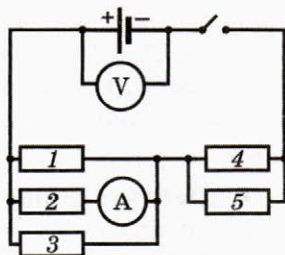


Рис. 61.8

11. На рисунке 61.9 изображена схема электрической цепи. Найдите ЭДС источника, если заряд конденсатора равен 1,0 мКл. Сопротивления резисторов $R_1 = 90$ Ом, $R_2 = 30$ Ом, $R_3 = 60$ Ом, $R_4 = 40$ Ом. Внутреннее сопротивление источника 2 Ом. Ёмкость конденсатора 5,0 мкФ.

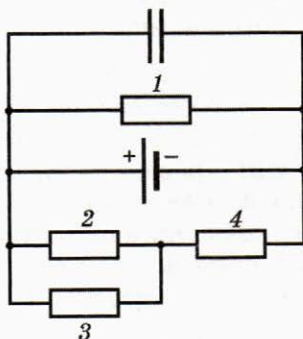


Рис. 61.9

12. В цепи, схема которой изображена на рисунке 61.10, $C_1 = 4$ мкФ, $C_2 = 2$ мкФ, $R_1 = 0,5$ Ом, $R_2 = 2$ Ом, напряжение на полюсах источника тока $U = 10$ В. Внутренним сопротивлением источника тока можно пренебречь. Какой заряд пройдёт через ключ K (см. рис. 61.10) после его замыкания?

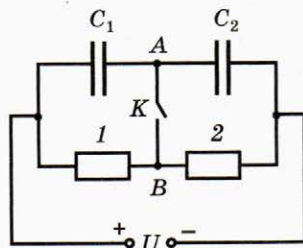


Рис. 61.10

ОТВЕТЫ И УКАЗАНИЯ

§ 1. 2. а) Окружность. б) Спираль. 3. 55 м, 15 м. 4. 3,14 км, 0. 5. Графики *a* и *в*. 6. 140 км, 100 км. 7. б) $s_x = 6$ м, $s_y = -8$ м. в) $s = 10$ м. 9. а) 31,4 см, 28,3 см. б) 62,8 см, 40 см. в) 30,2 м, 0 м. 10. 2,15. 11. 102,4 м, 94,4 м. 12. $9,05 \cdot 10^3$ км; лишним даным является расстояние, которое самолёт пролетел вдоль экватора. Указание. Примите во внимание шарообразность Земли. 13. 5,6 км, 30° .

§ 2. 1. $v_2 = 8$ м/с. 2. 33,3 мин. 3. а) $t = 10$ с. б) $x = 50$ м. 4. в) $t = 5$ с. г) $s_1 = 25$ м, $s_2 = 75$ м. 5. а) $v_{x1} = -1$ м/с, $v_{x2} = 2$ м/с. б) $x = 20 - t$; $x = -10 + 2t$. в) 10 с; 10 м. г) 10 м, 20 м. 6. а) 5 м/с. б) 50 м. 7. в) 6 м; 6 м. г) -4 м; 4 м. 8. а) 20 м, 20 м. б) 60 м, 20 м. в) 80 м, 0. г) 90 м, 10 м. 9. а) $x = 8,7t$; $y = 20 + 5t$. б) $y = 20 + 0,58x$. в) 150 м. г) 300 м. 10. б) 50 м. в) 20 с.

§ 3. 1. а) 2,5 м/с. б) 0,5 м/с. в) 20 с. г) 20 с. д) 20 м. е) 50 м. ж) 10 м. 2. а) 10 м/с. б) 30 с. в) 30 м/с. г) 10 с. д) 40 с. е) 400 м. 3. 100 м. 4. а) 8 м/с. б) 2 м/с. 5. $\frac{9}{11}$. 6. а) $t = \frac{l}{v_{\Pi}}$.

б) $t = \frac{l}{v_{\Pi}}$; в) $t = 2 \frac{l}{v_{\Pi}}$. Указание. Перейдите в систему отсчё-

та, связанную с плотом. 7. а) $t_{AB} = \frac{l}{v_K + v_T}$. б) $t_{BA} = \frac{l}{v_K - v_T}$.

в) $t_p = \frac{2v_K l}{v_K^2 - v_T^2}$. г) $\frac{t_p}{t_{\text{ос}}} = \frac{v_K^2}{v_K^2 - v_T^2}$. 8. $s_{\Pi} = s_{\text{л}} - L$. 9. 10 суток.

10. 45 с. 11. $\frac{v_m}{v_g} = \frac{n}{N - n}$. Указание. За то время, пока Миша спу-

стился на n ступенек, эскалатор спустился на $N - n$ ступенек. 12. 0,51 км/ч; от Б к А. 13. а) 200 м. б) См. рисунок 1. в) 1 км.

§ 4. 1. На 5 км/ч. 2. а) От 5 с до 10 с. б) 4 м/с. в) 8 м/с. г) 4 м/с. 3. 48 км/ч. 4. 60 км/ч. 5. а) 5 с. б) 4 с. в) 0 с, 8 с; 0 м/с. д) 6,25 м/с. 6. а) 1 мин. б) 13,3 м/с. 7. 10 с. 8. 65 км/ч. 9. а) 58,3 км/ч, 60 км/ч.

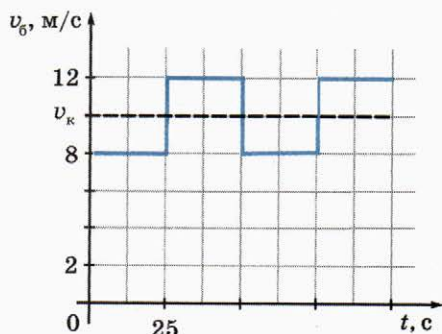


Рис. 1

б) Второй. в) 3,5 мин. 10. 16 км. 11. а) 37,4 км/ч. б) 150 км. 12. 4 км/ч; 2 км/ч. 13. в) 1,5 м/с. 14. 3,3 м/с.

§ 5. 1. а) Первое разгонялось, а второе тормозило. б) Скорость первого тела увеличилась на 6 м/с; скорость второго тела уменьшилась на 6 м/с. в) Для первого тела $a_x = 1,5$ м/с; для второго тела $a_x = -1,5$ м/с. г) Для первого тела $v_x = 1,5 + 1,5t$; для второго тела $v_x = 21 - 1,5t$. 2. 10 с. 3. 3 м/с. 4. а) 5 м/с. б) 0,5 м/с². в) $v_x = 5 + 0,5t$. г) 50 с. 5. 4 с; 12 с. 7. а) 35 с. б) $v_x = 70 - 2t$. 8. а) Тел 2 и 3; 0,2 м/с². б) Тело 1; 0,6 м/с². 9. 32 м/с.

§ 6. 1. а) 1,2 м/с². б) $v_x = 1,2t$. в) 60 м. 2. 1,2 м/с²; 12 м/с. 3. 50 м. 4. 300 м/с; $75 \cdot 10^3$ м/с². 5. 54 м. 6. 2 м/с²; 10 с. 7. 216 км. 8. 5 см. 9. 31,5 м. 10. 283 м/с. 11. 20 м. 12. 32 с; 42 м/с. 13. 5 м/с. 14. at^2 . 15. 40 см. 16. 2 м/с; 80 м. 17. 4 м. 18. В 3 раза. 19. 3 с.

§ 7. 1. а) 20 м/с. б) 20 м. в) В 3 раза. 2. а) 3,35 с. б) 33,5 м. 3. а) Вверх. б) 0. в) 45 м. г) 3 с. д) 30 м/с. 4. 55 м. 5. В 2 раза. В 4 раза. 6. а) 4 с. б) 8 с. в) 40 м/с. г) 80 м. д) 5 м. е) 20 м/с. 7. а) 20 м/с. б) 2 с. в) 20 м. г) Например, 0 и 4 с; 1 и 3 с. 8. 5 м/с, 15 м/с, 25 м/с.

5(2n - 1) м/с. 9. 125 м. 10. 3,54 м/с. 11. а) $t = \frac{v_0 - \sqrt{v_0^2 - 2gh}}{g}$.

б) $\sqrt{v_0^2 - 2gh}$. в) $t = \frac{v_0 + \sqrt{v_0^2 - 2gh}}{g}$; $\sqrt{v_0^2 - 2gh}$. 12. 3 с. 20 м/с.

13. 50 м. 14. 7 м/с. 15. 1215 м. 16. 25,6 м/с. 17. Больше 17,3 м/с. 18. 0,85 с. 19. 20 м/с.

§ 8. 1. 10 см. 2. 3,44 м. 3. 10 м/с. 5. 5,2 мм/с; 0,55 мм/с². 6. а) 3 с; 0,33 с⁻¹. б) 0,63 м/с. в) 2,1 рад/с. г) 1,3 м/с². 7. 5 рад/с. 8. 1,5 м/с. 9. 20 оборотов. 10. 6 с⁻¹; 4,52 м/с. 11. а) 6,28 м/с. б) Когда скорость камня будет направлена вертикально вверх. в) На 2 м. 12. 2,5 м/с. 13. 2,7 м/с; 0,3 м/с. 14. 403 м/с; 2,5 см/с². 15. 31,6 м/с. 16. 65,5 мин. 17. 5 см. 18. 343 м/с; винтовую линию. 19. Больше 40 м. Указание. В системе отсчёта, связанной с автомобилями, наибольшее расстояние камешек пролетит, если его начальная скорость направлена под углом 45° к горизонту. 20. $a = \frac{v_0^2}{r}$. Указание. Ускорение одинаково во всех инерциальных системах отсчёта. 21. 400 м/с.

- § 9. 1. $\sqrt{v^2 - u^2}$. 2. 30° .
3. 98 м/с. 4. а) См. рисунок 2.

б) $d_{\min} = \sqrt{L^2 - (v_1 + v_2)^2 t^2}$.

5. $\frac{v_{\text{т}}}{v_{\text{лв}}} = \frac{3}{5}$. 6. У Анто́на, в 1,25

раза больше. 7. 25 м/с. 8. а) 5 км/ч.

б) $\alpha = 53^\circ$. в) 4,5 мин. г) 375 м.

д) 300 м. 9. $t = t_1 \frac{2t_1 \cdot t_2}{t_1^2 + t_2^2} = 3,98$ (ч).

10. $\alpha = 1,91^\circ$. 11. а) $v_{\text{та}} = \sqrt{v_{\text{т}}^2 + v_{\text{а}}^2}$. б) $\frac{v_{\text{а}}^2 t}{\sqrt{v_{\text{а}}^2 + v_{\text{т}}^2}}$.

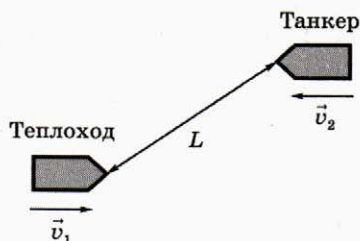


Рис. 2

- § 10. 1. 15 м/с; 150 м. 2. 20 м/с; 5 с; 8 м/с². 3. 3 м/с; 6 м/с;
0,3 м/с². 4. 80 км/ч. 5. 7 м/с, 13 м/с. 6. 120 км/ч. 7. 50 с.
8. 18 м. 9. 10 см; 30 см; 50 см. 10. 36 м. 11. 25 см. 12. 40 м/с;
4 с; 80 м. 13. 80 км/ч. 14. Через 3,5 с. 15. $H = \frac{(n^2 + 1)^2}{8n^2} g \tau^2$.

16. $t = \tau(n + \sqrt{n^2 - n})$. 17. а) $t = \frac{\tau(3n - 1)}{2(n - 1)}$, где $\tau = 1$ с.

б) $h = \frac{g(n + 1)^2 \tau^2}{8}$. 18. 25 м/с; 2,5 с; 31,25 м.

§ 11. 1. а) $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$. б) $v = l\sqrt{\frac{g}{2h}}$. в) $v = \sqrt{l^2 \frac{g}{2h} + 2gh}$.

г) $\operatorname{tg} \alpha = \frac{l}{2h}$. 2. 0,69 м. 3. $(v_1 + v_2)\sqrt{\frac{2H}{g}}$. 4. 20 м; 10 м/с. 5. 20 м.

6. а) 10 м/с. б) 17,3 м/с. д) 3,46 с. е) 15 м. ж) 34,6 м. 7. 11,3 м/с.

8. 63° . 9. $\frac{H}{2}$; H . 10. 34,6 м. 11. 60° . 12. а) 0,8 с; 3 с. б) 15,6 м/с.

в) 12 м. г) 8,8 м; 33 м. 13. 10 м. 14. 3 кг. Указание. В воздухе будет находиться вода, выпущенная из шланга за время полёта тела, брошенного с той же начальной скоростью. 15. 39,2 м.

16. а) 3,1 с. б) 40,4 м. в) 27 м/с. 17. а) 90° . б) 25 м. Указание. Воспользуйтесь тем, что $\sin \alpha_1 = \cos \alpha_2$, а также тем, что $\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$. в) 40 м. Указание. Воспользуйтесь тем, что $\sin \alpha_1 = \cos \alpha_2$. г) $l_{\max} = 2(h_1 + h_2) = 50$ м.

- § 12. 1. 35 м. 2. 2 с, 80 м. 3. 1 с, 15 м. 4. а) $t = \frac{2v_0 \operatorname{tg} \alpha}{g}$.
 б) $s = \frac{2v_0^2 \sin \alpha}{g \cos^2 \alpha}$. 5. $\sin \alpha = \frac{H}{L}$; $v_0 > L \sqrt{\frac{g}{2H}}$. 6. $t = 2\sqrt{\frac{2h}{g}}$; время между последовательными ударами не зависит от угла наклона плоскости. 7. 2 с; 10 м. 8. $H = \frac{s}{8 \sin \alpha}$.

- § 13. 1. Нулю. 2. 100 см. 3. а) 7 Н. б) 1 Н. в) 5 Н. 4. 10 Н, 50 Н. 5. 1 м/с²; 3 м/с². 7. 15 м/с. 8. 18 Н. 9. 5 м/с². 10. 6а. 11. а) 5 Н. б) 5 Н. 12. Нет. Указание. Воспользуйтесь третьим законом Ньютона. 13. От 0 до t_1 ; от t_3 до t_4 . 14. а) 3. б) 1 и 2. в) 4. 15. Любым от 10 Н до 70 Н. 16. 70 мН. 18. 1 м/с². 19. 1000 Н. 20. 11 кН. 21. По 2 Н. 22. Обе верёвки натянуты одинаково. 23. $a = \frac{a_1 a_2}{a_1 + a_2} = 12 \text{ м/с}^2$. 24. 500 Н, 6 м. 25. 2 м/с².

- § 14. 2. $2,67 \cdot 10^{-12}$ Н. 3. Увеличить в 2 раза; уменьшить в 3 раза. 4. В 6 раз. 5. $1,67 \cdot 10^{-5}$ Н. 6. 50 м. 7. 3870 т. 8. 30 км/с. 9. В 11,8 раз. 10. 1,6 м/с². 11. 3612 м/с. 12. Притяжение к Солнцу в 1,9 раз сильнее, чем к Земле. Указание. Расстояние от Луны до Солнца можно принять равным расстоянию от Земли до Солнца. 13. 22,5 Н. 14. 346 тыс. км. 15. В 9 раз. 16. а) 5,4 км/с. б) Примерно 165 лет. 17. 2,6 мм/с². 18. 26 м/с². 19. На 15,1 кН. 20. 8 км/с. 22. 125 км. 23. В 2,8 раза.

- § 15. 1. 1 Н. 2. 40 Н/м. 3. На 1 см. 4. 90 Н. 5. 2,7 кг. 6. 50 Н/м. 7. 2 см. 9. В 4 раза. 10. 2,5 кН/м. 11. Первой, в 4 раза. 12. 120 Н. 13. а) 8 см. б) 100 Н/м. 14. 200 г. 15. 3 см. 16. 4 см. 17. 20 см; 5 см. 18. 1600 Н/м. 19. 5 м/с²; вверх. Указание. Найдите силу, действующую на верхний груз сразу после пережигания нити. 20. $l_0 = R - \frac{mv^2}{kR}$. 21. 6,4 см. 22. На 2 см.

- § 16. 1. 0,3 Н; 500 Н; 5000 Н. 2. 400 г; 700 кг. 3. На 2000 Н. 4. 630 Н. 5. а) 200 Н; вверх. б) Сила тяжести (направлена вниз, равна 1 кН) и сила натяжения троса (направлена вверх и равна 1,2 кН). в) В 1,2 раза. Указание: воспользуйтесь результатом пункта б) и тем, что согласно третьему закону Ньютона вес груза равен по модулю силе натяжения троса. 6. а) 2400 Н. б) 3. 7. Нулю. 8. Например, керосин или нефть. 10. 0,5 кг. 11. а) Вниз. б) 6 м/с². в) Нет. 12. а) Вверх. б) 10 м/с². в) Направление скоро-

сти не имеет значения. 13. 1,06 кН. 14. 20 м/с². 15. а) 40 кН. б) 22,4 м/с. 16. 10; это — предельно допустимая для человека кратковременная перегрузка. 17. По параболе. Указание. Так, чтобы его ускорение было равно ускорению свободного падения, то есть по траектории тела, брошенного под углом к горизонту. 18. 820 Н. 19. а) 0. б) 2 Н. в) 4 Н. 20. 2,1 см.

§ 17. 1. 24 Н. 2. 4 Н; лишнее данное — модуль силы (направление силы существенно!). 3. а) 24 Н. б) 24 Н. в) 0,3. 4. 20 Н.

5. 0,9 Н. 6. 14 Н. 7. $\frac{\mu_1}{\mu_2} = 2$. 8. а) Нет. б) 1,5 Н. в) Больше чем

1,5 Н. 9. В 1,5 раза. 10. 0,02. 11. 3,16 м/с; лишнее данное — масса монеты. 12. а) 5 м/с. б) 0,05. 13. 0,35. 14. 40 Н. 15. 12 Н; 18 Н. Указание. В первом случае брусок не сдвинется с места. 16. 6 м/с². 17. 30 т. 18. 0,3 Н. 19. Больше 20 Н; больше 60 Н; больше 34,6 Н. Указание. Равнодействующая приложенной к бруску силы и силы упругости, действующей на брусок со стороны пружины, должна превысить максимальную силу трения покоя. 20. 0,2. Указание. Запишите уравнение второго закона Ньютона для двух моментов времени: $t = 2$ с и любого последующего момента времени.

§ 18. 2. $\rho = \frac{3h}{2t^2\pi GR}$. 3. 4 км/с. 4. $v_1 = \frac{2\sqrt{2hR}}{t}$. 5. $\frac{n}{k}$. 6. В 17,2 раза.

7. $\frac{P_2}{P_1} = 1 - \frac{4\pi^2 R^3}{GMT^2}$. 8. $T = \sqrt{\frac{3\pi n}{G\rho(n-1)}}$. 9. 5200 кг/м³. 10. Увеличился; 99 км/ч. 11. 7,5 км/с.

§ 19. 1. 8,6 м/с². 2. 60°. 3. 30°. 4. а) 77 Н. б) 533 Н. в) 10,7 м/с². 5. На 0,32 м. 6. 0,7. 7. а) 2 Н. б) 102 Н. 8. 1,17 с. 9. 40 Н. 10. 10,6 Н. 11. В 9 раз. 12. 4 м/с. 13. 0,3 м. 14. а) $gt\alpha$. б) $\frac{mg}{\cos\alpha}$. Подсказка. Ускорение бруска направлено горизонтально. 15. 0,7.

§ 20. 1. а) 1 м/с. б) 6 м/с. в) 11 м/с. 2. а) 1,5 Н. б) 10,5 Н. 3. 0,33. 4. 6,8 кг. 5. 1,5. 6. а) $F \sin \alpha - mg$. б) $F \cos \alpha$. 7. а) 47,1 Н. б) 20,2 Н. в) 68°. 8. а) 0,56 м/с². б) 0. 9. 0,71 м/с². 10. а) 0. б) 1,64 м/с². 11. 17,3 м/с². Указание. В момент отрыва тела от поверхности вертикальная проекция приложенной силы равна силе тяжести. 12. а) 4,3 м/с². б) 0. в) -10,3 м/с².

§ 21. 1. 0,3. 2. 20 м/с. 3. 45°. Указание. На скользкой дороге горизонтально направленное центростремительное ускорение автомобиля обеспечивает только горизонтальная проекция силы нормальной реакции. 4. 19,4 м/с. 5. а) 5,8 м/с². б) 25 см. в) 1,2 м/с. г) 1,3 с. 6. 34,6 м/с. 7. 2,1 м/с. 8. 30 м/с. Указание. При максимальной возможной скорости сила трения покоя между нижней точкой колеса и полотном дороги направлена вдоль полотна *вниз*. 9. а) 25 мН. б) 0,71 м/с. 10. 8,7 см. 11. 49 м. 12. а) 1,2 с⁻¹. б) 0,83 с⁻¹. в) 1,49 с⁻¹. Указание. При минимальной частоте вращения сила трения покоя направлена вдоль наклонной плоскости *вверх*, а при максимальной — *вниз*. 13. 2 м.

$$14. \mu \geq \frac{L\omega^2 \sin \alpha + g \operatorname{ctg} \alpha}{g - L\omega^2 \cos \alpha}.$$

§ 22. 1. 12 Н. 2. $T_2 = \frac{1}{4}F$. 3. Увеличится в 2 раза. 4. а) 27 Н. б) Уменьшится в 2 раза. 5. 22 Н. 6. а) 0,05 м/с². б) 20 кН; 10 кН. 7. а) 6,7 м/с². б) 3,3 Н. 8. 3,5 см. 9. 2 м/с². 10. а) 2,5 м/с². б) 37,5 Н. в) 37,5 Н. 11. а) 2,0 м/с². б) 1,2 Н. в) 2,4 Н. 12. а) 1,5 Н. б) 200 г. 13. Вниз; 1 м/с². 14. $t = \frac{T(m_1 + m_2)}{\alpha(2m_1 + m_2)}$. 15. 53 Н. Указание. Ускорение второго груза в 2 раза меньше, чем ускорение первого груза. 16. $T_{12} = 31,5$ Н; $T_{23} = 18$ Н. 17. 1,46 м/с²; 1,7 Н.

§ 23. 1. 93 кН. 2. 82,5 кН. 3. 200 кН. 4. $F = m(N - n) \times (a + kg)$. 5. 4 Н. 6. а) 50 Н. б) 2 см. 7. 0,5. 8. 87 Н. 9. а) 0,71 м/с². б) 0,37 Н. в) 0,79 м. 10. а) 1,08 Н. б) 0,5 Н. в) 1,08 Н. 11. 3,2 кН. Указание. Сравните максимально возможную силу натяжения троса на наклонном и горизонтальном участках. 12. $a = \frac{g(m_2 \sin \beta - m_1 \sin \alpha - \mu_2 m_2 \cos \beta - \mu_1 m_1 \cos \alpha)}{m_1 + m_2}$. 13. 2 м/с²; 12 Н; 16 Н.

§ 24. 1. а) 5,6 м/с². б) 3,36 м/с. в) 1 м. г) 0,96 м/с. 2. а) 2 м/с². б) 1 м/с². в) 2 с. 3. 60 Н. 4. $\mu < \frac{v_0^2}{2gL \left(1 + \frac{m}{M}\right)}$. Указание. Задачу проще решить в инерциальной системе отсчёта, в которой начальная скорость доски равна нулю. 5. $F > 4,2$ Н. Указание. Ускорение тележке сообщает сила трения, которая не может быть больше силы трения скольжения. 6. 0,5. 7. Если $F \leq \mu g(m_a + m_b)$, то

$$a_b = \frac{F}{m_b + m_n}; \text{ если } F > \mu g(m_b + m_n), \text{ то}$$

$$a_b = \mu g. \text{ 8. } 0,5. \text{ 9. } F = 5\mu mg. \text{ 10. } 0,32.$$

11. 2 с. См. рисунок 3.

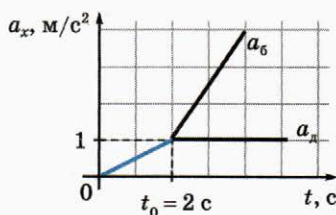


Рис. 3

§ 25. 1. а) $3 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$. б) На $1 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$.

2. 0,5. 3. $15 \cdot 10^6 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$. 4. а) $6 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$

и $6 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$; $6 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$ и $-6 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$. б) $12 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$. 5. $2mv$. 6. а) 0.

б) $40 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$. 7. 0,4 м/с. 8. 8 Н; лишнее данное — мас-

са бруска; нельзя. 9. 200 Н. 10. $5 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$. 11. $|\Delta \vec{p}| = 2mv$.

12. $p_x = -0,5 + 0,4t$. 13. $8,2 \cdot 10^6 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$. 14. $5 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$. 15. а) 400 Н.

б) 40 Н. 16. 234 Н. 17. а) $3 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$. б) $6 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$. в) $5 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$. Ука-

зание. За время t скорость тела, движущегося под действием только силы тяжести, изменяется на $\vec{g}t$. 18. 5 м/с. 19. а) $8 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$.

б) $8 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$.

§ 26. 1. 0,2 м/с. 2. 175 кг. 3. 2 м/с. 4. 0,5 м/с. 5. 3 м/с.

6. 1 м/с. 7. 1 м/с. 8. 0,56 м. 9. $s_n = 33$ м; $s_k = 11$ м. 10. 0,8 м/с.

11. 0,49 м/с. 12. 15 м/с. 13. 3. 14. 2,1 м/с. 15. 4 м/с. 16. 12,5 т.

17. 0,08 м/с. 18. а) 2,5 м/с. б) 1 м. 19. 120 кг. 20. 0,5 м. Указа-

ние. Рассмотрите сначала перемещение одного рыболова, а по-

том — другого. 21. 0,33 м/с; вверх вдоль наклонной плоскости.

22. 4,2 м/с; 63° . 23. 6,51 м.

§ 27. 1. а) Да. б) Да. в) Да, если грузу сообщается начальная скорость вниз относительно воздушного шара, и нет, если начальная скорость груза относительно шара равна нулю. 2. Ему достаточно было оттолкнуть от себя хотя бы часть золота, и по закону сохранения импульса богач заскользил бы по льду в противоположную сторону. 3. Изменить скорость, а значит, и импульс барона может только внешняя сила. Правда, барон мог бросить часть своего обмундирования вперёд, но он об этом не

упомянул, сославшись только на «силу воли». 4. Газ из сопла надо направить в ту же сторону, куда движется корабль. 5. Нет, не попадут. При одновременной стрельбе катер остаётся неподвижным, что является условием попадания снарядов в цель. Если одна из пушек выстрелит раньше, её снаряд вылетит из ствола с меньшей начальной скоростью относительно земли и не долетит до цели. Второй снаряд вылетит из уже движущейся вместе с катером пушки и будет обладать большей начальной скоростью относительно земли, значит, он перелетит цель. 6. По мере расхода топлива приращение скорости будут увеличиваться, потому что будет уменьшаться масса ракеты с оставшимся топливом.

7. 20 м/с. 8. 316 м/с. 9. а) $5000 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$. б) 5000 Н. в) 2,5 м/с². г) 28 с. 10. 1400 с. 11. 8 Н; лишнее данное — масса огнетушителя. 12. 7500 Н. 13. 25 м. 14. 37 с.

§ 28. 1. 38,4 кДж. 2. 5 кН. 3. 50 Н. 4. 4 кДж. 5. 84 Дж. 6. 0,16 Дж. 7. 16 кН/м. 8. -1,5 Дж. 9. -0,6 Дж. 10. а) 0,04 Дж. б) Нулю. Указание. Брус не сдвинется с места. 11. 1200 Вт. 12. 45 кН. 13. 108 Дж. 14. 1,3 МДж. Указание. Средняя сила, которую надо прикладывать для подъёма каната, равна половине веса всего каната. 15. а) 60 Н. б) 40 Н. в) 20 м/с². 16. 33 кДж. 17. 5. 18. 2000 Дж. 19. а) 36 Н. б) 64 Н. в) 100 Н. 20. 100 Дж. 21. 100 Дж. 22. 10 Дж. 23. 4 Дж. 24. 18 мДж. 25. -873 Н. 26. а) 12 см. б) 0,72 Дж. в) 12 Н. г) 1,92 Дж. 27. 0,3 м/с. 28. 11,5°. 29. 100 Дж.

30. -25 Дж. 31. 150 Дж. 32. $A_{\text{тр}} = -\frac{\mu mv^2 \cos \alpha}{\sin \alpha + \mu \cos \alpha}$. 33. 14,4 м³.

§ 29. 1. 4,5 кг. 2. 4 Дж. 3. 50 кДж. 4. $\frac{E_1}{E_2} = 16$. 5. 200 Дж. 6. 30 Дж. 7. Во втором; в 3 раза. 8. 400 Дж. 9. 2 кг. 10. п. 11. 30 Дж. 12. 20 Н. 13. 1 кДж. 14. $1,56 \cdot 10^5$ Дж. 15. -1500 Дж. 16. а) 1,46 Дж. б) 2,4 м/с. 17. а) 0,4 Дж. б) 2 м/с. 18. 66 Дж. 19. 15 Н. 20. 39 м. 21. 4,5 см. 22. 1,25. 23. -162,5 Дж.

24. $mg(h - \mu \sqrt{l^2 - h^2})$. 25. -600 Дж; лишнее данное — указание об изменении направления скорости. Указание. Воспользуйтесь теоремой об изменении кинетической энергии. 26. 1840 Дж.

§ 30. 1. а) У свинцового. б) 4,2. 2. а) 30 Дж. б) 15 Дж. в) 15 Дж. 3. 5 Дж. 4. а) -200 Дж. б) 200 Дж. в) -200 Дж. 5. а) 2000 Н/м. б) 0,9 Дж; 8,1 Дж. в) -7,2 Дж. 6. 0,12 Дж. 7. а) 20 Дж. б) 30 Дж.

8. 0,5 Дж. 9. На 1 Дж. 10. На 75 %. 11. -2. 12. 0,63 Дж.

13. $\frac{k}{2} \left(\frac{l_0 m \omega^2}{k - m \omega^2} \right)^2$. 14. $\frac{E_1}{E_2} = \frac{k_2}{k_1}$.

§ 31. 1. а) 600 Дж. б) 384 Дж. в) -216 Дж. 2. 7,5 Дж; 17,3 м/с.
3. а) 45 м. б) 90 Дж. в) 22,5 Дж; 67,5 Дж. г) 33,75 м; 15 м/с.
4. а) 90 кДж. б) 90 кДж. в) 47 см. 5. 2,24 м/с. 6. 5,6 м. 7. 40 м.
8. 6,3 м/с. 9. 5 м/с. 10. 15 м. 11. 2,05 м/с. 12. 2 м/с. 13. 10 м.

14. В 2 раза. 15. 50 Дж. 16. На 8,1 см. 17. $v = \sqrt{\left(\frac{mv_0}{m + M} \right)^2 + 2gh}$.

18. -3 Дж. 19. 50 г. 20. $\mu \leq 0,39$. 21. 390 м/с.

§ 32. 1. 400 м. 2. а) $v_0 \cos \alpha$. б) 0. в) $2v_0 \cos \alpha$. г) $\frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{2g}$.

д) $\frac{3v_0^2 \sin 2\alpha}{2g}$. 3. а) 2. б) 2. 4. а) В противоположных. б) 0,5v. в) 3m.

5. $0,49 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$. 6. а) 0,09 Дж. б) 3 м/с. в) 1 м/с. г) 0,03 Дж.

д) 0,06 Дж. 7. $\frac{3}{4}$. 8. 1,5 Дж. 9. а) 5 см. б) 22°. в) 798 Дж. 10. 8 см.

11. а) $t = \frac{v_0(\sqrt{3} + 2)}{g}$. б) $2v_0$. 12. 400 м/с. 13. 32 см. 14. 30 см.

15. 29°. 16. 39°. 17. $1,12v$; 50 %.

§ 33. 1. На 25 см. 2. 46°. 3. 60°. $\frac{mg}{2}$. 4. 5 м/с. 5. 219 м/с.

6. 4,47 м/с. 7. 50 см. 8. 5 Н. 9. 20 см. 10. Если $v_0 \geq \sqrt{Rg}$, то

$h = R$; если $v_0 < \sqrt{Rg}$, то $h = \frac{v_0^2 + 2Rg}{3g}$. 11. $v = \sqrt{2Rg}$. 12. 71°.

13. 55°; $\sqrt{\frac{2gl}{3}}$; $\sqrt{3mg}$. Указание. В рассматриваемый момент времени справедливы уравнения

$\frac{mv^2}{l} = T - mg \cos \alpha$; $\frac{mv^2}{2} = mgl \cos \alpha$;

$T = \frac{mg}{\cos \alpha}$. 14. $\frac{5l}{6}$. 15. 3 м/с. 16. 4 м/с.

§ 34. 1. $h = \frac{v^2}{2g} \frac{M + m}{M}$. 2. 1 м/с. 3. $m = M \left(\frac{gH}{v^2} - 1 \right)$. 4. 1,7 м/с.

5. $v_{\text{ит}} = v \left(1 + \frac{m}{M} \right)$. 6. $\sqrt{\frac{2Mgl}{M + m}}$. 7. 0,5 Дж. 8. $\frac{m^2}{M + m} gR$. 9. 458 м/с.

10. 0,3 Дж; 0,2 Дж. 11. 0,33 м/с. 12. $h_2 = h_1 \frac{m_1 m_2}{(m_1 + m_0)(m_2 + m_0)}$.

13. $v_x = \frac{m - M}{m + M} \sqrt{2gR}$. 14. $v = \mu g \sqrt{\frac{8m}{k}}$.

§ 35. 1. 200 Н. 2. а) 28,9 Н. б) 50 Н. Указание. Воспользуйтесь тем, что узел, связывающий все три троса, находится в равновесии.

3. а) $\frac{l}{2} \sin \alpha$; $\frac{l}{2} \sin \alpha$; $\frac{l}{2} \sin \alpha$. б) $l \cos \alpha$; 0; 0. в) $l \sin \alpha$; 0; $l \sin \alpha$.

4. а) 1,4 Н; 2,82 Н. б) 2 м; 0 м; 2,82 м. в) 6 Н · м; 0; -8 Н · м. г) Нет. 5. а) 1,7 Н. б) 6,7 Н. 6. 12 см и 2 см. 7. а) 0,25 кг. б) 12,5 Н. 8. 600 Н. 9. 1250 Н; 750 Н. 10. 388 Н. 11. 8 кг; 4 кг. 12. 5000 Н; 4000 Н. 13. Стержень АВ растянут с силой 115,5 Н;

стержень ВС сжат с силой 231 Н. 14. $h = \frac{l}{\sqrt{3}}$. 15. а) 66,7 Н.

б) 400 Н. 16. В стальной части стержня, на расстоянии 4,9 см от середины стержня. 17. На расстоянии 1,8 м от мальчика массой 40 кг. 18. 72°. Указание. Воспользуйтесь тем, что если векторная сумма трёх сил равна нулю, то векторы этих сил составляют треугольник. 19. а) $\frac{l}{2} \frac{2 - \sqrt{3}}{\sqrt{3}} \approx 0,15 \frac{l}{2}$. б) $kl \frac{2 - \sqrt{3}}{\sqrt{3}} \approx 0,15 kl$.

в) $\frac{kl}{g} \frac{2 - \sqrt{3}}{\sqrt{3}} \approx 0,15 \frac{kl}{g}$. 20. Стержень АВ растянут с силой 1000 Н,

стержень ВС сжат с силой 1330 Н. Указание. Воспользуйтесь тем, что если векторная сумма трёх сил равна нулю, то векторы этих сил составляют треугольник. 21. $m = 20$ г. Левое плечо весов вдвое длиннее правого. 22. 100 кг.

§ 36. 1. а) 18,4°. б) 0,33. 2. Если $h \leq \frac{d}{2\mu}$, то $h_{\max} = h$; если $h > \frac{d}{2\mu}$,

то $h_{\max} = \frac{d}{2\mu}$. 3. $\frac{mgs \sin \alpha}{2}$. 4. $d = \frac{3l}{4}$. Указание. Удобнее начинать решать задачу с условия равновесия верхнего кирпича. 5. $\mu \geq 0,29$.

6. $2l \frac{\mu}{\sqrt{1 + 4\mu^2}}$. 7. $m = \frac{2F\sqrt{l^2 - d^2}}{gd}$. 8. $l = 20$ см. 9. $F_H = mg \sqrt{1 + \frac{4}{\tan^2 \alpha}}$.

10. 1,76 кН. 11. $T = \frac{mg(l + R)}{\sqrt{l(l + 2R)}}; F = \frac{mgR}{\sqrt{l(l + 2R)}}$. 12. Если $\mu \geq \tan \alpha$, то

$h = l \cos \alpha$; если $\mu < \tan \alpha$, то $h = l \cos \alpha \frac{\mu}{\tan \alpha}$. Указание. Формулировка

условия подразумевает, что массой лестницы можно пренебречь.

13. $F_{\min} = \frac{mg}{2\sqrt{2}}; \mu_{\min} = \frac{1}{3}.$

§ 37. 1. $F_{\text{дно}} = \rho g a^3; F_{\text{ст}} = \frac{F_{\text{дно}}}{2}.$ Указание. Для нахождения давления на стенки воспользуйтесь усреднением. 2. 0,8 см. 3. 20 м. 4. 750 кг/м³. 5. Из чугуна. 6. В обоих случаях перевесит железный шар. 7. 1,9 м². 8. 62,5 Дж. 9. 0,23 кг. 10. На 1,3 см. 11. 40 г. 12. $1,39 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$ 13. Влево на 1,1 м. 14. $m = 97 \text{ кг}.$

§ 38. 1. $10^6.$ 3. Силы взаимодействия между молекулами газа не могут удержать их друг возле друга. 4. Среднее расстояние между атомами или молекулами в газах во много раз больше размеров самих молекул. 5. В жидкостях и твёрдых телах молекулы или атомы расположены вплотную друг к другу. 7. Указание. При тепловом равновесии температуры тел одинаковы. 8. 200 см². 9. Вода, в интервале температур от 0 до 4 °С.

§ 39. 1. а) Примерно 310 К. б) 183 К. в) 77 К. 2. а) В 3 раза. б) Увеличился в 3 раза. 3. Давление газа не изменяется; 819 К. 4. 369 К. 5. 6 л. 6. а) 100 К. 7. 1092 К. 8. На 75 К. 9. а) Увеличилось в 4 раза. 10. а) 8 л. б) $0,4 \cdot 10^5 \text{ Па}.$ 11. а) 300 К. б) 900 К. 12. а) $10^5 \text{ Па}.$ б) $4 \cdot 10^5 \text{ Па}.$ 13. 83 кПа. 14. 147 см³. 15. 375 К. 16. 375 К. 17. 120 кПа. 18. 100. 19. 98 Па. Указание. При каждом ходе поршня давление в сосуде уменьшается в 2 раза. 20. Уменьшится в 2 раза. 23. На 25 %. 24. 50 м. 25. 100 К; 40 кПа. 26. $9T_1.$ 27. $p_N = p_a \left(1 + N \cdot \frac{\Delta V}{V}\right).$ 28. Уменьшилось на 21 %. 29. 1. 30. 4. 31. $p_N = p_a \left(\frac{V}{V + \Delta V}\right)^N.$ Указание. При каждом ходе поршня происходит изотермическое расширение воздуха от объёма V до объёма $V + \Delta V.$ 32. Уменьшится в 8 раз. Указание. Воспользуйтесь уравнением Клапейрона. 33. На участке ACB давление газа возрастало, а на участке BDA — убывало. Указание. Проведите через различные точки графика изобары. 34. Наибольшая температура достигается в точке $C,$ наименьшая — в точке $D.$ Указание. Проведите через различные точки графика изотермы. 35. $T_2 = \sqrt{T_1 T_3}.$

§ 40. 1. 20 моль. 2. а) $3 \cdot 10^{24}.$ б) $6 \cdot 10^{24}.$ 3. В 4 раза. 4. а) 560 г. б) 402 г. в) 1,8 кг. 5. а) 14,5 моль. б) 12,5 моль. в) 556 моль.

6. а) $6 \cdot 10^{22}$. б) $9,4 \cdot 10^{24}$. в) $1,9 \cdot 10^{25}$. 7. а) $4,7 \cdot 10^{-26}$ кг. б) $2,1 \cdot 10^{-25}$ кг. в) $3,3 \cdot 10^{-25}$ кг. 8. а) 150 г. б) 6,4 кг. в) 67 кг. 9. $3,3 \cdot 10^{12}$. 10. а) 0,017 кг/моль. б) $2,8 \cdot 10^{-26}$ кг. в) 0,08 кг. г) $2,8 \cdot 10^{24}$. 11. а) 1,2 моль. б) 0,04 моль. 12. а) 500 кПа. б) 787 кПа. 13. а) 318 К. б) 241 К. 14. а) 36 г. б) 5,64 кг. 15. Например, кислород. 16. $0,176 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$. 17. 82,5 кПа. 18. $\frac{m_1}{m_2} = 3$. 19. Во втором со-

суде; в 1,5 раза. Указание. Молекула азота состоит из двух атомов, а молекула углекислого газа — из трёх. 20. 1,5 см. 21. 29,4 с. 22. $4,5 \cdot 10^{19}$. 23. $6,5 \cdot 10^{19}$. 24. 10^{26} м^{-3} . 25. 208 кПа. 26. Уменьшилась на 20 %. 27. Уменьшилось на 25 %. Указание. Молекула озона состоит из трёх атомов кислорода. 28. 150 кПа. 29. 0,6. Указание. Процесс происходит при постоянном давлении. 30. На 155 %. 31. Сосуд с влажным воздухом легче. Указание. Во влажном воздухе более лёгкие молекулы воды *заменяют* та-

кое же количество «молекул воздуха». 32. $m = \frac{\nu R \Delta T}{g \Delta h} - \frac{p_0 S}{g}$.

33. $3,9 \cdot 10^{-9}$ м. Указание. Среднее расстояние между центрами молекул равно корню кубическому из объёма, приходящегося в среднем на одну молекулу. 34. $\rho = \frac{m_0}{a^3}$. Указание. На каждую

ячейку решётки приходится по одному атому. 35. 1. Указание. На одну вступившую в реакцию молекулу кислорода приходится одна образовавшаяся молекула углекислого газа. 36. $v = \frac{mRT}{M \rho t S}$.

Указание. За время t через поперечное сечение газопровода проходит объём газа, равный vtS . 37. Опустится на 19 см.

§ 41. 1. Увеличится в 2 раза. 2. Увеличится в 4 раза. 3. Увеличится в 3 раза. 4. Уменьшится в 2 раза. 5. 435 К. 6. 400 К. 7. Уменьшится в 2 раза. 8. Увеличится в 4 раза. 9. а) Давления одинаковы. б) Давление первого газа в 3 раза больше. 10. 144 кПа. 11. 950 м/с. 12. а) Увеличилась в 3 раза. б) Увеличилась в $\sqrt{3}$ раз. 13. $2 \cdot 10^{21}$. 14. Уменьшится на 9 %. 15. Средняя квадратичная скорость атомов гелия в 3,2 раза больше. 16. Уменьшилась в $\sqrt{2}$ раз. 17. $2,3 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$. 18. 493 м/с. 19. Увеличится на 125 %. 20. а) 2. б) Гелия; в 2,5 раза. в) Гелия; в 1,6 раза. 21. а) Не изменится. б) Уменьшится в 1,25 раза. в) Увеличится в 1,25 раза. г) Не изменится. д) Увеличится в 1,1 раза. 22. В 1,33 раза. Указание. При неупругом ударе молекулы о стенку молекула передаёт стенке в 2 раза меньший импульс, чем при упругом ударе. 23. В 1400 раз. Указание. Можно считать, что вода превратилась бы в газ с той же плотностью. На самом деле при такой большой плотности газ нельзя считать идеальным.

24. а) Больше. б) $p_2 = p_1 \sqrt{\frac{T_{\text{гор}}}{T_{\text{опр}}}}$. Указание. При установившемся

давлении в баллоне число молекул воздуха, покидающих баллон в единицу времени, равно числу молекул, попадающих за это же время в баллон из атмосферы. 25. 341 К; на 532 К. 26. а) Не изменится. б) Уменьшится в 1,4 раза. Указание. Содержание азота в воздухе составляет (по массе) $\frac{4}{5}$.

§ 42. 1. а) 49,7 кДж. б) 300 К. в) 13,3 моль. г) $4 \cdot 10^{26} \text{ м}^{-3}$. д) 1,66 МПа. е) 53 г. 2. 250 кПа. 3. Увеличилась на 750 Дж. 4. 6 кДж. 5. а) 8 МДж. б) 2,4 кДж. в) 2,4 МДж. 6. 0. 7. Увеличилась на 100 Дж. 8. 1600 Дж. 9. Увеличилась на 80 К. 10. 1,25 кДж. 11. 7,5 кДж. 12. На 46,5 %. 13. $9,6 \cdot 10^{24} \text{ м}^{-3}$. 14. а) 4 кДж. б) 4 кДж. в) 3,6 кДж. г) 1,2 кДж. д) 400 Дж. е) 6 кДж. 15. Нулю. 16. 600 Дж. 17. а) 2 л. б) 7,2 кДж. в) 10,8 кДж. г) 18 кДж. 18. Например, кислород. 19. На 720 Дж. 20. Уменьшилась на 50 Дж. 21. 8 кДж. 22. 4,6 кДж. 23. Увеличилась на 11,2 кДж. 24. На 8 кДж. 25. 200 кДж. 26. 46,5 кДж. 27. 2,8 кДж. 28. 12,5 кДж.

§ 43. 1. В 3,3 раза. 2. 30 %. 3. 300 К. 4. 429 К. 5. а) 350 Дж. б) 35 %. 6. 23 %. 7. 38 %. 8. 8,9 т. 9. 15 %. 10. а) 400 Дж. б) 1800 Дж. в) 22 %. 11. 15 %. 12. 29 %. 13. 24 %.

§ 44. 2. а) Уменьшилась. б) Остался насыщенным. 3. Ненасыщенным. 4. 7,7 г/м³. 5. 80 °С. 6. Уменьшить в 8,1 раза. 7. Кипящую воду поршневым насосом поднять нельзя. Указание. Давление насыщенного пара под поршнем равно атмосферному. 8. 0,58 г. 9. В 4,8 раза. 10. а) На 55 °С. б) Увеличилась на 270 г/м³. в) Увеличилась на 1,62 г. 11. а) 47,3 кПа. б) 2,9 г. в) 1,23 кПа. г) 0,094 г. д) 2,8 г. 12. 0,32 г. 13. $1,54 \cdot 10^{24}$. 14. 2,42 мг. 15. а) Не изменились. б) 0,5 г. 16. -163 Дж. 17. а) 50 °С. б) 0,248 г. в) 0,17 г. 18. См. рисунок 4.

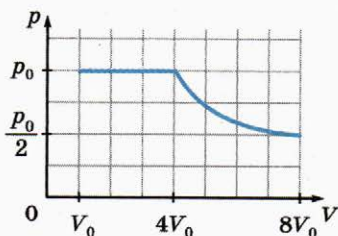


Рис. 4

§ 45. 1. 64 %. 2. 1,7 кПа. 3. 40 °С. 4. 27 %. 5. 54 %. 6. Не выше 10 °С. 7. а) Нет. б) 10 °С. 8. а) 51 %. б) 2,33 кПа. в) 1,19 кПа.

9. а) 79 %. б) 59 %. в) 61 %. г) 100 %. 10. Быстрее. Указание. При открывании форточки выравнивается парциальное давление водяного пара на улице и в кухне. 11. 294 г. 12. 21 г. 13. 0,13 г. 14. а) 12,34 кПа. б) 7,4 кПа. в) 8,6 кПа. Указание. Воспользуйтесь уравнением состояния идеального газа. г) 8,6 %. 15. 0,01 г. 16. 79 %; 100 %. 17. 2,9 %; 100 %. 18. 232 кПа. Указание. Пар будет насыщенным, а часть воды останется в жидком состоянии. 19. 19 °С. 20. а) Увлажнять. б) 20,6 кг. 21. 50 %. Указание. При первом сжатии пар стал насыщенным и произошла частичная его конденсация. Поэтому давление пара после первого и второго сжатия одинаково.

§ 46. 1. 40 м. 2. 60 кПа. 3. 21 °С. 4. 17,3 см. 5. 48 см. 6. 2,9 см. 7. 96 °С. 8. Увеличится на 8 %. 9. 112 м³. 10. 51 кПа. 11. 113 кПа. 12. 0,26 г. 13. 1,98 кг.

§ 47. 1. 450 К. 2. Уменьшилась на 10 К. 3. В $\frac{5}{3}$ раза. 4. $Q = 117$ Дж. 5. а) 0. б) -320 кДж. в) 240 кДж. г) 920 кДж. д) 8,7 %. 6. В цикле 3 — 2 — 4 — 3. Указание. Начертите графики этих процессов в координатах (p, V). 7. $T = T_0 + \frac{2mv^2}{3vR}$. Указание. Задачу проще решать в системе отсчёта, в которой модули начальных скоростей поршней равны. 8. 2. 9. $A' = \nu R(\sqrt{T_3} - \sqrt{T_1})^2$. Указание. Докажите сначала, что температура газа в состояниях 2 и 4 равна $\sqrt{T_1 T_3}$. 10. 15 %. 11. 1310 Дж; 16 %.

§ 48. 1. 314 м/с. 2. 32 %. 3. 4,2 МДж. 4. 560 г. 5. 50 °С. 6. $t^\circ \geq 122$ °С. 7. 15 г. 8. -2,9 °С. 9. 30 %. 10. 21 °С. 11. 13,5 °С. 12. 35 мин. 13. 3,5 кг. 14. 112 г. 15. 2,7 м/с. 16. На 50 °С. 17. 0 °С; масса льда увеличится на 10 г. 18. 0 °С. 19. 0,76 г.

§ 49. 2. Нельзя. Указание. Воспользуйтесь законом сохранения электрического заряда. 3. Недостаток. 4. Не изменилась; уменьшилась. 5. Указание. Учтите перераспределение свободных зарядов в гильзе под влиянием заряда палочки. 6. На перьях птиц возникает электрический заряд, вследствие чего одноимённо заряженные перья начинают топорщиться. Это пугает птицу, и она слетает с провода. 7. Указание. Учтите перераспределение зарядов в палочке. 8. Нет. Указание. Незаряженные тела притягиваются к заряженным. 10. Указание. Надо воспользоваться электризацией через влияние. 11. Шар А будет заряжен поло-

жительно, а шар B в зависимости от расстояния BC может быть заряжен отрицательно, оставаться нейтральным или зарядиться отрицательно. 12. Гильза начнёт совершать колебания, касаясь поочерёдно то одной пластины, то другой.

§ 50. 1. а) Нет. б) На сфере — положительный заряд, а на стержне и стрелке — отрицательный. в) Стрелка займёт начальное положение. 2. Указание. При электризации трением двух тел заряжаются оба тела. 3. а) $-5e$. б) 0 . в) $3e$. 4. 2 нКл на каждом шарике. 5. а) Увеличится в 3 раза. б) Увеличится в 9 раз. в) Уменьшится в 16 раз. г) увеличится в 144 раза. 6. 3,6 мкН. 7. 0,41 мкКл. 8. 17 см. 9. а) Песок при трении о воронку электризуется и заряжает электромметр. б) Стрелка электромметра займёт начальное положение. Указание. Воспользуйтесь законом сохранения электрического заряда. 10. Уменьшится в 24 раза. 11. 23 см. 12. $2,6 \cdot 10^5$ Н. 13. 1,7 м. 14. 1,44 мкН; в сторону заряда, расположенного в точке B . 15. $4 \cdot 10^{-8}$ Кл; на расстоянии 20 см от второго заряда и 40 см от первого заряда; равновесие будет неустойчивым. 16. $Q = -\frac{4q}{9}$, на соединяющем первые два заряда

отрезке, на расстоянии $\frac{a}{3}$ от заряда q . Равновесие будет неустойчивым. 17. $2,4 \cdot 10^{-43}$. 18. 5 мН; 35 мН. 19. а) Положительный. б) Отрицательный. 20. Сила взаимодействия разноимённо заряженных шаров будет больше. Указание. Учтите перераспределение свободных зарядов в шарах. 21. 2 мкКл; 4 мкКл. 22. 5 мкКл; 3 мкКл. 23. Заряды могли быть одноимёнными: тогда один заряд в 3 раза больше другого; заряды могли быть разноимёнными: тогда модуль одного заряда в 7,2 раза больше модуля другого заряда. 24. $6 \cdot 10^{-7}$ Кл; 162 мН.

§ 51. 1. 10 кВ/м; вверх. 2. а) 18 кВ/м. б) 22,5 мкН. 3. а) Уменьшилась в 9 раз. б) Увеличилась в 4 раза. в) Уменьшилась в n^2 раз. 4. 100 кВ/м. 5. а) 0. б) 0. в) 5 кВ/м. г) 918 В/м. 6. $4,75 \cdot 10^{14}$ м/с². 9. $\frac{a}{9}$. 10. Уменьшится в 3 раза. 11. 25 В/м. 12. а) 21,7 см. б) 3,7 см.

13. На отрезке, соединяющем заряды q_1 и q_2 , на расстоянии 8,2 см от заряда q_1 . 14. $16,7^\circ$. 15. а) $-3q$. б) $-7q$. в) $-4q$. 16. а) 0 или 54 кВ/м. б) 38,2 кВ/м. 17. а) 1 см. б) 39 см. 18. -1 мкКл. 19. 1,66 кВ/м. 20. 10^{-7} Кл; $-2 \cdot 10^{-7}$ Кл. 21. $\Delta p = 2\sqrt{2mh(mg + qE)}$. 22. 1,08 кВ/м. 23. $T = 3\cos\alpha \cdot (mg + qE)$.

§ 52. 1. а) Часть А будет заряжена положительно, а часть В — отрицательно. б) Обе части остались бы незаряженными. 2. В областях А и В. 3. Будет притягиваться; не имеет значения. 6. Уменьшится в 2,1 раза. 7. Уменьшить в 9 раз. 8. Указание. Вследствие перераспределения свободных зарядов в металлическом столе напряжённость поля в области, где находится кусок ваты, увеличивается. 9. 14,1 см. 10. 6. 11. 18 мН. 12. Например, спирт.

13. $E_B = E_K \epsilon_K = 1 \text{ кВ/м}$; $E_C = \frac{E_B}{\epsilon_C} = 133 \text{ В/м}$. 15. $q = \frac{g\pi d^3}{6E}(\rho_1 - \rho_2)$.

16. $Q = -\frac{g(\rho_1 - \rho_2)4\pi r^3 \epsilon l^2}{3kq}$. 17. Указание. Когда заряды находятся в равновесии, напряжённость электростатического поля в проводнике равна нулю.

§ 53. 1. а) 2 мДж. б) 0. 2. Значения работы одинаковы. 3. 2 кВ. 4. 4 мДж. 5. 20 мкКл. 6. 80 В. 7. 18 В. 8. а) 0,7 мДж. б) -0,7 мДж. в) 70 кВ. 9. Потенциалы всех точек поверхности проводника одинаковы. 10. 0,9 мДж. 11. Указание. При перемещении пробного заряда из точки А в точку D вдоль дуги окружности с центром в точке нахождения положительного заряда, сила, действующая на пробный заряд со стороны поля точечного заряда, перпендикулярна перемещению. То же относится к точкам В и С. При удалении пробного заряда от данного положительного заряда поле совершает положительную работу, поэтому потенциал уменьшается. 12. а) $4,8 \cdot 10^{-17} \text{ Дж}$. б) $-4,8 \cdot 10^{-17} \text{ Дж}$. в) $4,8 \cdot 10^{-17} \text{ Дж}$. г) 10^7 м/с . 13. 14 В. 14. 25 см. 15. 132 мН. 16. См. рисунки 5, 6. 17. а) Увеличилась на $2 \cdot 10^{-18} \text{ Дж}$. б) 62,5 В/м. в) Потенциальная энергия увеличилась на $2 \cdot 10^{-18} \text{ Дж}$, кинетическая энергия уменьшилась на $2 \cdot 10^{-18} \text{ Дж}$. 18. 0,2 мкКл. 19. $\Delta q = \frac{mgd\Delta U}{U(U + \Delta U)}$.

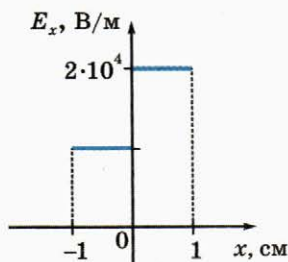


Рис. 5

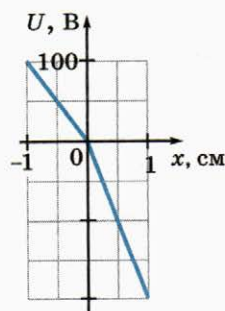


Рис. 6

§ 54. 1. 10 нФ. 2. 80 В. 3. На второй, в 6 раз. 4. На втором, в 2,5 раза больше. 5. На 300 мкКл. 6. Наименьшая ёмкость у конденсатора, изображённого на рисунке а, наибольшая — на рисунке в. 7. а) Увеличится в 4 раза. б) Уменьшится в 2 раза. в) Увеличится в 16 раз. г) Увеличится в 9 раз. 8. 2 кВ. 9. 4. 10. 0,4 мкКл. 11. 0,4 нФ. 12. 5 мДж. 13. Заряд не изменится; электроёмкость уменьшится; напряжение увеличится; энергия увеличится. 14. Увеличится в 1,5 раза. 15. 2,8 мДж. 16. Уменьшится на 1,95 Дж. 17. 200 мДж. 18. 295 В. 19. 4,5 мкДж. 20. $A = \frac{q^2 \Delta x}{2\epsilon_0 s}$.

§ 55. 1. 1,8. 2. $\epsilon = \frac{3}{2}$. 3. 7,2 кВ/м. 4. На 6 см. Указание. Тангенс малого угла приближённо равен значению угла в радианной мере. 5. 2 мН. 6. 392 кВ/м. 7. $Q = -\frac{q}{4}(1 + 2\sqrt{2})$, равновесие будет неустойчивым. 8. 480 В. Указание. Воспользуйтесь тем, что из соображений симметрии следует: напряжённость поля в рассматриваемой точке направлена вдоль оси кольца. 9. $q = a\sqrt{\frac{amg}{3kl}}$. 10. 315 кВ/м. 11. $E = \sqrt{6k} \frac{q}{a^2}$.

§ 56. 1. Выше потенциал точки В, 259 В. 2. 2000 В. 3. 5 нКл; практически не зависит. Указание. Сравните силы, действующие на пылинку со стороны Земли и со стороны электрического поля. 4. $2,5 \cdot 10^6$ м/с. 5. 9 нс. 6. $3,3 \cdot 10^6$ м/с. 7. $U \geq 100$ В.

8. 50 см. 9. а) Прямая. б) $\frac{t^2 \sqrt{g^2 + \left(\frac{qE}{m}\right)^2}}{2}$. 10. $v = 2,7 \cdot 10^7$ м/с; скорость направлена под углом $\alpha = 41^\circ$ к плоскости пластин. 11. $s = d \left(1 - \frac{mv_0^2 \sin^2 \alpha}{2Ue}\right)$ при $U > \frac{mv_0^2 \sin^2 \alpha}{2e}$; $s = 0$ при $U \leq \frac{mv_0^2 \sin^2 \alpha}{2e}$. 12. 150 В.

§ 57. 1. 120 Кл. 2. 0,15 А. 3. 8 Ом. 4. Сопротивление алюминиевой проволоки в 2,75 раза больше. 5. 13,1 м. 6. 4 А. 7. 50 В. 9. 0,9 В. 10. а) 200 Ом. б) 0,9 А. 11. а) Увеличится в 4 раза. б) Уменьшится в 2 раза. 13. 0,1 А. 14. 20. 15. 0,88 А. 16. Указание. Возможные сопротивления 10 Ом; 20 Ом; 45 Ом; 90 Ом.

17. В 16 раз. 18. 10 В; 15 В. 19. а) 3 А и 2 А. б) 60 В; 60 В; 60 В. в) 120 В. 20. Амперметр. Указание. Сопротивление амперметра мало, поэтому сила тока в нём может быть настолько большой, что прибор выйдет из строя. 21. 20 Кл. Указание. Воспользуйтесь усреднением. 22. У второго, в 5 раз. 23. 336 м. 24. Накал той половины спирали, на которую направлен вентилятор, уменьшится, а накал другой половины увеличится. Указание. Учтите зависимость сопротивления металлического проводника от температуры. 25. Спираль нагрелась, а при нагревании сопротивление металлического проводника увеличивается. 26. 26 В. 27. а) 3 В; 7 В. б) 40 Ом. в) 0,5 А. 28. 100 м. 29. 2,5 Ом. 30. а) 250 Ом. б) 100 Ом. в) 100 Ом. г) 167 Ом. 31. 6 А. 32. 2 Ом и 8 Ом. 33. 4. 34. 0,8 мкА. 35. 40 мВ/м. 36. 3. 37. 61 Ом.

§ 58. 1. 60 кДж. 2. За 25 с. 3. 60 Кл. 4. 7 кДж. 5. 0,7 Вт. 6. а) 0,45 А. б) 220 В. в) 60 кДж. 7. а) 13,3 Ом. б) 480 Вт. 8. 80 Вт, 160 Вт. 9. 484 Вт; 242 Вт; 968 Вт. 10. 15 с. 11. $5 \cdot 10^{20}$. 12. 2,37. 13. 36 м. 14. Увеличится в 1,1 раза. 15. $\frac{\rho_2}{\rho_1}$. 16. 240 Вт.

17. 23,4 А. 18. 50 Ом; 200 Ом. 19. 15 с. 20. а) 50 мин. б) 12 мин.

Указание. Время закипания прямо пропорционально сопротивлению. 21. См. рисунок 7.

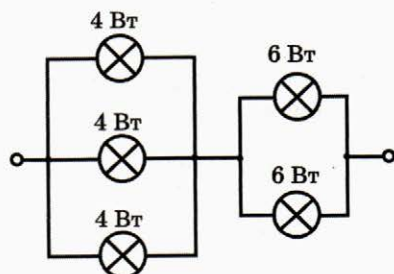


Рис. 7

§ 59. 1. 3 В. 2. 3 А; 15 В. 3. 2 Ом. 4. а) 2 Ом. б) 2,25 А. в) 2 Ом. г) 1,8 В. д) 0,9 А. 5. 12 кДж. 6. 90 Дж. 7. 2 Ом. 8. Увеличить на 6 Ом. 9. 2 Ом. 10. а) 1,14 А. б) 3,2 А. 11. 36 В; 0,5 Ом. 12. 2,9 В. 13. 4. 14. 275 В. 15. 2 А. 16. 40 Ом. 17. 1,5 Вт. 18. 94 %. 19. 25 А. 20. 20 А. 21. 90 %.

§ 60. 1. а) Электронной и дырочной. б) В основном дырочной. в) В основном электронной. 2. а) 5. б) 3. 3. На схеме а — прямое включение, на схеме б — обратное. 4. Указание. Водопроводная вода и жидкость в огнетушителе являются проводниками. 5. а) 2,2 Ом. б) 200 кОм. 6. 40 Ом; 25 Ом. 7. Попадающие в базу с эмиттера основные носители зарядов должны проходить сквозь неё без рекомбинации. 8. Напряжение уменьшится. Указание. Учтите, что сопротивление раствора соли уменьшится. 9. 300 Ом, 100 Ом.

§ 61. 1. 1 А. 2. 18 Ом; $I_1 = I_6 = 2,0$ А,
 $I_3 = 1,2$ А, $I_2 = I_4 = I_5 = 0,80$ А.
 3. $I = 4$ А. 4. 12 В. 5. 2 А. Указа-
 ние. Докажите, что в данном случае
 через резистор 5 ток не будет идти.
 6. г. Указание. На рисунке 8 пока-
 зана эквивалентная схема. 7. 2 Вт.
 8. 6 В. 9. 0,6 мКл. 10. 1,32 Ом. 11. 211 В.
 12. 8 мКл. Указание. До замыкания

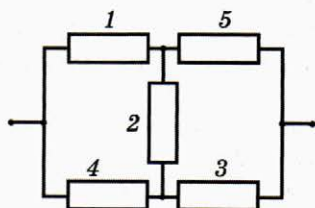


Рис. 8

ключа заряды конденсаторов были одинаковыми, а после замы-
 кания напряжение на каждом конденсаторе равно напряжению
 на параллельно соединённом с ним резисторе.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Глава 1. КИНЕМАТИКА

§ 1. Система отсчёта, траектория, путь и перемещение.....	4
§ 2. Прямолинейное равномерное движение.....	6
§ 3. Сложение скоростей и переход в другую систему отсчёта при движении вдоль одной прямой.....	8
§ 4. Мгновенная и средняя скорость.....	12
§ 5. Прямолинейное равноускоренное движение.....	14
§ 6. Перемещение при прямолинейном равноускоренном движении.....	17
§ 7. Свободное падение и движение тела, брошенного вертикально вверх.....	19
§ 8. Равномерное движение по окружности.....	22
§ 9. Сложение скоростей и переход в другую систему отсчёта при движении на плоскости.....	25
§ 10. «Секреты» прямолинейного равноускоренного движения.....	27
§ 11. Движение тела, брошенного горизонтально и под углом к горизонту.....	29
§ 12. Относительное движение брошенных тел. Отскок от наклонной плоскости.....	32

Глава 2. ДИНАМИКА

§ 13. Три закона Ньютона.....	34
§ 14. Всемирное тяготение.....	37
§ 15. Силы упругости.....	40
§ 16. Вес и невесомость.....	43
§ 17. Силы трения.....	45
§ 18. Плотность планеты. Суточное вращение планеты.....	49
§ 19. Тело на наклонной плоскости.....	50
§ 20. Движение по горизонтали и вертикали.....	53
§ 21. Движение по окружности под действием нескольких сил.....	55
§ 22. Движение системы связанных тел без учёта трения.....	58
§ 23. Движение системы тел. Учёт трения со стороны внешних тел.....	61
§ 24. Движение системы тел. Учёт трения между телами системы.....	63

Глава 3. ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ В МЕХАНИКЕ

§ 25. Импульс. Закон сохранения импульса.....	66
§ 26. Условия применения закона сохранения импульса.....	69
§ 27. Реактивное движение. Освоение космоса.....	72
§ 28. Механическая работа. Мощность.....	74
§ 29. Кинетическая энергия и механическая работа.....	78
§ 30. Потенциальная энергия.....	81
§ 31. Закон сохранения энергии в механике.....	84
§ 32. Разрывы и столкновения.....	87

§ 33. Неравномерное движение по окружности в вертикальной плоскости	91
§ 34. Движение системы тел	94
Глава 4. СТАТИКА И ГИДРОСТАТИКА	
§ 35. Условия равновесия тела	98
§ 36. Применение условий равновесия тела	101
§ 37. Гидростатика	104
Глава 5. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕПЛОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ	
§ 38. Строение вещества	106
§ 39. Газовые процессы	107
§ 40. Уравнение состояния идеального газа	111
§ 41. Абсолютная температура и средняя кинетическая энергия молекул	115
§ 42. Первый закон термодинамики	118
§ 43. Тепловые двигатели. Второй закон термодинамики	122
§ 44. Насыщенный пар	124
§ 45. Влажность воздуха	126
§ 46. Применение уравнения состояния идеального газа	129
§ 47. Применение первого закона термодинамики к газовым процессам	131
§ 48. Применение уравнения теплового баланса	133
Глава 6. ЭЛЕКТРОСТАТИКА	
§ 49. Электрические взаимодействия	136
§ 50. Закон сохранения электрического заряда. Закон Кулона	137
§ 51. Напряжённость электрического поля	141
§ 52. Проводники и диэлектрики в электрическом поле	144
§ 53. Работа электрического поля. Разность потенциалов (напряжение)	147
§ 54. Электроёмкость. Энергия электрического поля	150
§ 55. Применение закона Кулона и принципа суперпозиции полей	152
§ 56. Движение заряженного тела в электрическом поле	154
Глава 7. ПОСТОЯННЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК	
§ 57. Закон Ома для участка цепи	156
§ 58. Работа и мощность тока	160
§ 59. Закон Ома для полной цепи	163
§ 60. Электрический ток в различных средах	166
§ 61. Расчёт электрических цепей	168
Ответы и указания	171

Учебное издание

Генденштейн Лев Элевич, Кошкина Анжелика Васильевна,
Левиев Григорий Иосифович

Ф И З И К А

10 класс

Часть 3

ЗАДАЧНИК

для учащихся общеобразовательных организаций
(базовый и углублённый уровни)

Генеральный директор издательства *М. И. Безвиконная*

Главный редактор *К. И. Куровский*

Редактор *А. Ф. Коробков*

Оформление и художественное редактирование: *Т. С. Богданова*

Технический редактор *Т. В. Фатюхина*

Корректор *И. Б. Копылова*

Компьютерная верстка: *А. А. Борисенко*

Формат 60×90 ¹/₁₆. Бумага офсетная № 1. Гарнитура «Школьная».
Печать офсетная. Усл. печ. л. 12,0. Тираж 5000 экз. Заказ № 9363.

Издательство «Мнемозина». 105043, Москва, ул. 6-я Парковая, 29б.
Тел.: 8 (499) 367 5418, 367 5627, 367 6781; факс: 8 (499) 165 9218.

E-mail: ioc@mnemozina.ru

www.mnemozina.ru

Магазин «Мнемозина» (розничная и мелкооптовая продажа книг,
«КНИГА — ПОЧТОЙ», ИНТЕРНЕТ-магазин).

105043, Москва, ул. 6-я Парковая, 29б.

Тел./факс: 8 (495) 783 8284; тел.: 8 (495) 783 8285.

E-mail: magazin@mnemozina.ru

www.shop.mnemozina.ru

Торговый дом «Мнемозина» (оптовая продажа книг).

Тел./факс: 8 (495) 665 6031 (многоканальный). E-mail: td@mnemozina.ru

Отпечатано с готовых файлов заказчика
в ОАО «Первая Образцовая типография»,
филиал «УЛЬЯНОВСКИЙ ДОМ ПЕЧАТИ»
432980, г. Ульяновск, ул. Гончарова, 14

Психрометрическая таблица

Показания сухого термометра, °C	Разность показаний сухого и влажного термометров, °C								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Относительная влажность, %								
10	88	76	65	54	44	34	24	14	5
11	88	77	66	56	46	36	26	17	8
12	89	78	68	57	48	38	29	20	11
13	89	79	69	59	49	40	31	23	14
14	89	79	70	60	51	42	34	25	17
15	90	80	71	61	52	44	36	27	20
16	90	81	71	62	54	46	37	30	22
17	90	81	72	64	55	47	39	32	24
18	91	82	73	65	56	49	41	34	27
19	91	82	74	65	58	50	43	35	29
20	91	83	74	66	59	51	44	37	30
21	91	83	75	67	60	52	46	39	32
22	92	83	76	68	61	54	47	40	34
23	92	84	76	69	61	55	48	42	36
24	92	84	77	69	62	56	49	43	37
25	92	84	77	70	63	57	50	44	38
26	92	85	78	71	64	58	51	46	40
27	92	85	78	71	65	59	52	47	41
28	93	85	78	72	65	59	53	48	42
29	93	86	79	72	66	60	54	49	43
30	93	86	79	73	67	61	55	50	44

Электрические свойства некоторых веществ

Диэлектрическая проницаемость		Удельное сопротивление, $\frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$ или $10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м}$	
Вода	81	Никелин	0,42
Керосин	2,1	Алюминий	0,028
Парафин	2	Медь	0,017
Слюда	7,5	Сталь	0,12
Спирт	26	Нихром	1,1
Эбонит	3	Латунь	0,071