

Федеральное агентство по образованию

ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет
им.Г.И. Носова

Кафедра физики

Ю.П. Кочкин
Ю.И. Савченко

СБОРНИК ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ

Магнитогорск 2010

Рецензенты:

Заведующий кафедрой ПМ м ВТ МаГУ, профессор, к.ф.-м.н.

С.И.Кадченко

Кафедра физики МОУ МГМЛ при МГТУ им. Г.И.Носова

Ю.П. Кочкин, Ю.И.Савченко

Сборник задач по физике: Учебное пособие - Магнитогорск: МГТУ
им.Г.И.Носова,2008.-109с.

ISBN 5-89514-230-3

© МГТУ им. Г.И. Носова, 2008
© Ю.П. Кочкин, Ю.И. Савченко

Сборник задач составлен на базе «Сборника задач по физике» Магнитогорск, 2001 (Долженкова Л.С., Кочкин Ю.П.) и «Сборника задач по физике» Магнитогорск, 1998 (Савченко Ю.И. и др.)

Сборник предназначен для учащихся старших классов общеобразовательных школ, лицеев и слушателей подготовительных курсов.

Авторы будут благодарны всем, кто высказал или выскажет замечания по этому сборнику.

МЕХАНИКА

Кинематика

Основные понятия и формулы

1. Система отсчета – тело или группа тел и связанные с ними часы, относительно которых рассматривается данное движение.
2. Траектория – линия, вдоль которой движется тело.
3. Путь (S) – расстояние, пройденное телом по траектории.
4. Перемещение ($\Delta \vec{r}$) – вектор, соединяющий начальную и конечную точки траектории движения тела.

5. Скорость (\vec{V}) – изменение пути (ΔS) или перемещение ($\Delta \vec{r}$) в единицу времени;

Средняя скорость движения: $\langle V \rangle = \Delta S / \Delta t$ [м/с];

Средняя скорость перемещения: $\langle \vec{V} \rangle = \Delta \vec{r} / \Delta t$;

Мгновенная скорость: $\vec{V} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \Delta \vec{r} / \Delta t = \vec{r}'_t = d\vec{r} / dt$;

6. Ускорение (\vec{a}) – изменение скорости в единицу времени: $\vec{a} = \Delta \vec{V} / \Delta t$ [м/с²].

Центростремительное (нормальное) ускорение характеризует изменение скорости по направлению: $a_{цс} = V^2 / R$, где R – радиус кривизны траектории;

Тангенциальное (касательное) ускорение характеризует изменение скорости по величине: $a_{\tau} = \Delta |\vec{V}| / \Delta t$;

Вектор полного ускорения: $\vec{a} = \vec{a}_{цс} + \vec{a}_{\tau}$;

Модуль полного ускорения: $a = \sqrt{a_{цс}^2 + a_{\tau}^2}$;

7. Уравнения равномерного движения: $a=0$; $V=const$; $S=V \cdot t$

8. Уравнения равнопеременного движения:

$a=const$; $V=V_0 + a \cdot t$; $S=V_0 \cdot t + a \cdot t^2 / 2$, где V_0 – начальная скорость.

9. Угловой путь φ [рад] – угол поворота радиус-вектора, определяющего положение точки, движущейся по окружности.

10. Угловая скорость ω – изменение углового пути в единицу времени:

$\omega = \Delta \varphi / \Delta t$ [рад/с].

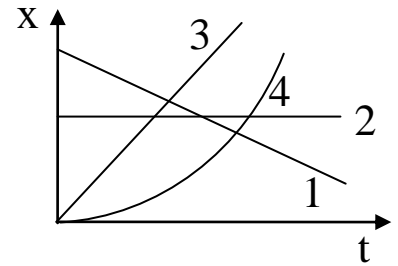
11. Частота вращения ν – число оборотов (N) в единицу времени: $\nu = N / t$ [1/с].

12. Период вращения T – время одного оборота: $T = 1 / \nu = t / N$ [с].

13. Связь основных характеристик поступательного и вращательного движений: $S = \varphi \cdot R$ $V = \omega \cdot R$ $\omega = 2\pi / T = 2\pi \nu$ $T = 1 / \nu$

1. Кинематика равномерного движения

1.1 Даны графики зависимости X от t . Определить, какой из них соответствует равномерному движению. Ответ обосновать.(1,3)



1.2 Двигаясь по окружности $R = 20$ см, точка за 2 секунды переместилась в диаметрально противоположное положение относительно начального. Вычислить путь, пройденный точкой, перемещение, среднюю скорость движения и среднюю скорость перемещения.(0,63 м; 0,4 м; 0,31 м/с; 0,2 м/с.)

1.3 Тело совершило три последовательных перемещения вдоль векторов A , B и E (см. рис. Б). Одна клетка равна одному метру. Найти путь и модуль перемещения тела.($6 + \sqrt{10}$ м; $\sqrt{2}$ м)

1.4 Тело совершает два последовательных одинаковых по величине перемещения со скоростями $V_1 = 20$ м/с под углом $\alpha_1 = 60^\circ$ и $V_2 = 40$ м/с под углом $\alpha_2 = 120^\circ$ к некоторому направлению. Найти среднюю скорость движения и среднюю скорость перемещения тела.(23,1 м/с; 26,7 м/с)

1.5 Автомобиль половину времени двигался со скоростью V_1 , а другую половину со скоростью V_2 . Найдите среднюю скорость движения.($(V_1 + V_2)/2$)

1.6 Автомобиль половину пути двигался со скоростью V_1 , а другую половину со скоростью V_2 . Найдите среднюю скорость движения.($2V_1V_2/(V_1 + V_2)$)

1.7 Велосипедист за первые 5 секунд проехал 40 м, за следующие 10 с – 100 м, и за последние 5 с – 20 м. Найти среднюю скорость на каждом из участков и на всем пути.(8 м/с; 10 м/с; 4 м/с; 8 м/с.)

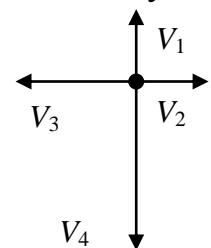
1.8 Автомобиль двигался 20 минут со скоростью 36 км/ч, затем 10 минут со скоростью 54 км/ч, и еще 11 минут со скоростью 72 км/ч. Найти среднюю скорость движения.(50 км/ч.)

1.9 Велосипедист движется по окружности, причем, первую четверть окружности со скоростью 7 м/с, вторую – 8 м/с, третью – 9 м/с, а четвертую – 10 м/с. Определить среднюю скорость движения велосипедиста и среднюю скорость его перемещения на этом пути.(8,35 м/с; 0)

1.10 Мотоциклист первую половину пути проехал со скоростью в два раза большей, чем вторую половину пути. Средняя скорость мотоциклиста на всем пути 15 м/с. Определить скорость мотоциклиста на первой и второй половинах пути.(22,5 м/с; 11,25 м/с.)

1.11 Турист половину пути проехал на теплоходе со скоростью 30 км/ч, оставшуюся часть пути он половину времени шел со скоростью 6 км/ч, а последний участок ехал со скоростью 80 км/ч. Определить среднюю скорость туриста на всем пути.(35,3 км/ч.)

1.12 На рисунку даны скорости машин в системе отсчета, связанной с землей. С какими скоростями относительно первой машины едут остальные, если $V_1 = V_2 = V$, $V_3 = 2V$, $V_4 = 3V$.($\sqrt{2}V$; $\sqrt{5}V$; $4V$)



1.13 Катер, направляясь через реку, движется перпендикулярно течению реки со скоростью 4 м/с в системе отсчета, связанной с водой.

На сколько метров будет снесен катер течением, если ширина реки 800 м, а скорость течения 1 м/с? (200 м.)

1.14 Скорость одного тела изображена вектором В (см. рис. Б), второго – вектором Б. Одна клетка равна 1 м/с. Чему равна скорость второго тела относительно первого и под каким углом к оси Х она направлена. ($2\sqrt{2}$ м/с; 45°)

1.15 Определить скорости велосипедиста и пешехода, если известно, что при движении их в одну сторону за каждую минуту движения пешеход отстает от велосипедиста на 210 м. Если же, не меняя по величине скорости, они движутся навстречу друг к другу, то каждые две минуты расстояние между ними уменьшается на 780 м. (5 м/с; 1,5 м/с.)

1.16 Из Москвы в Пушкино с интервалом в 10 мин вышли два электропоезда со скоростями 30 км/ч. С какой скоростью двигался поезд, идущий в Москву, если он повстречал эти электропоезда через 4 мин один после другого? (45 км/ч.)

1.17 Эскалатор метро поднимает стоящего на нем пассажира за время $t_1 = 3$ мин, а идущего по нему за время $t_2 = 2$ мин. Сколько времени поднимался бы пассажир по неподвижному эскалатору? (6 мин)

1.18 Два железнодорожных состава одинаковой длины, имеющие скорости $V_1 = 54$ км/ч и $V_2 = 36$ км/ч, встретились в момент времени $t_1 = 10$ ч 24 мин, а разошлись в момент времени $t_2 = 10$ ч 25 мин. Найти длину состава. (750 м.)

1.19 Легковой автомобиль длиной 4 м и, имеющий скорость 72 км/ч, обгоняет автопоезд длиной 12 м, едущий со скоростью 54 км/ч. Сколько времени длился обгон? (3,2 с.)

1.20 Катер, двигаясь вниз по реке, обогнал плот в пункте А. Через $t = 60$ мин после этого он повернул обратно и затем встретил плот на расстоянии $L = 6$ км ниже пункта А. Найти скорость течения, если известно, что при движении в обоих направлениях мотор катера работал одинаково. (3 км/час)

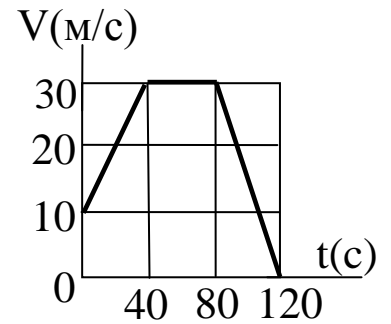
1.21 В безветренную погоду капли дождя падают вертикально с постоянной скоростью. При скорости ветра 10 м/с капли дождя падают под углом 30° к вертикали. При какой скорости ветра капли дождя будут падать под углом 45° к вертикали. Ветер дует горизонтально. (17 м/с)

1.22 Два пловца должны попасть из точки А на одном берегу реки в прямо противоположную точку В на другом берегу. Для этого один из них решил переплыть реку по прямой АВ, другой же - все время держать курс перпендикулярно к течению, а расстояние, на которое его снесет, пройти пешком по берегу со скоростью U . При каком значении U оба пловца достигнут, точки В за одинаковое время, если скорость течения $V_0 = 2$ км/ч и скорость каждого пловца относительно воды $V = 2,5$ км/ч? (3 км/час)

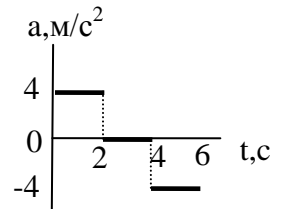
1.23 По шоссе со скоростью $V = 16$ м/с движется автобус. Человек находится на расстоянии $a = 50$ м от шоссе и $b = 400$ м от автобуса. В каком направлении должен бежать человек, чтобы оказаться в некоторой точке шоссе одновременно или раньше автобуса, если он может бежать со скоростью $U = 4$ м/с? (угол между прямой, соединяющей человека и автобус, и вектором скорости человека $30^\circ < \alpha < 150^\circ$)

2. Кинематика равнопеременного движения

2.1 В соответствии с графиком скорости приведенном на рисунке: 1) написать для каждого из 3-х участков уравнения ускорения, скорости, пути; 2) построить графики $a(t)$, $S(t)$; 3) найти путь, пройденный телом за 120 с. (2,6 км)



2.2 Дан график зависимости ускорения от времени. Начертить график зависимости скорости и пути от времени.

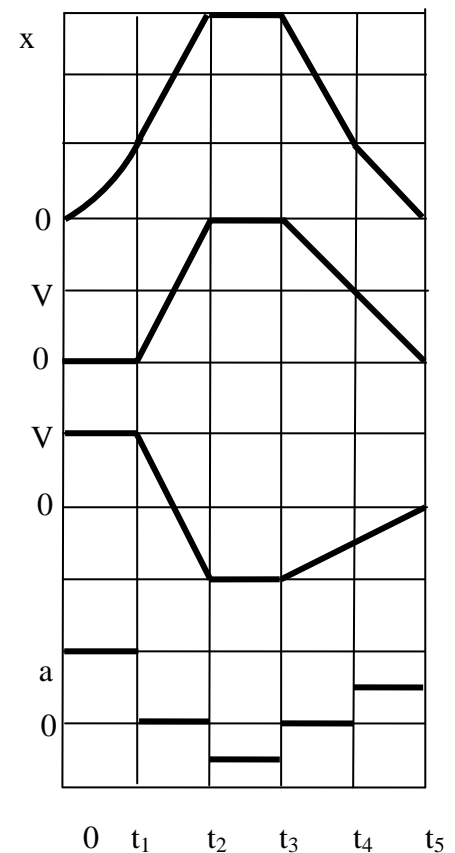


Написать уравнения зависимостей скорости и пути от времени для каждого участка графика. Начальная скорость равна нулю.

2.3 За 20 с скорость автомобиля увеличилась с 36 км/ч до 72 км/ч. Чему равно ускорение автомобиля и пройденный за это время путь? ($0,5 \text{ м/с}^2$; 300 м)

2.4 Автомобиль начал двигаться с ускорением $a = 1,5 \text{ м/с}^2$ и через некоторое время оказался на расстоянии $S = 12 \text{ м}$ от начальной точки. Определить скорость тела в этот момент. Чему равна средняя скорость? (6 м/с ; 3 м/с)

2.5 По графикам $x(t)$, $V(t)$, $a(t)$ описать качественно характер движения тел.

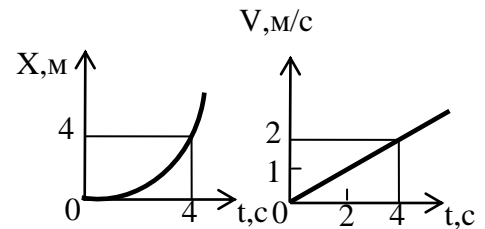


2.6 Автомобиль движется со скоростью 25 м/с. На протяжении 40 м производится торможение, после чего скорость уменьшается до 15 м/с. Считая движение автомобиля равнозамедленным, найти ускорение и время торможения. (-5 м/с^2 ; 2 с)

2.7 Два автомобиля выходят из одного пункта в одном направлении, второй автомобиль выходит на 20 с позже первого. Оба движутся равноускоренно с одинаковым ускорением $0,4 \text{ м/с}^2$. Через сколько времени, считая от начала движения первого автомобиля, расстояние между ними окажется 240 м? (40 с)

2.8 Поезд отошел от станции с ускорением 20 см/с^2 . Достигнув скорости 36 км/ч, он двигался равномерно в течении 2 мин, а затем, затормозив, прошел до остановки 100 м. Найти среднюю скорость на всем пути. Построить график зависимости скорости от времени. ($8,2 \text{ м/с}$)

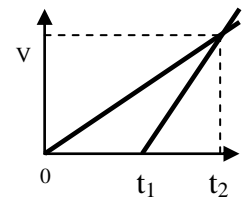
2.9 Два тела движутся равноускоренно без начальной скорости. На рисунке даны график зависимости $X(t)$ для одного и $V(t)$ – для другого. Одинаковы ли в конце четвертой секунды скорости и ускорения этих тел?



2.10 Автомобиль начинает движение без начальной скорости и проходит первые 100 м с ускорением a_1 , а вторые – с ускорением a_2 . При этом на первом участке скорость возросла на 10 м/с, а на втором – на 15 м/с. Что больше a_1 или a_2 ? ($a_1 < a_2$)

2.11 Два велосипедиста едут навстречу друг другу. Один, имея начальную скорость 18 км/ч, поднимается в гору равнозамедленно с ускорением 20 см/с^2 . Другой, имея начальную скорость 5,4 км/ч, спускается равноускоренно с ускорением $0,2 \text{ м/с}^2$. Через какое время велосипедисты встретятся? Каково перемещение каждого до их встречи? Расстояние между ними в начальный момент времени равно 130 м. (20 с; 60 м; 70 м)

2.12 На рисунке даны графики скоростей для двух точек, движущихся по одной прямой из одного начального положения, $t_1 = 1 \text{ с}$, $t_2 = 2 \text{ с}$. Через какое время эти точки встретятся? (3,4 с)



2.13 При равноускоренном движении из состояния покоя тело проходит за пятую секунду 90 см. Определить перемещение тела за седьмую секунду. (1,3 м)

2.14 При равноускоренном движении точка проходит в первые два равных последовательных промежутка времени $t = 4 \text{ с}$ отрезки пути $S_1 = 24 \text{ м}$ и $S_2 = 64 \text{ м}$. Определить начальную скорость и ускорение точки. (1 м/с; $2,5 \text{ м/с}^2$)

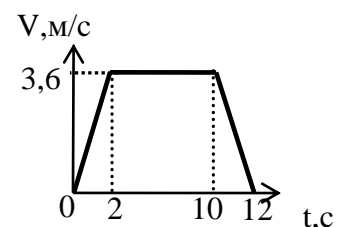
2.15 Материальная точка движется прямолинейно с начальной скоростью $V_0 = 10 \text{ м/с}$ и постоянным ускорением $a = -5 \text{ м/с}^2$. Определить насколько путь пройденный материальной точкой будет превышать величину перемещения спустя $t = 4 \text{ с}$ после начала отсчета времени. (20 м)

2.16 Тело начинает движение вдоль оси X из точки A и движется равноускоренно в течение времени τ . В этот момент ускорение меняет знак на противоположный не изменяясь по модулю. Через какое время от начала движения тело вернется в точку A ? ($\tau(2 + \sqrt{2})$)

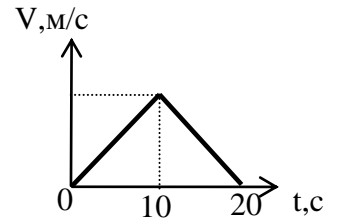
2.17 Зависимость скорости реактивного самолета от времени выражается уравнением $V = 20 + 6,5t$ (V – в м/с). Определить: скорость самолета через 20 с., ускорение, расстояние, которое прошел самолет за 20 с. (150 м/с; $6,5 \text{ м/с}^2$; 1,7 км)

2.18 Зависимость координаты от времени для некоторого тела, движущегося прямолинейно, выражается уравнением $x = 4 + 8t + 2t^2$ (x – в м, t – в с). Какой путь проходит тело за 4 с движения, начиная с конца 5-й секунды от начала движения? Какова средняя скорость тела в этом интервале времени? Построить график зависимости скорости от времени. (144 м; 36 м/с)

2.19 Движение точки задано уравнением $x = 12t - 2t^2$ (x – в м, t – в с). Определить среднюю скорость перемещения точки в интервале времени от $t_1 = 1,0 \text{ с}$ до $t_2 = 4,0 \text{ с}$. Построить график скорости и по нему определить путь и перемещение за 4 с движения. (2 м/с; 20 м; 16 м)

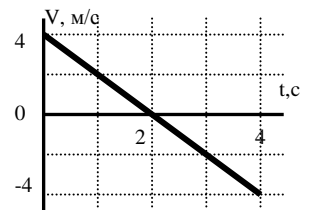


2.20 Дан график изменения скорости пассажирского лифта вы-сотной части здания Московского...университета. Определить: среднюю скорость движения лифта в течении 12 с, путь, прой-денный за первые две секунды движения. Построить графики зависимости ускорения от времени. Написать уравнение зави-симости скорости и координаты от времени для каждого уча-стка графика.(3 м/с; 3,6 м.)



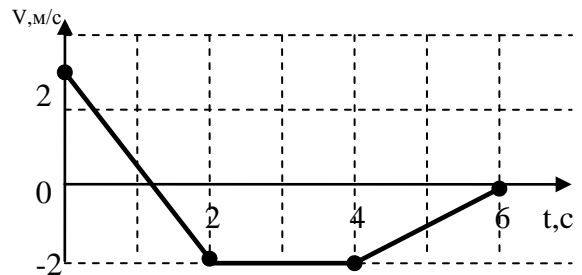
2.21 По заданному графику зависимости скорости от времени построить график зависимости ускорения от времени. Написать для каждого участка графика уравнения пути и скорости. По графику скорости определить среднюю скорость движения и путь, пройденный при торможении, если максимальная скорость 20 м/с.(10 м/с; 100 м)

2.22 Дан график зависимости проекции скорости от времени. По графику определить: характер движения тела, написать уравнения зависимости скорости и координаты от времени ($x_0 = 0$), построить график зависимости координаты от времени, определить среднюю скорость движения и перемещение за 4 с.



(2 м/с; 0)

2.23 Дан график зависимости проекции скорости тела на ось X от времени. Построить графики зависимости пути и координаты от времени. Определить среднюю скорость перемещения за первые 2 с и за все время движения. Начальная координата $x_0 = 0$. (0,5 м/с; -0,83 м/с)



3. Движение в поле силы тяжести

3.1 Тело свободно падает с высоты $h = 20$ м над землей. С какой скоростью оно упадет на землю?(20 м/с)

3.2 Мяч брошен вертикально вверх с балкона со скоростью $V_0 = 20$ м/с. Определить координату, путь, скорость мяча через время $t_1 = 1$ с и $t_2 = 5$ с.(15 м, 25 м; 15 м, 65 м; 10 м/с, -30 м/с)

3.3 Тело брошено вертикально вверх с начальной скоростью 30 м/с. Через сколько секунд оно будет на высоте 25 м? Объяснить смысл двух ответов.(1,0 с; 5,1 с)

3.4 Тело брошено вертикально вверх со скоростью 50 м/с. Какова высота наибольшего подъема? Сколько времени тело будет подниматься вверх? Через сколько секунд оно упадет обратно на землю?(125 м; 5 с; 10 с)

3.5 С воздушного шара, находящегося на высоте 1125 м, сброшен без начальной скорости относительно шара небольшой, но тяжелый груз. Определить время падения груза, если:1) шар был неподвижен;2) шар спускался с вертикальной скоростью 15 м/с.(15,0 с; 14,0 с)

3.6 С некоторой высотыпустили тело без начальной скорости. Последние 200 м своего пути тело двигалось 4 с. Пренебрегая сопротивлением воздуха, опреде-

лить, как долго и с какой высоты падало тело.(7 с; 245 м)

3.7 Тело свободно падает с высоты $H = 80$ м. Каково его перемещение в последнюю секунду падения?(35 м)

3.8 Тело, брошенное вертикально вверх, находилось на высоте 60 м дважды с интервалом времени 4 с. С какой начальной скоростью оно было брошено? (40 м/с)

3.9 Показать, что для тела, брошенного вертикально вверх: 1) начальная скорость V_0 равна конечной скорости его при соприкосновении с землей; 2) время подъема равно времени падения.

3.10 Аэростат поднимается вертикально вверх с ускорением 2 м/с^2 . Через 5 с от начала его движения из него выпал предмет. Через сколько времени этот предмет упадет на землю? (3,4 с)

3.11 Два тела начали свободно падать с одной и той же высоты, одно вслед за другим через τ секунд. Через сколько времени, считая от начала падения первого тела, расстояние между ними будет L ? ($t = L/g\tau + \tau/2$).

3.12 Тело брошено вертикально вверх с начальной скоростью V_0 . Когда оно достигло высшей точки, из того же начального пункта с той же начальной скоростью брошено второе тело. На каком расстоянии от начального пункта они встретятся? ($3V_0^2/8g$).

3.13 С воздушного шара, опускающегося вниз с постоянной скоростью 2 м/с , бросили вертикально вверх груз со скоростью 18 м/с относительно Земли. Определить расстояние между шаром и грузом в тот момент, когда груз достигнет высшей точки своего подъема. Через какое время груз пролетит мимо шара, падая вниз? Трением воздуха пренебречь.(20 м; 4 с)

3.14 Пуля вылетает из горизонтально расположенного ружья со скоростью 300 м/с . На каком расстоянии от места выстрела упадет пуля, если высота ружья над поверхностью земли равна $1,25 \text{ м}$?(150 м)

3.15 Камень, брошенный горизонтально, упал на Землю через $0,5 \text{ с}$ на расстоянии 5 м по горизонтали от места бросания. С какой высоты был брошен камень? С какой скоростью он упал на Землю? Какой угол составляет траектория камня с горизонтом в точке его падения на Землю? Сопротивление воздуха не учитывать.(1,25 м; $11,2 \text{ м/с}$; $26,6^\circ$)

3.16 Мяч брошен со скоростью 10 м/с под углом 30° к горизонту. Определить горизонтальную и вертикальную составляющие скорости в начальный момент, высоту наибольшего подъема, время полета, дальность полета. ($8,66 \text{ м/с}$; 5 м/с ; $1,25 \text{ м}$; 1 сек; $8,66 \text{ м}$)

3.17 Камень бросили с крутого берега реки вверх под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту со скоростью $V_0 = 10 \text{ м/с}$. С какой скоростью он упал в воду, если время полета $t = 2$ секунды.($17,3 \text{ м/с}$)

3.18 Сверхзвуковой самолет летит горизонтально со скоростью $V = 1440 \text{ км/ч}$ на высоте $H = 20000 \text{ м}$. Когда самолет пролетает над зенитной установкой, из орудия производят выстрел. Какова должна быть минимальная начальная скорость V_0 снаряда и угол α ее с горизонтом, чтобы снаряд попал в цель?(748 м/с ; $57,7^\circ$)

3.19 Тело брошено со скоростью V_0 под углом к горизонту. Продолжительность полета $2,2 \text{ с}$. Найти наибольшую высоту подъема этого тела. Сопротивлением воздуха пренебречь.(6,05 м)

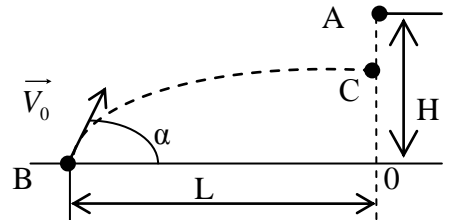
3.20 Под каким углом к горизонту надо бросить тело, чтобы максимальная высота его подъема была равна дальности полета? (76°)

3.21 Под каким углом к горизонту надо бросить тело, чтобы дальность его полета была максимальной? (45°)

3.22 Тело брошено под углом к горизонту с начальной скоростью 10 м/с. Определить скорость тела в тот момент, когда оно оказалось на высоте 3 м. (6,3 м/с)

3.23 Камень брошен с башни под углом 30° к горизонту со скоростью 10 м/с. Каково кратчайшее расстояние между местом бросания и местом нахождения камня спустя 4 с после бросания? (69,3 м)

3.24 Из точки А свободно падает тело. Одновременно из точки В под углом α к горизонту бросают другое тело, так чтобы оба тела столкнулись в воздухе в точке С. Определите угол α , если $H/L = \sqrt{3}$. Сопротивлением воздуха пренебречь. (60°)



3.25 Маленький шарик падает вертикально вниз на плоскость, наклоненную под углом 30° к горизонту, и упруго отскочив, вторично падает на плоскость на расстоянии 20 см от места первого удара. Найдите скорость шарика в момент первого удара о плоскость. (1 м/с)

3.26 Камень брошен на склоне горы под углом α к ее поверхности. Определить время полета, если начальная скорость камня V_0 , угол наклона горы к горизонту β , ускорение свободного падения g . ($t = (\operatorname{tg}(\alpha \pm \beta) \mp \operatorname{tg}(\beta g \cdot (2V_0 \cos(\alpha \pm \beta)) / g)$)

3.27 Барон Мюнхгаузен подстрелил двух уток, летевших горизонтально на разных высотах, но с одинаковыми скоростями $V = 10$ м/с; одну из ружья, другую из пистолета. В момент выстрела пистолет и ружье располагались под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту и были направлены точно на уток. Первая утка упала на землю через $t_1 = 6$ секунд после выстрела, вторая - через $t_2 = 8,5$ секунд. Определить высоты, на которых летели утки, и начальные скорости пуль. (31,5 м; 125 м; 30,4 м/с; 61,1 м/с)

4. Вращательное движение

4.1 На графике (см. рис. А) представлена зависимость угла поворота некоторой точки, двигающейся по окружности радиуса $R = 10$ см, от времени. Масштаб по оси $X - 1$ с, по оси $Y - \pi/2$ радиан. Построить график зависимости угловой скорости точки и найти за первые 11 секунд путь и перемещение точки.

4.2 Как изменится центростремительное ускорение, если угловая скорость вращающейся материальной точки увеличится в 2 раза? (увеличится в 4 раза)

4.3 Найти угловые скорости и частоты вращений минутной и секундной стрелки часов. ($1,74 \cdot 10^{-3}$; 0,105; $2,8 \cdot 10^{-4}$; 0,017 (1/с))

4.4 Шкив диаметром 20 см делает 300 оборотов за 3 мин. Определить период вращения, угловую, линейную скорости точки на ободе шкива. (0,6 с; $10,5 \text{ с}^{-1}$; 1,05 м/с)

4.5 Невесомый шкив радиусом $R = 20$ см приводится во вращение грузом, подвешенным на нити, постепенно сматывающейся со шкива. В начальный момент

- груз был неподвижен. Определите угловую скорость шкива в тот момент, когда груз пройдет путь $S = 100$ см. ($22,4 \text{ с}^{-1}$)
- 4.6** Минутная стрелка часов в три раза длиннее секундной. Каково отношение между линейными скоростями концов этих стрелок? (20)
- 4.7** Найти линейную и угловую скорости Земли, вызванные ее орбитальным движением. Средний радиус земной орбиты $R = 1,5 \cdot 10^8$ км. (30 км/с ; $2 \cdot 10^{-7} \text{ с}^{-1}$)
- 4.8** К валу, радиус которого 5 см, прикреплена нить. Через 5 с после начала равномерного вращения вала на него намоталось 10 м нити. Чему равны период и угловая скорость вращения вала? Радиус вала считать неизменным. ($0,157 \text{ с}$; 40 с^{-1})
- 4.9** Найти радиус вращающегося колеса, если известно, что линейная скорость точки, лежащей на ободе, в 2,5 раза больше линейной скорости точки, лежащей на 5 см ближе к оси колеса. Ответ дать в см. ($8,3 \text{ см}$)
- 4.10** Радиус рукоятки колодезного ворота в 3 раза больше радиуса вала, на который наматывается трос. Какова линейная скорость конца рукоятки при поднятии ведра с глубины 10 м за 20 с? ($1,5 \text{ м/с}$)
- 4.11** Точка движется по окружности с угловой скоростью $0,05\pi \text{ рад/с}$. Во сколько раз путь, пройденный точкой за 10 с, больше модуля ее перемещения? ($1,11$)
- 4.12** Точка движется по окружности с постоянной скоростью 50 м/с . Вектор скорости изменяет направление на 30° за время 2 с. Чему равно нормальное ускорение точки? (13 см/с^2)
- 4.13** Найти линейную скорость и центростремительное ускорение точек на поверхности Земного шара: а) на экваторе; б) на широте 53° . (463 м/с ; $33,7 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}^2$; $278,6 \text{ м/с}$; $20,2 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}^2$)
- 4.14** Цилиндр радиусом $R = 20$ см вращается вокруг своей оси с частотой $n = 20 \text{ мин}^{-1}$. Вдоль образующей цилиндра движется тело с постоянной скоростью $V = 30 \text{ см/с}$ относительно поверхности цилиндра. Определите полную скорость и ускорение этого тела. ($0,5 \text{ м/с}$; $0,8 \text{ м/с}^2$)
- 4.15** Пропеллер самолета радиусом $R = 1,5$ м вращается с частотой $2 \cdot 10^3 \text{ об/мин}$. Посадочная скорость самолета относительно земли равна 161 км/ч . Какова скорость точки на конце пропеллера? Какова траектория движения этой точки? (317 м/с ; траектория – винтовая линия с шагом $1,34 \text{ м}$.)
- 4.16** Колесо радиусом $0,5$ м катится без скольжения по горизонтальной дороге со скоростью 1 м/с . Определить скорость и ускорение точек, лежащих на концах вертикального и горизонтального диаметров. (2 м/с ; 0 м/с ; $1,4 \text{ м/с}$; $1,4 \text{ м/с}$)
- 4.17** Гладкий диск радиусом R вращается с частотой 10 об/с . От поверхности диска на расстоянии $R/2$ от оси вращения отрывается тело, которое скользит без трения. Через какое время тело упадет с диска? ($0,03 \text{ с}$)
- 4.18** Мальчик вращает камень, привязанный к веревке длиной $0,5$ м, в вертикальной плоскости, делая 3 об/с . На какую высоту поднимается камень, если веревка оборвалась в тот момент, когда скорость камня была направлена вертикально вверх? ($4,4 \text{ м}$)

Динамика

Основные понятия и формулы

1. Масса (m) – мера инертности и гравитационного взаимодействия тел. $[m] = \text{кг}$.

2. Сила (\vec{F}) – количественная мера взаимодействия тел. $[F] = \text{Н}$.

3. Некоторые виды сил:

3.1. Сила гравитационного притяжения (закон всемирного тяготения):

$$F = G m_1 m_2 / r^2,$$

где m_1 и m_2 - массы взаимодействующих материальных точек или сферических тел,

r – расстояние между материальными точками или центрами сферических тел,

G – гравитационная постоянная.

3.2. Сила упругости (закон Гука):

$$F = -kx,$$

где k – коэффициент упругости; x – величина упругой деформации.

3.3. Сила трения скольжения:

$$F = \mu N,$$

где μ – коэффициент трения скольжения; N – сила нормального давления.

3.4. Сила тяжести:

$$F = mg,$$

где g – ускорение свободного падения. $g = GM / (R + h)^2,$

где M – масса Земли, R – ее радиус, h – высота над поверхностью Земли.

3.5. Вес тела – сила, действующая со стороны тела на опору или подвес.

4. Импульс тела: $\vec{P} = m\vec{V}$ [кг · м/с].

5. Основные законы динамики (законы Ньютона):

5.1. Если $\sum \vec{F}_i = 0$, то $\vec{a} = 0$ или $\vec{V} = \text{const}$ (где $\sum \vec{F}_i$ - векторная сумма всех сил (результатирующая сила), действующих на тело).

5.2. $\vec{F} = m\vec{a}$, где \vec{F} - результирующая сила, действующая на тело.

Или $\vec{F} = \Delta \vec{P} / \Delta t$, где $\Delta \vec{P}$ - изменение импульса тела за время Δt .

5.3. $\vec{F}_{1-2} = -\vec{F}_{2-1}$, где \vec{F}_{1-2} и \vec{F}_{2-1} - силы, действующие на первое тело со стороны второго, и на второе со стороны первого при их взаимодействии.

5. Динамикам поступательного движения.

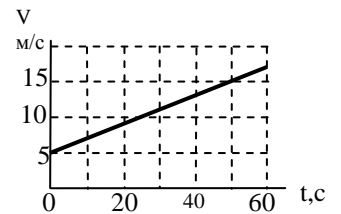
5.1 На графике (см рис. А) представлена зависимость силы, действующей на тело массой 1 кг, от времени. Масштаб по оси Y – 1 Н, по оси X – 1 с. В начальный момент времени тело покоилось. Определите: 1) максимальное ускорение тела и соответствующий момент времени; 2) время когда тело меняет направление своего движения; 3) максимальную за всё время движения скорость и соответствующий момент времени. (4 м/с², 12÷13 с; 11 с; 9 м/с, 6 с, 14 с)

5.2 На тело массой $m = 1$ кг действуют две силы А и Д (см. рис. Б, где одна клетка равна 1 Н). Куда и с каким ускорением будет двигаться тело?(вдоль вектора $\mathbf{3}$; 5 м/с^2)

5.3 Мотоцикл, масса которого вместе с коляской 240 кг, при торможении на скорости 10 м/с прошел до остановки 15 м. Определите силу трения, считая ее постоянной, и время торможения.(0,8 кН; 3 с)

5.4 Поезд массой $4 \cdot 10^5$ кг, проезжая мимо светофора со скоростью 10 м/с, начал торможение под действием постоянной силы, равной 20 кН. На каком расстоянии от светофора находился поезд через 1 минуту?(510 м)

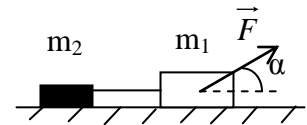
5.5 Дан график скорости электровоза массой 200 т на некотором прямолинейном участке пути. Определить силу сопротивления движению, если сила тяги электровоза равна 300 кН. По графику определить путь за 50 с движения.(260 кН; 500 м)



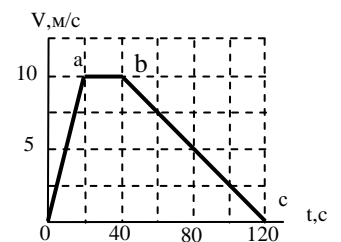
5.6 Электропоезд массой 10^3 т начинает равноускоренное движение и спустя 1 минуту достигает скорости 30 м/с. Определите силу тяги электровоза и путь, пройденный при разгоне, если коэффициент сопротивления движению равен 0,02.(700 кН; 900 м)

5.7 Груз массой 45 кг перемещается по горизонтальной плоскости под действием силы 294 Н, направленной под углом 30° к горизонту. Коэффициент трения груза о плоскость 0,1. Определите ускорение, с которым движется груз. Чему равно перемещение груза за 10 с? Начальная скорость груза равна нулю.(5 м/с²; 250 м)

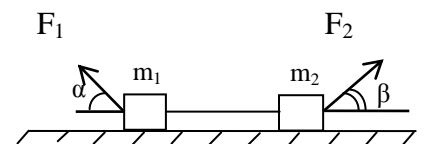
5.8 Два груза массами $m_1 = 10$ кг и $m_2 = 15$ кг связаны веревкой и движутся по горизонтальной поверхности под действием силы тяги $F = 15$ Н, направленной под углом 30° к горизонту. Найдите ускорение тел и силу натяжения веревки, если коэффициент трения равен 0,02. При каком значении силы движение будет равномерным?(0,33 м/с²; 7,95 Н; 5 Н)



5.9 На рисунке приведен график изменения скорости автобуса при движении между двумя остановками. Считая силу сопротивления постоянной и зная, что на участке, соответствующем отрезку **bc** графика, сила тяги равна нулю, найдите силу тяги на участках соответствующих отрезкам **0a** и **ab**. Масса автобуса 4 т.(2,5 кН; 0,5 кН)

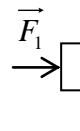


5.10 Два бруска массами $m_1 = 3$ кг и $m_2 = 2$ кг связаны невесомой нерастяжимой нитью и находятся на горизонтальной поверхности. К брускам приложены силы $F_1 = 50$ Н и $F_2 = 30$ Н, как показано на рисунке. Причем, $\alpha = 20^\circ$, $\beta = 40^\circ$. Определите ускорение, с которым движутся грузы и силу натяжения нити, если коэффициент трения брусков о поверхность $\mu = 0,1$.(4,4 м/с²; 32 Н)



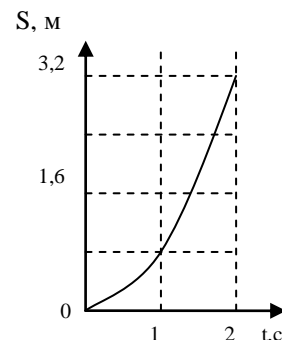
5.11 Два груза массами $m_1 = 3$ кг и $m_2 = 5$ кг лежат на гладком горизонтальном столе, связанные шнуром, который разрывается при натяжении $T = 24$ Н. Какую максимальную горизонтальную силу можно приложить к грузу m_1 ? m_2 ? Как изменится ответ, если учесть трение, считая, что коэффициенты трения грузов о стол одинаковы?($F_1=38,4$ Н; $F_2=64$ Н; не изменится)

5.12 Груз массой 50 кг прижимается к вертикальной стенке с силой $F_1 = 100$ Н. Какая вертикальная сила F_2 необходима, чтобы равномерно тянуть груз вертикально вверх? Какой минимальной силой F_2 можно удерживать груз в покое, если коэффициент трения 0,3?(530 Н; 470 Н)



5.13 Через невесомый блок перекинут шнур, на концах которого укреплены грузы массой 2 кг и 8 кг. Определите ускорение, с которым движутся грузы, и силу натяжения шнура.(6 м/с²; 32 Н.)

5.14 Тело движется вниз по наклонной плоскости, составляющей с горизонтом угол 30°, согласно графику пути, изображенному на рисунке. Найдите коэффициент трения груза о плоскость.(0,4)

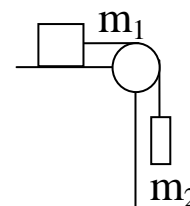


5.15 С аэростата сбросили два одинаковых по размеру шарика массой $m_1 = 10$ г и $m_2 = 20$ г, связанные нитью. Определить натяжение нити после того, как из-за сопротивления воздуха шарики приобретут постоянные скорости.(0,05 Н)

5.16 Вниз по наклонной плоскости с углом наклона 30° и длиной 4 м скользит вагонетка. Какое расстояние она пройдет по горизонтальной поверхности, если коэффициент трения везде одинаков и равен 0,02?(96,5 м)

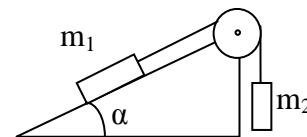
5.17 На концах нити, перекинутой через блок подвешены тела массой по 240 г каждое. Какой добавочный груз надо положить на одно из тел, чтобы каждое из них прошло за 4 с путь, равный 160 см?(10 г)

5.18 Брусоч массой $m_1 = 400$ г движется по горизонтальной поверхности под действием груза массой $m_2 = 100$ г и проходит из состояния покоя путь 80 см за 2 с. Найдите коэффициент трения.(0,2)

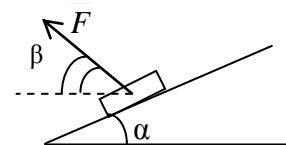


5.19 На наклонную плоскость положили брусок, коэффициент трения которого о плоскость равен μ . При каких углах наклона α плоскости к горизонту брусок будет оставаться неподвижным?($\alpha < \arctg(\mu)$)

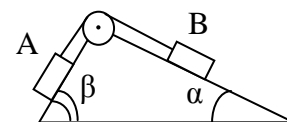
5.20 На вершине наклонной плоскости составляющей с горизонтом угол 30°, укреплен неподвижный блок. Нить, перекинутая через блок, связывает грузы массами $m_1 = 5$ кг и $m_2 = 2$ кг. Коэффициент трения груза о плоскость 0,1. Определите ускорение, с которым движется система, и силу натяжения нити.(0,096 м/с²; 20,2 Н)



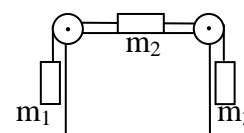
5.21 Груз массой $m = 500$ кг находится на плоскости с углом наклона к горизонту $\alpha = 15^\circ$. Чтобы сообщить грузу движение вниз с ускорением 1 м/с², необходимо приложить силу F под углом $\beta = 30^\circ$ к горизонту. Определите величину этой силы, если коэффициент трения груза о плоскость равен $\mu = 0,2$.(202,5 Н)



5.22 Невесомый блок укреплен на вершине двух наклонных плоскостей, составляющих углы $\alpha = 30^\circ$ и $\beta = 45^\circ$ с горизонтом. Гири А и В, массой 1 кг каждая, соединены невесомой нерастяжимой нитью, перекинутой через блок. Найдите ускорение, с которым движутся гири, и силу натяжения нити. Трением пренебrecь.(1,0 м/с²; 6 Н)

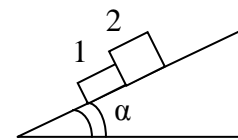


5.23 С каким ускорением будут двигаться грузы, если масса $m_1 = 2$ кг, $m_2 = 2,5$ кг, $m_3 = 3$ кг. Коэффициент трения 0,02. Определите силу натяжения нити между вторым и третьим грузами-

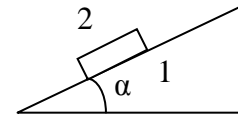


ми, а также скорость третьего груза через 2 с после начала движения. (1,27 м/с²; 26,2 Н; 2,54 м/с.)

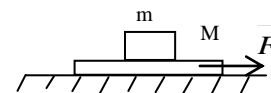
5.24 На наклонной плоскости, составляющей угол α с горизонтом, находятся два соприкасающихся бруска. Массы брусков равны m_1 и m_2 , коэффициенты трения между плоскостью и этими брусками соответственно равны μ_1 и μ_2 , причем $\mu_1 > \mu_2$. Найдите силу взаимодействия между брусками в процессе движения. ($F = (\mu_1 - \mu_2)m_1m_2g \cos \alpha / (m_1 + m_2)$)



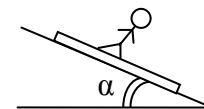
5.25 На горизонтальной поверхности находится призма 1 массы m_1 с углом α и на ней брусок 2 массы m_2 . Пренебрегая трением найти ускорение призмы. ($a = g \sin \alpha \cdot \cos \alpha / (\sin^2 \alpha + m_1/m_2)$)



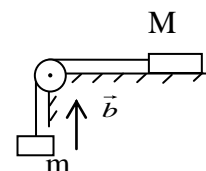
5.26 На столе лежит доска массой $M = 1$ кг, а на ней лежит груз массы $m = 0,5$ кг. Какую силу нужно приложить к доске, чтобы она выскользнула из-под груза? Коэффициент трения между грузом и доской $\mu_1 = 0,1$, между доской и столом $\mu_2 = 0,2$. ($> 4,5$ Н)



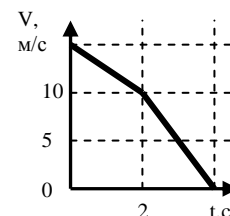
5.27 На идеально гладкой наклонной плоскости с углом наклона к горизонту α находится доска массы M . Куда и с каким ускорением должен бежать мальчик массы m , чтобы доска оставалась на месте? ($(1+M/m)g \cdot \sin \alpha$, вниз)



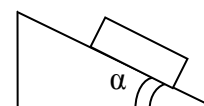
5.28 Через блок, укрепленный на краю горизонтального стола, перекинута веревка, соединяющая два груза m и M . Стол движется вверх с ускорением b . Найдите ускорение грузов и силу натяжения нити, если коэффициент трения между телом M и поверхностью стола равен μ . ($T = (1+\mu)(g+b)mM/(m+M)$; $a = (g+b)(m-\mu M)/(m+M)$).



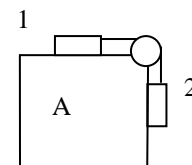
5.29 Грузовой автомобиль тормозит и скорость его уменьшается так, как показано на графике. В кузове автомобиля стоит ящик, коэффициент трения которого о пол кузова равен 0,45. На какое расстояние переместится ящик относительно кузова за все время торможения автомобиля? (1 м)



5.30 На грань призмы с углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту положили груз. Коэффициент трения $\mu = 0,35$. С каким горизонтальным ускорением и в какую сторону нужно двигать призму, чтобы груз покоился относительно призмы? ($1,9 \text{ м/с}^2 < a < 11,6 \text{ м/с}^2$; вправо)



5.31 С каким минимальным ускорением нужно перемещать в горизонтальном направлении брусок А, чтобы тела 1 и 2 не двигались относительно бруска. Массы тел одинаковы, коэффициент трения $\mu = 0,4$. ($4,1 \text{ м/с}^2$)



5.32 Человек массой 70 кг поднимается в лифте, движущемся равнозамедленно вертикально вверх с ускорением 1 м/с^2 . Определите давление человека на пол кабины. (630 Н)

5.33 Найдите вес космонавта массой 80 кг при старте с поверхности Земли вертикально вверх с ускорением 15 м/с^2 . (2 кН)

5.34 Космический корабль совершает мягкую посадку на Луну ($g = 1,6 \text{ м/с}^2$), двигаясь замедленно в вертикальном направлении с постоянным ускорением $8,4 \text{ м/с}^2$

(относительно Луны). Сколько весит космонавт массой 70 кг, находящийся в этом корабле?(700 Н)

5.35 Космический корабль массой 10^3 т начинает подниматься вертикально вверх. Сила тяги его двигателей $2,94 \cdot 10^7$ Н. Определите ускорение корабля и вес тела, находящегося в нем, если на Земле на тело действует сила тяжести $5,88 \cdot 10^2$ Н. ($19,6 \text{ м/с}^2$; $1,76 \cdot 10^3$ Н)

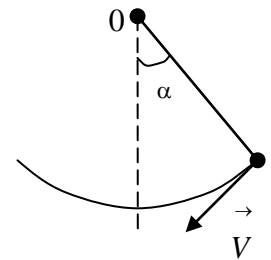
6. Динамика вращательного движения.

6.1 Летчик массой 70 кг описывает на самолете, летящем со скоростью 180 км/ч, петлю Нестерова радиусом 100 м. С какой силой давит летчик на сиденье в верхней и нижней точках петли? При какой скорости самолета летчик будет испытывать состояние невесомости в верхней точке петли?(1050 Н; 2450 Н; 31,4 м/с)

6.2 С какой скоростью автомобиль должен проходить середину выпуклого моста радиусом $R = 40$ м, чтобы пассажир на мгновение оказался в состоянии невесомости?(72 км/час)

6.3 Автомобиль движется по вогнутому мосту согласно уравнениям: $S = 10t$ (м), $\varphi = 0,5t$ (рад.). Найдите массу автомобиля, если вес его на середине моста равен $1,5 \cdot 10^4$ Н. (10^3 кг)

6.4 Груз, подвешенный на нити, совершает колебания в вертикальной плоскости. Найдите силу натяжения нити в тот момент, когда она составляет с вертикалью угол $\alpha = 60^\circ$, а скорость груза равна 2 м/с. Масса груза 100 г, длина нити 40 см. (1,5 Н)

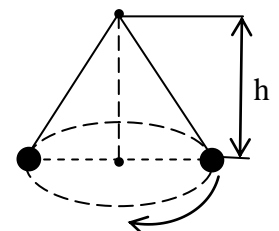


6.5 В вертикальной плоскости вращается груз, привязанный к нити длиной 1 м. С какой максимальной частотой можно вращать его, чтобы нить не оборвалась, если она выдерживает пятикратный вес груза?(1 оборот в секунду)

6.6 Диск вращается вокруг вертикальной оси, делая 30 об/мин. На расстоянии 20 см от оси на диске лежит тело. Каким должен быть коэффициент трения между телом и диском, чтобы тело не скатилось с диска?(0,2)

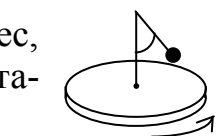
6.7 В вагоне поезда, идущего равномерно по криволинейному горизонтальном пути со скоростью 72 км/ч, производится взвешивание груза на пружинных весах. Масса груза 5 кг, показание весов 51 Н. Определите радиус закругления пути. (199 м)

6.8 Груз на нити движется по окружности в горизонтальной плоскости. Какова частота вращения, если $h = 1,5$ м?(0,41 об/с)

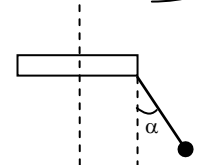


6.9 На отрезке дороги, который имеет форму дуги окружности с радиусом кривизны 200 м, полотно имеет наклон 10° . На какие скорости рассчитан такой профиль дороги, если: 1) трения нет; 2) коэффициент трения равен 0,1? (67 км/час; от 44 до 84 км/час)

6.10 Период вращения диска равен 1 с. На диске установлен отвес, длина нити которого равна 0,5 м. Под каким углом к вертикали установится отвес?(60°)

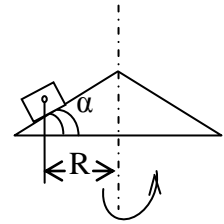


6.11 На вращающемся горизонтальном диске укреплен отвес, который устанавливается под углом $\alpha = 45^\circ$ к вертикали. Расстояние



от точки подвеса до оси вращения $d = 10$ см, длина нити $L = 6$ см. Определить угловую скорость вращения диска. (8,4 рад/с)

6.12 На краю конуса с углом наклона $\alpha = 30^\circ$ лежит тело. Конус равномерно вращается с частотой $n = 12$ об/мин. Расстояние от тела до оси вращения равно $R = 50$ см. Найдите наименьший коэффициент трения, при котором тело удерживается на вращающейся плоскости. (0,69)



6.13 Мотоциклист при повороте по дуге радиуса R движется с максимально возможной скоростью 108 км/ч. Определите радиус окружности и угол наклона мотоцикла от вертикали, если коэффициент трения резины о почву равен 0,4. (225 м; 22°)

6.14 Мотоциклист едет по внутренней поверхности вертикального цилиндра, радиус которого 11,2 м. Центр тяжести мотоциклиста расположен на расстоянии 0,8 м от поверхности цилиндра. Коэффициент трения резины о поверхность цилиндра равен 0,6. С какой минимальной скоростью должен ехать мотоциклист, чтобы не упасть? Каков будет при этом угол наклона его к горизонту? (49,2 км/час; 31°)

6.15 Самолет массой $37 \cdot 10^3$ кг делает вираж радиусом $3 \cdot 10^3$ м в горизонтальной плоскости. Скорость самолета 200 м/с. Определите угол крена самолета на вираже (угол между плоскостью крыльев и горизонтальной плоскостью), а также подъемную силу, обеспечивающую вираж самолета. Во сколько раз возрастет нагрузка, испытываемая летчиком? (53° ; 620 кН; в 1,66 раза)

6.16 Один конец пружины прикреплен к гвоздю вбитому в стол, а другой к грузу В. Груз, скользя по столу без трения, совершает круговое движение с линейной скоростью V вокруг гвоздя. Найдите радиус окружности, по которой движется груз, если известно, что длина недеформированной пружины L_0 возрастает вдвое, если к ней подвесить груз В. Массой пружины пренебречь и считать что ее удлинение прямо пропорционально нагрузке. ($R = (L_0/2)(1 + \sqrt{1 + 4V^2/L_0g})$)



6.17 На диске который может вращаться вокруг вертикальной оси, лежит маленькая шайба массой 100 г. Шайба соединена горизонтальной пружиной с осью диска. Если число оборотов диска нее превышает 2 об/с, то пружина находится в недеформированном состоянии. Если число оборотов медленно увеличить до 5 об/с, то пружина удлинится вдвое. Определите жесткость пружины. (181,4 Н/м)

7. Закон всемирного тяготения.

7.1 Построить график изменения ускорения свободного падения в зависимости от высоты h над поверхностью Земли в пределах от $h=0$ до $h=5R$, где R – радиус Земли. По графику найти на каких высотах ускорение равно $g/2$ и $g/10$. ($0,4R$; $2,1R$)

7.2 На какой высоте над поверхностью Земли ускорение свободного падения такое же как на поверхности Луны? (9400 км)

7.3 Два одинаковых шарика с массой m находятся на расстоянии r друг от друга. Как изменится сила их гравитационного притяжения, если массу каждого шарика увеличить вдвое, расстояние между ними в четыре раза. (уменьшится в 4 раза)

7.4 Оценить силы гравитационного притяжения :

- -двух шаров с массами по 100 кг на расстоянии 1 м. ($6,67 \cdot 10^{-7}$ Н)
- -шара массой 100 кг и железнодорожного вагона массой 100 т на расстоянии 10 м. ($6,67 \cdot 10^{-6}$ Н)
- -Земли и Луны. ($2 \cdot 10^{20}$ Н)
- -Земли и Солнца. ($3,5 \cdot 10^{22}$ Н)

7.5 Средняя высота спутника над поверхностью Земли 1700 км. Определите его скорость и период обращения. ($7,0 \cdot 10^3$ м/с; 2 часа)

7.6 В процессе эволюции Солнце, сжимаясь, превратится в горячую карликовую звезду с плотностью $\rho = 250$ кг/см³. Как изменится ускорение свободного падения на поверхности Солнца, если изменение массы Солнца в процессе сжатия не произойдет? (от 272 м/с² до $8,6 \cdot 10^5$ м/с²)

7.7 Каким будет период обращения спутника вокруг Земли, если его удалить от поверхности Земли на расстояние равное земному радиусу? (2,8 часа)

7.8 На экваторе шарообразной планеты тело весит вдвое меньше, чем на полюсе. Плотность планеты $\rho = 3$ г/см³. Определить период обращения планеты. (2,7 часа)

7.9 Масса Луны в 81,6 раз меньше массы Земли, а радиус Луны меньше земного в 3,7 раза. Найти ускорение свободного падения на Луне. ($1,6$ м/с²)

7.10 Найдите первую космическую скорость для Земли, а также период обращения спутника по орбите для этой скорости. ($7,9 \cdot 10^3$ м/с; 1,4 часа)

7.11 На какую высоту нужно запустить в экваториальной плоскости спутник, чтобы он все время находился над одной и той же точкой земной поверхности? ($35,9 \cdot 10^6$ м/с)

7.12 С помощью ракеты тело поднято на высоту 500 км. Найдите каково ускорение свободного падения на этой высоте. С какой скоростью (перпендикулярно радиусу Земли) нужно бросить это тело, чтобы оно описало окружность вокруг Земли? Каков будет период обращения вокруг Земли? ($8,42$ м/с²; 7,6 км/с; 94,5 мин.)

Работа, мощность, энергия. Законы сохранения

Основные понятия и формулы

1. Работа A перемещения тела под действием силы F :

$A = F \cdot S \cdot \cos \alpha$, [Дж], где S – модуль вектора перемещения, α – угол между направлением силы и перемещением.

2. Мощность N – работа, совершаемая в единицу времени t :

$$N = A / t, \text{ [Вт]}$$

3. Кинетическая энергия (обусловленная движением тела): $W^k = mV^2 / 2$ [Дж]

4. Потенциальная энергия (обусловленная взаимодействием тел или частей тела):

для тела, поднятого на высоту h над землей: $W^n = mgh$;

для упруго деформированного тела: $W^n = kx^2 / 2$.

5. Коэффициент полезного действия – доля полезной работы $A_{\text{пол}}$ (мощности, энергии) от затраченной $A_{\text{зат}}$:

$$\eta = A_{\text{пол}} / A_{\text{зат}} = N_{\text{пол}} / N_{\text{зат}} = W_{\text{пол}} / W_{\text{зат}}$$

6. Закон сохранения импульса для замкнутой системы:

$$\sum_{i=1}^n \vec{P}_i = \sum_{i=1}^n m_i \vec{V}_i = \text{const}, \text{ где } \vec{P}_i - \text{импульс } i\text{-го тела, } n - \text{число тел в системе.}$$

7. Закон сохранения энергии для замкнутой системы, в которой действуют консервативные силы:

$$\sum_{i=1}^n (W^k_i + W^n_i) = \text{const}$$

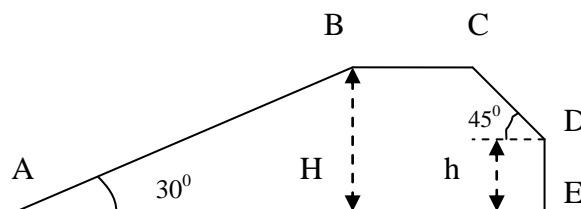
8. Изменение полной механической энергии системы тел в результате действия неконсервативных сил:

$$\Delta W = A, \text{ где } A - \text{работа неконсервативных сил.}$$

8. Работа. Мощность. Энергия

8.1 Тело некоторой массы, подвешенное на невесомой и нерастяжимой нити, равномерно движется по окружности. Исключая какие-либо силы трения, определить работу, совершаемую равнодействующей сил действующих на тело, за один оборот.

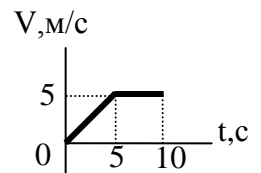
8.2 Груз массой 120 кг переместили с земли сначала по лестнице АВ на высоту $H = 2,5$ м, затем по горизонтально площадке ВС, потом по лестнице СД до высоты $h = 1$ м, и, наконец, опустили на землю (ДЕ). Вычислите работу силы тяжести на каждом участке движения и полную работу на всем перемещении.



8.3 Тело массой 5 кг поднимают вертикально на высоту 2 м. Какая при этом была совершена работа, если подъем осуществлялся: 1) равномерно; 2) с ускорением $a = 2 \text{ м/с}^2$. (100 Дж; 120 Дж.)

8.4 Найдите среднюю мощность, развиваемую силой тяжести за 2 с падения тела массой 1 кг. (96 Вт)

8.5 Дан график скорости груза массой 3 т, движущегося с помощью подъемного крана. Найдите полную механическую работу, совершенную при подъеме. (1162,5 кДж)



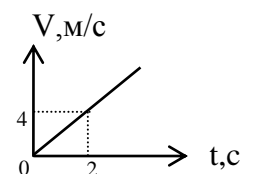
8.6 Какую среднюю мощность разовьет при взлете двигатель самолета, если он оторвется от земли со скоростью 360 км/час? Масса самолета 170 т, средний коэффициент сопротивления $\mu = 0,05$, длина разбега при взлете 3000 м. (18700 кВт)

8.7 На груз, движущийся по горизонтальной плоскости, действует сила в 200 Н под углом 60° к горизонту. Какую работу совершит сила при перемещении тела на 5 м, если движение происходит с постоянной скоростью? Каков коэффициент трения груза с плоскостью, если его масса 31 кг? (500 Дж; 0,7)

8.8 На тело массы $m=1$ кг, движущееся со скоростью $V=1$ м/с, в некоторый момент начала действовать постоянная сила, направленная противоположно скорости тела. Найти работу этой силы к моменту времени, когда скорость тела после изменения направления будет в 2 раза больше первоначальной по модулю. (1,5 Дж)

8.9 Автомобиль массой 2 т едет в гору, уклон которой (т.е. $\sin\alpha$) равен 0,02. Коэффициент трения 0,05. Средняя мощность двигателя при движении равна 9,75 кВт. Определите скорость движения автомобиля. (7,1 м/с)

8.10 Автомобиль массой 5 т поднимается вверх по наклонной плоскости. Его скорость изменяется согласно графику, приведенного на рисунке. Найдите среднюю мощность, развиваемую автомобилем за 10 с подъема, если коэффициент трения равен 0,1, а угол наклона плоскости к горизонту 30° . (393,5 кВт)



8.11 Скатываясь под уклон с углом наклона $\alpha=6^\circ$, автомобиль массой $M = 1$ т разгоняется при выключенной передаче до максимальной скорости $V=72$ км/ч, после чего движение становится равномерным. Какую мощность развивает двигатель автомобиля при подъеме с такой же скоростью по той же дороге вверх? (40 кВт)

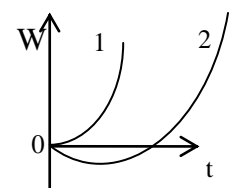
8.12 Найдите работу, которую нужно совершить, чтобы сжать пружину на 20 см, если для ее сжатия на 1 см требуется усилие 30 Н. (60 Дж)

8.13 При сжатии пружины детского пружинного пистолета на 3 см приложили силу в 20 Н. Найдите потенциальную энергию сжатой пружины. (0,3 Дж)

8.14 Тело массой 1,5 кг падает вертикально с большой высоты. Какую кинетическую энергию приобретет тело, пролетев 200 м? Сопротивлением воздуха пренебречь. (2,9 кДж)

8.15 Спутник массой 12 т обращается по круговой орбите вокруг Земли, обладая кинетической энергией 54 ГДж. С какой скоростью и на какой высоте обращается спутник? ($3 \cdot 10^3$ м/с; $3,8 \cdot 10^7$ м)

8.16 Один из приведенных графиков отражает изменение кинетической энергии W тела от времени t . Какой? Почему?

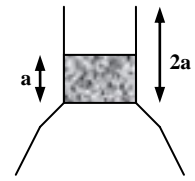


8.17 Тело массы $M = 0,4$ кг, лежавшее на поверхности земли, поднимают вертикально вверх, действуя силой $F = 15$ Н. Найти изменение потенциальной энергии тела к моменту времени, когда кинетическая энергия тела станет равной $W = 10$ Дж. (3,7 Дж)

8.18 Под каким углом к горизонту нужно бросить камень, чтобы его кинетическая энергия в точке наивысшего подъема составляла 25% от кинетической энергии в точке бросания?(60°)

8.19 Тело массой $m = 1$ кг брошено вертикально вверх с начальной скоростью 49 м/с. Постройте график зависимости кинетической, потенциальной и полной энергии тела от времени в пределах от 0 до $t = 5$ с, вычисляя значение энергии через каждую секунду движения.

8.20 Какую работу необходимо затратить, чтобы вытащить пробку из горлышка бутылки (см. рис.). Длина пробки a . Сила трения между пробкой и бутылкой F . Весом пробки пренебречь.($1,5Fa$)



9. Закон сохранения импульса

9.1 Два тела массы $m_1 = 2$ г и $m_2 = 3$ г движутся взаимно перпендикулярно по горизонтальной плоскости со скоростями $V_1 = 5$ м/с и $V_2 = 4$ м/с. Определить импульс системы этих тел.(15,6 г·м/с)

9.2 Скорость тела массой $m_1 = 1$ кг равна Е (см. рис. Б, где одна клетка равна 1 м/с), а тела массой $m_2 = 3$ кг – Ж. Найти модуль и направление суммарного импульса этих тел.(4 кг·м/с; -ОХ)

9.3 Тело массой $m = 100$ г движется по окружности с постоянной скоростью $V = 36$ км/ч, совершая полный оборот за время $t = 4$ с. Найти изменение импульса тела за 1, 2, 3 и 4 с.(1,4 кг·м/с; 2 кг·м/с; 1,4 кг·м/с; 0)

9.4 На тело в течение времени $t = 10$ с действовала постоянная сила $F = 0,5$ Н. Определить массу тела, если его скорость под действием данной силы изменилась на величину $\Delta V = 5$ м/с.(1 кг)

9.5 Тележка массой 120 кг двигаясь со скоростью 1,5 м/с ударяется о другую неподвижно стоящую тележку массой 80 кг. В результате ее скорость уменьшается до 0,5 м/с. Какую скорость получит вторая тележка?(1,5 м/с)

9.6 Снаряд массой 40 кг, летевший в горизонтальном направлении со скоростью 600 м/с, разорвался на две части. Большая часть массой 75% массы снаряда стала двигаться в прежнем направлении со скоростью 900 м/с. Определите величину и направление скорости меньшей части снаряда.(300 м/с)

9.7 Человек массой 60 кг, бегущий со скоростью 8 км/ч, догоняет тележку массой 80 кг, движущуюся со скоростью 2,9 км/ч, и вскакивает на нее. 1) С какой скоростью станет двигаться тележка? 2) С какой скоростью будет двигаться тележка, если человек бежал ей навстречу?(5,1 км/ч; 1,77 км/ч)

9.8 Снаряд весом 980 Н, летящий горизонтально вдоль железнодорожного пути со скоростью 500 м/с, попадает в вагон с песком массой 10 т и застревает в нем. Какую скорость получит вагон, если: 1) вагон стоял неподвижно; 2) вагон двигался со скоростью 36 км/ч в том же направлении, что и снаряд; 3) вагон двигался со скоростью 36 км/ч в направлении, противоположном движению снаряда?(18 км/ч; 53,9 км/ч; 18 км/ч)

9.9 С судна массой $6 \cdot 10^5$ кг, движущегося со скоростью 2 м/с, произведен выстрел из пушки в сторону, противоположную движения судна под углом 30° к горизон-

ту. Какой стала скорость судна, если снаряд массой 10^3 кг вылетел со скоростью 100 м/с относительно Земли?(2,14 м/с)

9.10 Человек, находящийся в лодке на озере, переходит с носа на корму. Масса человека 70 кг, масса лодки 280 кг. Длина лодки $L=5$ м. На какое расстояние относительно дна передвинется лодка? Человек? Сопротивлением воды пренебречь.(1 м; 4 м)

9.11 Лодка длиной L и массой M стоит в спокойной воде. На носу и корме лодки стоят два рыбака, массы которых M_1 и M_2 . На сколько сместится лодка, если рыбаки пройдут по лодке и поменяются местами? Сопротивлением воды пренебречь. $((M_1-M_2)L/(M+M_1+M_2))$

9.12 Граната, летящая горизонтально со скоростью 20м/с, разорвалась на два равных осколка. Один из них полетел вертикально со скоростью 150м/с. Найдите начальную скорость и направление полета второго осколка.(155м/с; 75° к горизонту)

9.13 Во время неудачной попытки вывести спутник на орбиту ракетноситель, движущийся со скоростью 3000 м/с, взрываясь, разорвалась на две части, одно из которых продолжала движение вверх под углом 45° к вертикали со скоростью 3,5 км/с. Определите скорость и направление движения второй части ракеты в момент взрыва, если ее масса составляет 0,6 от массы первой части.(5,7 км/с; $\approx 47^\circ$)

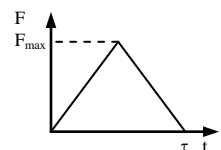
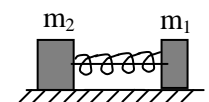
9.14 С какой скоростью полетит тело, образованное из 2-х кусков пластилина в результате их столкновения, если они двигались по взаимно перпендикулярным прямым со скоростями $V_1 = 4$ м/с и $V_2 = 6$ м/с. Масса первого куска в 2 раза больше массы второго. (3,33 м/с)

9.15 Плот массой m_1 свободно скользит по поверхности воды со скоростью V_1 . На плот с берега прыгает человек массы m_2 . Горизонтальная составляющая скорости человека перпендикулярна к скорости плота и равна V_2 . Определить скорость плота с человеком. Силами трения плота о воду пренебречь. $([(m_1 V_1)^2 + (m_2 V_2)^2]^{1/2} / (m_1 + m_2))$

9.16 Доска массы M лежит на поверхности воды. На одно конце доски сидит лягушка массой m . Известно, что прыжком лягушка может попасть на другой конец доски только, если прыгнет с наименьшей скоростью V_{\min} . Пренебрегая трением между поверхностями доски и воды определите длину доски. $(V_{\min}^2(m/M+1)/g)$

9.17 В верхней точке траектории полета на высоте H снаряд разорвался на две одинаковые части. Одна половина упала вертикально вниз через время τ , а вторая на расстоянии S по горизонтали от места взрыва. Какой была скорость снаряда до взрыва? $(Sg\tau/4H)$

9.18 Два тела m_1 и $m_2 = 3m_1$ соединены пружиной. Пружина сжата и связана нитью. Нить пережигают, пружина распрямляется, и тела разъезжаются в противоположные стороны. Найдите отношение начальных скоростей тел и отношение путей, пройденных телами до остановки. Коэффициент трения тел считать одинаковым.(3; 9)



9.19 На рисунке показана зависимость силы, действующей на мяч, при ударе по нему футболиста. С какой скоростью полетит мяч, если его масса m ? $(F_{\max}\tau/2m)$

10. Закон сохранения энергии

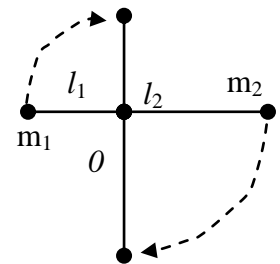
10.1 С какой скоростью двигался вагон массой 20 т, если при ударе о стенку каждый буфер сжался на 10 см? Известно, что пружина каждого из буфера сжимается на 1 см под действием силы в 1 т. (3,6 км/ч)

10.2 С какой скоростью надо бросить мяч вниз, чтобы он подпрыгнул на 10 м выше того уровня, с которого брошен? Потерю энергии при ударе о землю не учитывать. (14 м/с)

10.3 К сжатой пружине длиной 5 см придвинул шар массой 2 кг. Пружина разжимается. В момент отделения шара от пружины ее длина равнялась 10 см. Какова была скорость шара в этот момент? Коэффициент жесткости пружины равен 800 Н/м. Трением о поверхность пренебречь. (1,0 м/с)

10.4 С крыши дома высотой 5 м горизонтально брошено тело массой $m = 0,1$ кг. Какова была его начальная скорость, если в момент падения на землю тело имело кинетическую энергию 25 Дж? (20 м/с)

10.5 Вокруг горизонтальной оси O свободно (без трения) вращается легкий рычаг, на концах которого укреплены грузы с равными массами $m_1 = m_2 = 2$ кг. Плечи рычага $l_1 = 1$ м, $l_2 = 2$ м. Предоставленный самому себе рычаг переходит в вертикальное положение. Найдите скорость первого груза в верхней точке и второго в нижней точке. (2 м/с; 4 м/с)

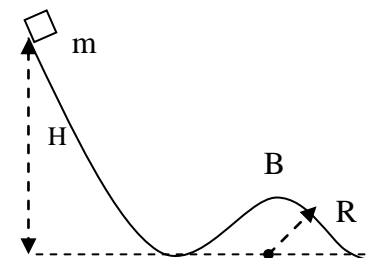


10.6 Шар массой m , подвешенный на нити, отклоняют на угол 90° от вертикали и дают возможность качаться. Определите максимальную силу натяжения нити. ($3mg$)

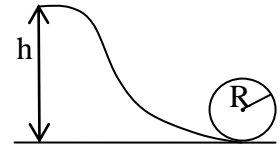
10.7 Математический маятник с длиной нити l и массой груза m находится в положении равновесия. Какую минимальную скорость нужно сообщить грузу в горизонтальном направлении, чтобы он мог подняться на высоту $2l$ над начальным положением. Решить задачу при условии, что вместо нити используется невесомый стержень. ($(5mg)^{1/2}$; $(4mg)^{1/2}$)

10.8 Пуля, летящая со скоростью V , пробивает несколько досок, расположенных на некоторых расстояниях друг от друга. В какой по счету доске пуля застрянет, если ее скорость после прохождения первой доски равна $0,8V$? (3)

10.9 Тело массой $m = 2$ кг соскальзывает с горки высотой $H = 4,5$ м по наклонной плоскости, переходящей у основания плавно в цилиндрическую выпуклую поверхность радиусом $R = 2$ м. Определить силу давления тела на поверхность в верхней точке B , если работа сил трения на всем пути до точки B равна 40 Дж. (10 Н)



10.10 Велосипедист должен проехать по «чертову колесу», радиус которого $R = 8$ м. С какой минимальной высоты h велосипедист должен начать разбег, чтобы не упасть в верхней точке колеса?(20 м)



10.11 Тело пущено вверх по наклонной плоскости, составляющей угол $\alpha = 30^\circ$ с горизонтом. Коэффициент трения между телом и плоскостью равен $\mu = 0,2$ начальная скорость тела $V = 3$ м/с. Определите скорость, с которой тело вернется в исходную точку.(0,7 м/с)

10.12 На какую высоту в гору с уклоном 0,2 ($\sin\alpha = 0,2$) могут въехать сани, если они имели у подножия горы скорость $V = 5$ м/с? Расчеты сделайте для случаев: 1) трения нет; 2) коэффициент трения равен 0,05.(1,25 м; 1,03 м)

10.13 Самолет массой $m = 5$ т при горизонтальном полёте двигался со скоростью $V_1 = 360$ км/ч. Затем он поднялся на высоту $h = 2$ км. При этом скорость уменьшилась до $V_2 = 200$ км/ч. Найдите работу, затраченную на подъем самолета. Сопротивлением воздуха пренебречь.(82,7 МДж)

10.14 Лодка, масса которой 100 кг, увеличила скорость с 2 м/с до 12 м/с на расстоянии 100 м. Определите работу, совершенную мотором лодки, если коэффициент трения равен 0,05.(12 кДж)

10.15 Камень, скользящий по горизонтальной поверхности льда, останавливается, пройдя расстояние 48 м. Определите начальную скорость камня, если известно, что коэффициент трения равен 0,06.(7,5 м/с)

10.16 Тело массой 1,5 кг брошено вертикально вверх со скоростью 6 м/с с высоты 5 м. С какой скоростью оно упадет на землю, если работа сил сопротивления воздуха равна 50 Дж?(8,3 м/с)

10.17 Брусочек скользит с наклонной плоскости длиной 42 см и высотой 7 см, далее по горизонтальной плоскости на расстояние 142 см, после чего останавливается. Определите коэффициент трения, считая его везде одинаковым.(0,04)

10.18 Санки, движущиеся по горизонтальному льду со скоростью $V = 6$ м/с, выезжают на асфальт. Длина полозьев санок $L = 2$ м, коэффициент трения об асфальт $k = 1$, коэффициентом трения о лёд пренебречь. Какой путь пройдут санки до полной остановки?(2,84 м)

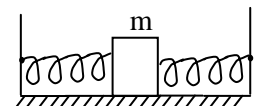
10.19 Молотом весом 5 кг забивают металлический штырь в землю. Скорость молота перед ударом равна 10 м/с. Штырь при этом углубляется на 5 см. Определите среднюю силу сопротивления грунта и продолжительность удара. Массой штыря по сравнению с массой молота пренебречь.(5050 Н; 0,01 с)

10.20 Камень массой 2 кг, падающий с высоты 5 м, проникает в мягкий грунт на глубину 5 см. Определите среднюю силу сопротивления грунта.($1,98 \cdot 10^3$ Н)

10.21 С помощью копра массой 200 кг, падающего с высоты 3,0 м, забивают сваю массой 100 кг. Определите среднюю силу сопротивления грунта, если при одном ударе свая погружается на 2 см. Сопротивлением воздуха пренебречь. Удар абсолютно неупругий.(203 кДж)

10.22 Подъемная часть копра массой 500 кг падает с некоторой высоты на сваю массой 100 кг. Удар абсолютно неупругий. определите КПД копра. Полезной считается работа, затраченная на углубление сваи.(83%)

10.23 Тело массой $m = 0,5$ кг прикреплено к двум пружинам с одинаковым коэффициентом жесткости равным 15 Н/м и совершает



колебания в горизонтальном направлении. Величины двух последовательных отклонений тела от среднего положения влево и вправо равны $S_1 = 10$ см и $S_2 = 7$ см. Определите коэффициент трения тела о плоскость.(0,09)

10.24 Груз массой 2 кг скользит без трения по наклонной плоскости, высота которой 0,5 м и угол наклона 25° , и падает в тележку массой 10 кг, стоящую на горизонтальной площадке. Какую скорость приобретет тележка сразу после падения в неё груза?(0,5 м/с)

10.25 Из орудия массой $5 \cdot 10^3$ кг горизонтально вылетает снаряд массой 100 кг. Кинетическая энергия снаряда при вылете $7,5 \cdot 10^6$ Дж. Какую кинетическую энергию получает орудие вследствие отдачи?($1,5 \cdot 10^5$ Дж)

10.26 Шарик, имеющий массу $m_1 = 10$ г и скорость $V_1 = 10$ м/с, сталкивается с другим, летящем навстречу ему шариком массой $m_2 = 20$ г. После абсолютно упругого удара первый шарик движется в обратном направлении с той же по модулю скоростью. Определите скорость второго шарика после соударения.(5 м/с)

10.27 Тело массой 2 кг ударяется неупруго о неподвижное тело массой 3 кг. Найдите долю потерянной при этом кинетической энергии.(0,6)

10.28 Два тела массами 3 кг и 5 кг движутся с одинаковыми скоростями навстречу друг другу. Какое расстояние пройдут тела после абсолютно неупругого удара до полной остановки, если скорости тел непосредственно перед ударом равны 4 м/с, а коэффициент трения равен 0,1? Найдите потерю механической энергии при ударе.(0,5 м; 60 Дж)

10.29 Вагон массой 20 т, движущийся по горизонтальному пути со скоростью 2 м/с, догоняет вагон массой 40 т, движущийся со скоростью 1 м/с, и сцепляется с ним. Насколько изменится механическая энергия вагонов при сцепке?(6,67 кДж)

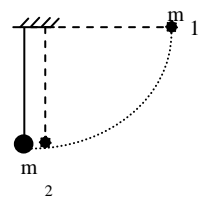
10.30 Человек массой 60 кг, стоящий на льду, ловит мяч массой 0,5 кг, который летит горизонтально со скоростью 20 м/с. На какое расстояние откатится человек с мячом, если коэффициент трения коньков о лед равен 0,05?(2,7 см)

10.31 Пуля массой 10 г, летящая горизонтально со скоростью 600 м/с, попадает в деревянный брус массой 2 кг и застревает в нем. При этом пуля и брус нагреваются. Какая энергия идет на нагревание? Сопротивлением воздуха пренебречь.(1,8 кДж)

10.32 Из воздушного ружья стреляют в спичечную коробку, лежащую на расстоянии $L = 30$ см от края стола. Пуля массой $m = 1$ г, летящая горизонтально со скоростью $v_0 = 150$ м/с, пробивает коробку и вылетает из неё со скоростью $v_0/2$. Масса коробки $M = 50$ г. При каком коэффициенте трения между коробкой и столом коробка упадет со стола?($\mu \leq 0,375$)

10.33 Шар, двигавшийся горизонтально, столкнулся с неподвижным шаром и передал ему 64% своей кинетической энергии. Удар прямой центральный, упругий. Во сколько раз масса второго шара больше массы первого?(в 4 раза)

10.34 Два упругих шарика, массы которых $m_1 = 100$ г и $m_2 = 300$ г, подвешены на одинаковых нитях длиной $l = 50$ см. Первый шарик отклонили от положения равновесия на угол $\alpha = 90^\circ$ и отпустили. На какую высоту h поднимется второй шарик после удара? Удар абсолютно упругий. Сопротивлением воздуха пренебречь.(12,5 см)



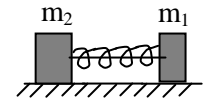
10.35 Два шара - стальной массой m и свинцовый массой $m/4$ - подвешены на нитях в одной точке. Свинцовый шар отклоняют так, что он поднимается на высоту

H, и отпускают. После соударения он поднимается на высоту h. Удар центральный. Определите количество энергии, перешедшей в тепло. $(mg(3H-5h+2(Hh)^{1/2})/16)$

10.36 Пуля, летящая горизонтально, попадает в шар, подвешенный на легком жестком стержне, и застревает в нем. Масса пули в 1000 раз меньше массы шара. Расстояние от точки подвеса стержня до центра шара равно 1 м. Найдите скорость пули, если известно, что стержень с шаром отклонился от удара пули на угол 10° . (548 м/с)

10.37 На горизонтально столе находится брусок массой $M = 0,02$ кг прикрепленный к стене пружиной жесткостью $k = 50$ Н/м. В брусок ударяется горизонтально летящая со скоростью $V = 30$ м/с пуля массой $m = 0,01$ кг и застревает. На сколько сожмется пружина, если трением бруска о поверхность стола пренебречь? (0,245 м)

10.38 Между двумя брусками массами $m_1 = 2$ кг и $m_2 = 4$ кг сжата пружина от $l_0 = 15$ см до $l_2 = 7$ см при помощи нити. Коэффициент жесткости пружины $k = 48$ Н/м. Нить пережигают. С какой скоростью будут двигаться бруски? Трением пренебречь. (0,32 м/с; 0,16 м/с)



10.39 Легкая пружина жесткостью k и длиной h стоит вертикально на столе. С высоты H , относительно стола, на неё падает небольшой шарик массой m . Какую максимальную скорость будет иметь шарик при своем движении вниз? Трением пренебречь. $((2g(H-h)+mg^2/k)^{1/2})$

10.40 Решить задачи 3.1, 3.22 из раздела «Кинематика» и задачи 5.14, 5.16, 5.17, 5.18 из раздела «Динамика» с использованием законов сохранения.

КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

Основные понятия и формулы

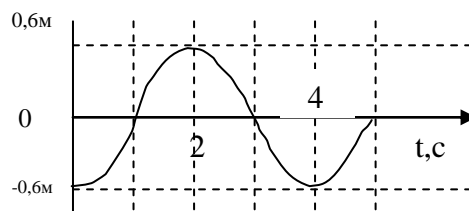
1. Сила, действующая на колеблющееся тело: $F = -kx$, где x – смещение тела от положения равновесия, k – коэффициент пропорциональности.
2. Уравнение гармонических колебаний: $x = A \cdot \sin(\omega t + \varphi_0)$, где A – амплитуда колебаний (максимальное смещение от положения равновесия); $\varphi = (\omega t + \varphi_0)$ – фаза колебаний, φ_0 – начальная фаза, ω – круговая (циклическая) частота колебаний: $\omega = \sqrt{k/m} = 2\pi\nu = 2\pi/T$ (m – масса колеблющегося тела, ν – частота, T – период колебаний).
3. Скорость колеблющегося тела: $V = x'_t = (A\omega) \cdot \cos(\omega t + \varphi_0)$, где $A\omega = V_0$ – максимальная скорость.
4. Ускорение колеблющегося тела: $a = V'_t = -(A\omega^2) \cdot \sin(\omega t + \varphi_0)$, где $A\omega^2 = a_0$ – максимальное ускорение.
5. Кинетическая энергия колеблющегося тела: $W_k = mV^2/2 = mA^2\omega^2/2 \cdot \cos^2(\omega t + \varphi_0)$, где $mA^2\omega^2/2$ – максимальное (амплитудное) значение кинетической энергии.
6. Потенциальная энергия колеблющегося тела: $W_n = kx^2/2 = mA^2\omega^2/2 \cdot \sin^2(\omega t + \varphi_0)$, где $mA^2\omega^2/2$ – максимальное (амплитудное) значение потенциальной энергии.
7. Полная энергия колеблющегося тела: $W = mV^2/2 + kx^2/2 = kA^2/2 = mV_0^2/2$.
8. Период колебаний математического маятника: $T = 2\pi \cdot \sqrt{L/g}$, где L – длина маятника, g – ускорение свободного падения.
9. Период колебаний пружинного маятника: $T = 2\pi \cdot \sqrt{m/k}$, где m – масса маятника, k – коэффициент упругости.
10. Уравнение волны: $x = A \sin(\omega t - \kappa r)$, где $\kappa = 2\pi/\lambda$ – волновое число, λ – длина волны, r – расстояние от источника до данной точки волны.
11. Скорость распространения волны: $V = \lambda/T = \lambda \cdot \nu$.
12. Связь разности фаз колебаний двух точек волны с расстоянием ΔL между ними: $\Delta \varphi = 2\pi \Delta L/\lambda$.

11. Кинематика и динамика гармонических колебаний

11.1 Какова амплитуда гармонических колебаний, если для фазы $\pi/4$ радиан смещение равно 3 см? (4,2 см)

11.2 Материальная точка совершает гармонические колебания по закону $x = 2 \cdot \sin(0,25\pi t + 0,5\pi)$, (м). Определите амплитуду колебаний, начальную фазу, период колебаний, смещение при $t = 0$. (2 м; $0,5\pi$; 8 с; 2 м)

11.3 На рисунке приведен график гармонических колебаний материальной точки. Найдите амплитуду колебаний, их период и частоту, скорость и ускорение колеблющейся точки в моменты времени 2 с и 3 с. Напишите уравнение колебаний точки. (0,6 м; 4 с; $0,25 \text{ с}^{-1}$; 0; $-0,94 \text{ м/с}$; $-1,48 \text{ м/с}^2$; 0; $x = 0,6 \cos(0,5\pi t + \pi)$ (м))



11.4 Колебания происходят по закону $x = 0,5\cos\pi(t + 0,3)$ (м). Определите амплитуду, период, начальную фазу и максимальную скорость. Через сколько времени после начала движения груз будет проходить через положение равновесия? ($A = 0,5$ м; $T = 2$ с; $\varphi_0 = 0,3\pi$, $V_0 = 0,5\pi$ м/с; $t_1 = 0,2$ с; $t_2 = 1,2$ с ...)

11.5 Материальная точка совершает колебания по закону синуса с частотой 0,5 Гц. Напишите уравнение движения этой точки, если оно начинается из положения $x = 40$ см. Амплитуда колебаний равна 0,8 м. ($x = 0,8\sin(\pi t + \pi/6)$, (м))

11.6 Напишите уравнение синусоидальных гармонических колебаний материальной точки, если она совершает 45 полных колебаний за 1 мин 30 с и имеет наибольшее отклонение от положения равновесия 5 см. Начальную фазу колебаний принять равной нулю. ($x = 0,05\sin\pi t$ (м))

11.7 Напишите уравнение гармонических колебаний, совершающихся по закону синуса, если максимальное ускорение точки $49,3$ м/с², период колебаний 2 с, смещение в начальный момент времени равно 25 мм. ($x = 0,05\sin(\pi t + \pi/6)$ (м))

11.8 Определите максимальное a_0 ускорение точки, совершающей гармонические колебания с амплитудой $A = 15$ см, если наибольшая скорость точки $V_0 = 30$ см/с. Напишите уравнение колебаний, приняв начальную фазу, равной нулю. ($0,6$ м/с²; $x = 0,15\sin 2t$ (м))

11.9 Точка совершает гармонические колебания. Период колебаний 2 с, амплитуда 50 мм, начальная фаза равна нулю. Найдите скорость точки в момент времени, когда смещение равно 25 мм. ($0,136$ м/с)

11.10 Материальная точка массой 20 г совершает гармонические колебания с периодом 9 с по закону синуса. Начальная фаза колебаний 10^0 . Через сколько времени движения смещение точки достигнет половины амплитуды? Найдите амплитуду колебаний точки, если ее полная энергия равна 10 мДж. ($0,5$ с; $1,43$ м)

11.11 Через какой минимальный промежуток времени после начала колебаний смещение точки из положения равновесия будет равно половине амплитуды, если период колебаний равен 24 с, начальная фаза равна нулю? Колебания происходят по закону синуса. (2 с)

11.12 Какую часть периода груз маятника находится в пределах $|a|$ см от положения равновесия, если амплитуда его колебаний равна $2|a|$ см. ($T/3$)

11.13 Начальная фаза гармонических колебаний равна нулю. При смещении материальной точки от положения равновесия, равном 2,4 см, скорость точки равна 3 см/с, а при смещении равном 2,8 см, скорость равна 2 см/с. Найдите амплитуду и период колебаний. (3,08 см; 4,05 с)

11.14 В соответствии с графиком колебаний тела, совершающихся по закону $x = A\sin(2\pi t/T)$, нарисуйте (синхронно по времени) графики изменения: а) скорости, б) ускорения, в) силы, г) кинетической энергии, д) потенциальной энергии, е) полной энергии. Массу тела считать известной.

11.15 Уравнение движения материальной точки массой 5 г имеет вид $x = 2\sin\pi t/6$ (см). Определите полную энергию колебаний точки. ($2,8 \cdot 10^{-7}$ Дж)

11.16 Амплитуда гармонических колебаний материальной точки $A = 2$ см, полная энергия колебаний $W = 3 \cdot 10^{-7}$ Дж. При каком смещении от положения равновесия на колеблющуюся точку действует сила $F = 2,25 \cdot 10^{-5}$ Н? Какова фаза колебаний в этот момент? ($1,5 \cdot 10^{-2}$ м; 0,84 рад)

11.17 Чему равно отношение кинетической энергии точки, совершающей гармонические колебания, к ее потенциальной энергии для момента времени $t = T/3$ с? Колебания совершаются по синусоидальному закону с нулевой начальной фазой. (0,33)

12. Маятники

12.1 Какова длина математического маятника, совершающего колебания по закону $X = 0,02\cos(2t+0,8)$ (м)? (2,5 м)

12.2 Как относятся длины математических маятников, если за одинаковое время один из них совершает 30, а второй – 90 колебаний? (9)

12.3 Два математических маятника, длины которых отличаются на 22 см, совершают в одном и том же месте за некоторое время один – 30 колебаний, а другой – 36 колебаний. Найдите длины маятников. (72 см; 50 см)

12.4 Определите ускорение свободного падения на поверхности Юпитера, если математический маятник с длиной нити 66 см колеблется там с периодом, равным 1 с. (26 м/с²)

12.5 Длина математического маятника с периодом 2 с равна на экваторе 99,094 см, а на полюсе – 99,620 см. Во сколько раз отличается ускорение свободного падения на полюсе от ускорения свободного падения на экваторе? (1,005)

12.6 Период колебаний математического маятника 10 с. Длина этого маятника равна сумме длин двух других математических маятников, один из которых имеет частоту 1/6 Гц. Чему равен период колебаний второго из этих маятников? (8 с)

12.7 Амплитуда колебаний математического маятника 5 см, максимальная скорость 15 см/с. Найдите длину маятника. (111 см)

12.8 Определите ускорение свободного падения на Луне, если маятниковые часы идут на ее поверхности в 2,46 раза медленнее, чем на Земле. (1,65 м/с²)

12.9 Определите на сколько отстанут маятниковые часы за сутки, если их поднять на высоту 5 км над поверхностью Земли. (68 с)

12.10 С каким ускорением движется вверх ракета, если маятник в ней колеблется с периодом 1,2 с? В покоящейся ракете период колебаний маятника 2 с. Изменением g с высотой пренебречь. (17,8 м/с²)

12.11 Груз массой 10 кг, подвешенный к пружине, совершает 50 колебаний в минуту. Определите коэффициент упругости пружины. (274 Н/м)

12.12 Как изменится период вертикальных колебаний, если вместо медного шарика, подвешенного к пружине, подвесить алюминиевый того же радиуса? (1,8)

12.13 Груз, подвешенный к пружине, вызвал удлинение ее на 4 см. Найдите период колебаний груза. (0,4 с)

12.14 К пружине подвешен груз. Зная, что максимальная кинетическая энергия колебаний груза равна 1 Дж, найдите период колебаний, если амплитуда колебаний 5 см, а масса груза 8 кг. (0,628 с)

12.15 Тело прикреплено к пружине, жесткость которой 400 Н/м. Какова будет амплитуда колебаний тела, если его отклонить от положения равновесия на 5 см и сообщить скорость 2 м/с. Масса тела 0,5 кг. Колебания считать гармоническими. (8,7 см)

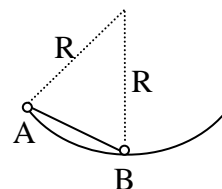
12.16 Пружинный маятник вывели из положения равновесия и отпустили. Через какое время (в долях периода) кинетическая энергия колеблющегося маятника будет равна его потенциальной энергии? ($T/8$)

12.17 Груз массой $m = 400$ г, подвешенный к пружине жесткостью $k = 40$ Н/м, совершает гармонические колебания по закону синуса. В начальный момент времени груз находится на расстоянии $x = 5$ см от положения равновесия и обладает энергией $W = 0,2$ Дж. Написать уравнения гармонических колебаний груза и закон изменения возвращающей силы от времени. Найти наибольшее значение возвращающей силы и ее значение через $t = T/12$. ($x = 0,1 \sin(10t + \pi/6)$; $F = -4 \sin(10t + \pi/6)$; 4 Н; 3,46 Н)

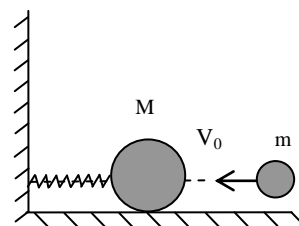
12.18 Чашка пружинных весов массой m_1 совершает вертикальные гармонические колебания с амплитудой A . Когда чашка находилась в крайнем нижнем положении, на нее положили груз массой m_2 . В результате колебания прекратились. Определите первоначальный период колебания чашки. ($2\pi(m_1 A / m_2 g)^{1/2}$)

12.19 Как изменится период вертикальных колебаний груза, висающего на двух одинаковых пружинах, если от последовательного соединения пружин перейти к параллельному их соединению? (уменьшится в 2 раза)

12.20 Тело из состояния покоя может скользить без трения из точки A в точку B либо по наклонной плоскости, либо по сферической поверхности радиусом R . В каком случае время скольжения будет больше. Принять, что $AB \ll R$. ($t_1 > t_2$)

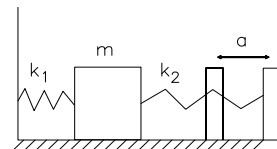


12.21 На гладком горизонтальном столе лежит шар массой $M = 20$ кг, прикрепленный к пружине с коэффициентом упругости $k = 5$ Н/м. В шар попадает пуля массой $m = 10$ г, летящая со скоростью $V_0 = 200$ м/с, направленной вдоль оси пружины. Определите амплитуду A и период колебаний T шара, считая удар абсолютно неупругим и пренебрегая массой пружины. ($A = 0,2$ м, $T = 12,56$ с)

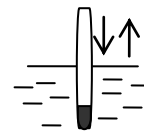


12.22 Со стальным шариком массой 100 г, подвешенным на нити длиной 109 см, упруго соударяется шарик, такой же массы, летящий горизонтально со скоростью $6 \cdot 10^{-2}$ м/с. После удара первый шарик совершает гармонические колебания. Напишите уравнение этих колебаний, если они совершаются по закону косинуса. ($x = 2 \cos(3t + \pi/2)$ см)

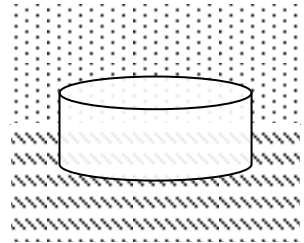
12.23 Груз массой $m = 0,25$ кг прикреплен к двум невесомым пружинам с жесткостями $k_1 = 150$ Н/м и $k_2 = 250$ Н/м. Первоначально пружины находятся в ненапряженном состоянии. Затем в некоторый момент времени правый конец пружины с жесткостью k_2 очень быстро сдвигают влево на $a = 0,04$ м и удерживают его в этом положении. Определите скорость, с которой груз проходит положение равновесия и максимальные отклонения от положения равновесия. (1 м/с; 2,5 см)



12.24 Вычислите период малых колебаний ареометра, которому сообщили небольшой толчок в вертикальном направлении. Масса ареометра $m = 50$ г, радиус его трубки $r = 3,2$ мм, плотность жидкости $\rho = 1,00$ г/см³. Сопротивление жидкости считать пренебрежимо малым. (2,5 с)



12.25 Однородный цилиндр массой 0,2 кг с площадью поперечного сечения 10^{-2} м^2 плавает на границе несмешивающихся жидкостей различной плотностью. Плотность верхней жидкости 800 кг/м^3 . Найдите плотность нижней жидкости, если период малых колебаний цилиндра равен $\pi/5$ секунд. (1000 кг/м^3)



13. Волны

13.1 Плоская волна представлена уравнением $X = 0,05 \cos(6\pi t - \pi r)$ см. Найти амплитуду, период, частоту, скорость распространения волны, а также разность фаз двух точек волны, отстоящих друг от друга на расстоянии 1,25 м. (0,05 см; $1/3$ с; 3 Гц; 6 м/с; 3,9 рад)

13.2 Волна с амплитудой колебаний $A = 2$ см и периодом $T = 1,2$ с распространяется со скоростью $V = 15$ м/с. Чему равно смещение x точки, находящейся на расстоянии $L = 45$ м от источника волн, в тот момент, когда от начала колебаний источника прошло время $t = 4$ с? (-1,73 см)

13.3 От источника колебаний распространяется волна вдоль прямой линии. Амплитуда колебаний $A = 10$ см. Как велико смещение точки, удаленной от источника на $L = 3/4\lambda$, в момент, когда от начала колебаний прошло время $t = 0,9T$? (8 см)

13.4 Две точки находятся на расстоянии $\Delta L = 50$ см друг от друга на прямой, вдоль которой распространяется волна со скоростью $V = 20$ м/с. Период колебаний $T = 0,05$ с. Найдите разность фаз $\Delta\phi$ колебаний в этих точках. (π)

13.5 Определите разность фаз $\Delta\phi$ колебаний источника волн и точки, отстоящей на $L = 2$ м от источника. Частота колебаний $\nu = 5$ Гц. Волны распространяются со скоростью $V = 40$ м/с. ($\pi/2$)

13.6 Рыболов заметил, что за 10 с поплавков совершил на волнах 20 колебаний, а расстояние между соседними горбами волны 1,2 м. Какова скорость распространения волн? (2,4 м/с)

13.7 Две колеблющиеся точки находятся на одном луче и удалены от источника колебаний на 6 и 8,7 м. Разность фаз этих колебаний равна $3\pi/4$, период колебаний источника 10^{-2} с. Определите длину волны и скорость распространения колебаний в данной среде. (7,2 м; 720 м/с)

13.8 Какую разность фаз будут иметь колебания двух точек, отстоящих от источника колебаний на 10 и 16 м? Период колебаний равен 0,04 с, скорость их распространения 300 м/с. (π)

13.9 Найдите смещение от положения равновесия точки, отстоящей от источника колебаний на расстоянии $\lambda/12$ для момента времени $T/6$. Амплитуда колебаний равна 5 см. (2,5 см)

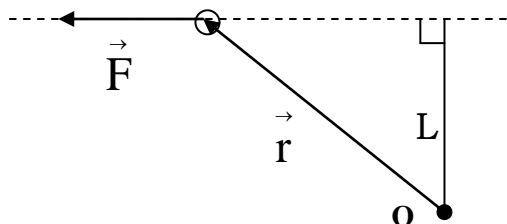
13.10 Смещение точки, находящейся на расстоянии 4 см от источника колебаний, в момент времени $t = T/6$ равно половине амплитуды. Найдите длину волны. (48 см)

13.11 Звуковые колебания, имеющие частоту $\nu = 0,5$ кГц и амплитуду 0,25 мм, распространяются в упругой среде. Длина волны 70 см. Найдите: 1) скорость распространения волны; 2) максимальную скорость колебаний частиц среды. (350 м/с; 0,79 м/с)

14 Статика

Основные понятия и формулы

1. Момент силы: $M = F \cdot L$ [Н·м], где F – сила, действующая на тело, L – плечо силы (кратчайшее расстояние от оси вращения O до линии действия силы).
2. Условие равновесия тела, для которого возможно только поступательное движение:



$$\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = 0,$$

$$i=1$$

где F_i – одна из сил, действующих на тело, n – число действующих сил. Данное условие выполняется в проекциях на любую координатную ось.

3. Условие равновесия тела, для которого возможно только вращательное движение вокруг какой-либо оси:

$$\sum_{i=1}^n M_i = 0$$

где M_i – момент одной из действующих на тело сил.

4. Условие равновесия тела, для которого возможно и поступательное и вращательное движение включает :

$$\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = 0$$

$$\sum_{i=1}^n M_i = 0$$

14.1 Найти моменты сил, представленных векторами A , D , B , G (см рис.Б), относительно точки O . Считать, что одна клетка равна 1 м, а модуль вектора D равен 9 Н. (60 Н·м; 36 Н·м; 0; 9 Н·м)

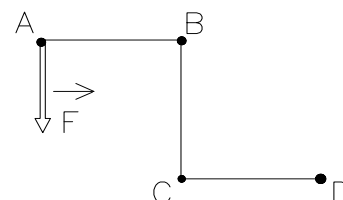
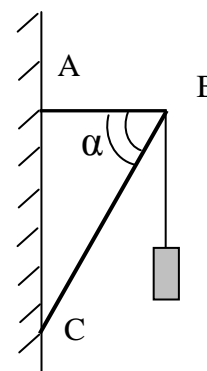
14.2 Рычаг изогнут так, что стороны его равны между собой и образуют друг с другом прямые углы. Ось рычага в точке B . Перпендикулярно плечу рычага AB в точке A приложена сила F . Определить минимальное значение силы, которую нужно приложить в точке D , чтобы рычаг находился в равновесии.

Весом рычага пренебречь. ($F/\sqrt{2}$)

14.3 Проволока, на которой висит груз массой 16 кг, отведена в новое положение силой 120 Н, действующей в горизонтальном направлении. Определите силу натяжения проволоки. (200 Н)

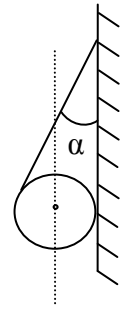
14.4 Груз весом 600 Н подвешен на кронштейне ABC . Угол $\alpha = 60^\circ$. Определите усилие, сжимающее подкос BC и растягивающее стержень AB . (692,8 Н и 346,4 Н)

14.5 Фонарь массой $m = 20$ кг подвешен над улицей на двух одинаковых тросах, угол между которыми $\alpha = 120^\circ$. Найдите натяжение тросов. (200 Н)



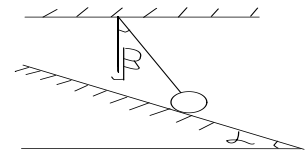
14.6 Железный лом массой 10 кг лежит на земле. Какое усилие надо применить, чтобы оторвать лом от земли за один из его концов?(50 Н)

14.7 Однородный шар весом $P = 19,6$ Н прикреплен к вертикальной стенке с по-мощью нити, как показано на рисунке. С какой силой шар давит на стенку, если нить образует с ней угол $\alpha = 30^\circ$? (5,25 Н)



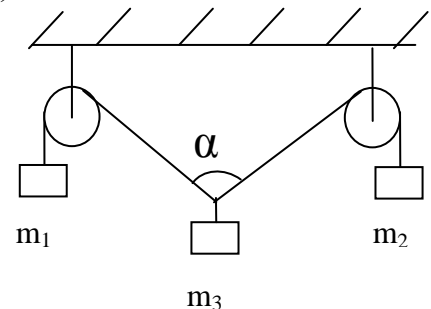
14.8 С какой минимальной силой F , направленной горизонтально, нужно прижать плоский брусок к стене, чтобы он не соскользнул вниз? Масса бруска $m = 5$ кг. Коэффициент трения между стенкой и бруском $\mu = 0,1$.(500 Н)

14.9 Определить силу натяжения нити T и силу давления N шарика массой m на наклонную плоскость. Угол наклона плоскости α , угол между нитью и вертикалью β . Трением между шариком и плоскостью пренебречь. ($N=mg \cdot \sin(\beta)/\sin(\alpha+\beta)$; $T=mg \cdot \sin(\alpha)/\sin(\alpha+\beta)$)



14.10 Чтобы вытянуть автомашину, застрявшую на плохой дороге, шофер привязал один конец каната к бамперу, а другой – к дереву, стоявшему впереди на расстоянии $L = 12$ м от автомобиля. Налегая на середину каната в перпендикулярном к нему направлении с силой $F = 400$ Н, шофер продвинулся на расстояние $S = 0,6$ м. Какая сила действовала на автомашину в последний момент? Канат считать нерастяжимым.(2000 Н)

14.11 К концам нити, перекинутой через два блока, подвешены грузы массами $m_1 = 60$ г и $m_2 = 80$ г. Когда к нити подвесили третий груз, тогда угол, образованный нитями, стал $\alpha = 90^\circ$. Определите массу m_3 .(0,1 кг)



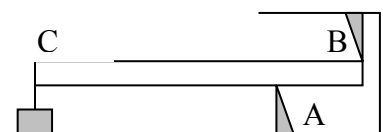
14.12 Деревянный брусок лежит на наклонной плоскости. С какой минимальной силой нужно прижать брусок к наклонной плоскости в перпендикулярном к ней направлении, чтобы он оставался на ней в покое? Масса бруска 2 кг, длина наклонной плоскости 1 м, высота 60 см. Коэффициент трения бруска о плоскость 0,4.(14 Н)

14.13 Груз взвешивают на неравноплечных рычажных весах, положив его первый раз на левую, второй - на правую чашку. Первый раз потребовалась гиря весом $P_1 = 40$ Н, второй – $P_2 = 90$ Н. Найти вес груза.(60 Н)

14.14 Продавец, имеющий неравноплечные весы, предложил отвесить половину товара на одной чашке, а другую половину – на другой. Выиграет или проиграет покупатель, согласившись с продавцом?(выиграет)

14.15 На доске длиной 5 м и весом 200 Н качаются два мальчика весом 300 Н и 400 Н. Где должна быть у доски опора, если мальчики стоят на концах доски?(0,28 м от середины доски)

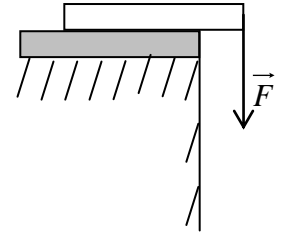
14.16 Балка массой 150 кг заделана в стенку и опирается в точках А и В, а на другом конце в точке С висит груз весом 1500 Н. Считая, что вся нагрузка воспринимается опорами А и В, определите силы давления в опорах, если $CA = 1,5$ м, $AB = 0,5$ м.(9000 Н; 6000 Н)



14.17 Два человека несут балку длиной $\ell = 5$ м, причем один поддерживает ее на расстоянии $\ell_1 = 50$ см от конца, а другой на расстоянии $\ell_2 = 1$ м от конца. Определите во сколько раз (n) нагрузка на второго человека превышает нагрузку на первого. ($n = 1,3$)

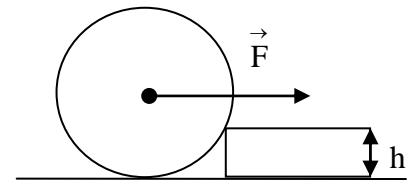
14.18 Четырехметровый рельс весом 650 Н лежит на двух опорах, отстоящих на 0,5 и 1 м от его концов. Каково будет давление на опоры, если на более длинный конец сядет человек весом 600 Н? ($F_1 = 1230$ Н, $F_2 = 20$ Н)

14.19 Однородная балка лежит на платформе так, что одна четверть ее длины свешивается с платформы. Определите массу балки, если при действии на край балки силы $F = 3 \cdot 10^3$ Н другой конец начинает подниматься. (300 кг)



14.20 Однородный стержень с прикрепленным на одном из его концов грузом $m = 1,2$ кг находится в равновесии в горизонтальном положении, если его подпереть на расстоянии $1/5$ длины стержня от груза. Чему равна масса стержня M ? (0,8 кг)

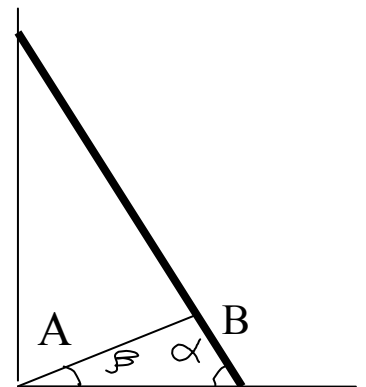
14.21 Тяжелый цилиндрический каток необходимо поднять на ступеньку высотой h . Определите наименьшую горизонтальную силу F , которую для этого нужно приложить к центру катка. Вес катка равен P , а радиус R .



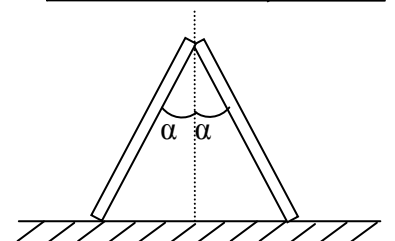
($R > h$). ($F = P \sqrt{h(2R-h)} / (R-h)$)

14.22 Однородная балка массой M и длиной L подвешена за концы на двух пружинах. Обе пружины в ненагруженном состоянии имеют одинаковую длину, но жесткость левой пружины в n раз больше жесткости правой. На каком расстоянии x от левого конца балки надо подвесить груз массой m , чтобы она приняла горизонтальное положение? ($L(2m+M-nM)/(2m(n+1))$)

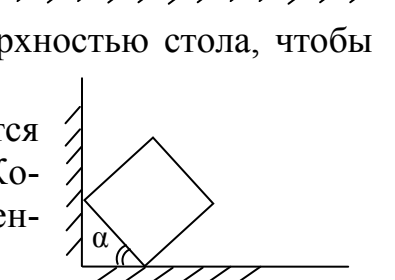
14.23 Лестница длиной 4 м приставлена к идеально гладкой стенке под углом 60° к горизонту. Коэффициент трения между лестницей и полом равен 0,33. На какое расстояние вдоль лестницы может подняться человек, прежде чем лестница начнет скользить? Массой лестницы пренебречь. (2,25 м)



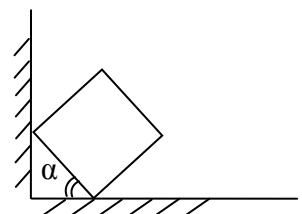
14.24 Однородная палочка массой $m = 2$ кг упирается одним концом в вертикальную стенку, другим – на горизонтальный пол и удерживается в этом положении нитью AB (см. рис.). Чему равно натяжение нити, если $\alpha = 60^\circ$, $\beta = 15^\circ$, трения нет. (7,1 Н)



14.25 Две одинаковые тонкие дощечки с гладкими закругленными краями поставлены на стол так, что опираются друг на друга. Угол между вертикальной плоскостью и каждой дощечкой равен α . Каким должен быть коэффициент трения μ между нижними краями дощечек и поверхностью стола, чтобы дощечки не упали? ($\mu = \text{tg} \alpha / 2$)

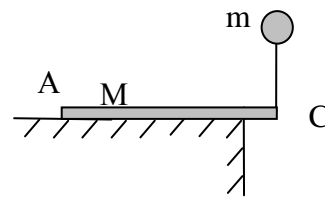


14.26 Однородный ящик, имеющий форму куба, опирается одним ребром на пол, другим – на вертикальную стенку. Коэффициент трения между полом и ящиком, ящиком и стен-



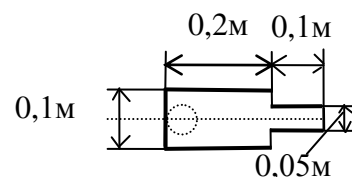
кой равен μ . При каком значении α возможно равновесие ящика? ($\operatorname{tg}\alpha = (1 - \mu)/(1 + \mu)$)

14.27 Однородная доска AC с массой $M = 10$ кг лежит на краю стола так, что треть ее выступает за край стола. В точке C к доске прикреплен легкий стержень с телом массой m на другом его конце. Стержень может свободно вращаться во-круг точки C. В начальный момент времени стержень установили вертикально, как показано на рисунке, затее его отпустили. При какой массе тела m в результате его движения конец доски A оторвется от стола?(1 кг)



14.28 Два шара массами 3 и 5 кг скреплены стержнем, масса которого 2 кг. Определите положение общего центра масс, если радиус первого шара 5 см, второго – 7 см, длина стержня 30 см.(5 см от центра стержня к большому шару)

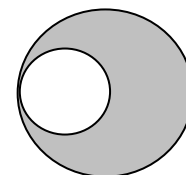
14.29 Геометрически однородный стержень состоит на протяжении 50 см из железа, на протяжении 30 см из меди и на протяжении 40 см из алюминия. Найдите положение центра масс стержня.(49,55 см от железного края)



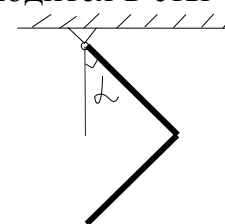
14.30 Найдите центр масс **однородной** пластины, размеры которой указаны на рисунке.(3 см вправо от центра большей пластины)

14.31 В однородной пластине, описанной в задаче **14.30**, сделано круглое отверстие радиусом $r = 3$ см, положение которого показано на рисунке пунктиром. Вычислите положение центра тяжести такой пластины.(4,3 см справа от центра большей пластины)

14.32 Однородная пластина имеет форму круга радиуса R , из которого вырезан круг вдвое меньшего радиуса, касающийся первого круга. Определите положение центра масс пластинки.($x = R/6$)



14.33 Составной стержень представляет собой два соосных цилиндра, прижатых друг к другу торцами. Центр масс этого стержня находится в стыковом сечении. Цилиндры изготовлены из однородного материала, но площадь сечения одного в 3 раза больше, чем у другого. Определите отношение масс цилиндров.($\sqrt{3}$)



14.34 Железный прут массой M изогнут пополам так, что его части образуют прямой угол. Найти угол, который образует с вертикалью верхний стержень в положении равновесия.($\operatorname{tg}\alpha = 1/3$)

15 Гидростатика

Основные понятия и формулы

1. Закон Паскаля: давление в жидкости, обусловленное действием внешних сил, передается жидкостью одинаково по всем направлениям.
2. Давление: $P = F/S$ [Н/м^2] = [Па], где F – сила, действующая в перпендикулярно площади S .
3. Плотность вещества: $\rho = m/V$ [кг/м^3], где m – масса тела, V – объем тела.
4. Давление столба жидкости (гидростатическое давление) $p = \rho \cdot g \cdot h$, где ρ – плотность жидкости, h – высота столба жидкости.
5. Сила Архимеда $F_A = \rho \cdot V \cdot g$, где ρ – плотность жидкости (газа), V – объем вытесненной телом жидкости (газа) или объем погруженной части тела.

15.1 Атмосферное давление равно 10^5 Па. Каково давление в воде на глубине 10 м? (200 кПа)

15.2 Из отверстия в крышке цилиндрического бака для воды выходит вертикальная трубка длиной 5 м. Высота бака 0,6 м. Бак и трубка заполнены водой. Во сколько раз давление на дно бака больше нормального атмосферного давления? (в 1,56 раза)

15.3 У основания здания давление в водопроводе равно 50 Н/см^2 . Под каким давлением вода вытекает из крана на 4-ом этаже здания на высоте 15 м от основания? С какой силой вода давит на отверстие крана площадью $0,6 \text{ см}^2$? (350 кПа; 21 Н)

15.4 Канал, шириной 10 м и глубиной 5 м наполнен водой и перегороден платиной. С какой силой вода давит на плотину? Одинаковое ли давление вода производит на верхнюю и нижнюю часть плотины? ($1,25 \cdot 10^6$ Н)

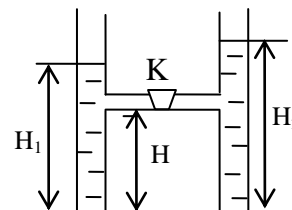
15.5 В вертикальную трубку с площадью поперечного сечения 2 см^2 налиты одинаковые объемы (по 10 см^3) воды, масла и керосина. Найдите давление жидкостей на дно трубки. (1,35 кПа)

15.6 В цилиндрический сосуд налиты равные массы ртути и воды. Общая высота двух слоев жидкостей 29,2 см. Определите давление жидкостей на дно сосуда. ($5,4 \cdot 10^3$ Па)

15.7 В две сообщающиеся трубки разного сечения налили сначала ртуть, а потом в широкую трубку сечением $S = 8 \text{ см}^2$ налили воду массой $m = 272$ г. На сколько уровень ртути в узком колене выше, чем в широком? (2,5 см)

15.8 В сообщающиеся сосуды налили ртуть, а поверх нее в один сосуд налили столб масла высотой $h_1 = 48$ см, а в другой столб керосина высотой $h_2 = 20$ см. Определите разность уровней ртути в обоих сосудах. (2 см)

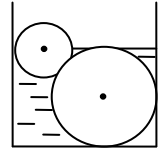
15.9 Два одинаковых, открытых сверху цилиндрических сосуда одинакового поперечного сечения соединены на высоте $H = 0,8$ м тонкой трубкой, перекрытой краном. Первый сосуд заполнен жидкостью с плотностью ρ_1 до высоты $H_1 = 1$ м, второй – жидкостью с плотностью $\rho_2 < \rho_1$ до высоты $H_2 = 1,25$ м. Давление на дно в обоих сосудах



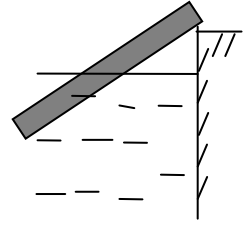
- одинаково. Найдите изменение уровней жидкостей в сосудах после открытия крана. (0,1 м)
- 15.10** В двух цилиндрических сообщающихся сосудах, имеющих поперечное сечение $S = 24 \text{ см}^2$, находится вода. В один из сосудов поверх воды наливают керосин, высота которого $h = 40 \text{ см}$, а в другой опускают плавать тело массой $m = 0,48 \text{ кг}$. Как будут располагаться уровни воды относительно друг друга в обоих сосудах? (разность уровней будет равна 12 см)
- 15.11** Алюминиевый и железный шары одинаковой массы уравновешены на рычаге. Нарушится ли равновесие, если шары поместить в воду? (перевесит железный шар)
- 15.12** Как изменится натяжение троса при поднятии из воды железобетонной плиты объемом $2,4 \text{ м}^3$? (на 24 кН)
- 15.13** Кусок дерева плавает в воде, погружаясь на $\frac{3}{4}$ своего объема. Какова плотность дерева? (750 кг/м^3)
- 15.14** Определите плотность однородного тела, если его вес в воздухе 900 Н, а в воде 800 Н. ($9 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$)
- 15.15** Определите наименьшую площадь плоской льдины толщиной $h = 40 \text{ см}$, способной удержать на воде человека массой $m = 75 \text{ кг}$. ($1,875 \text{ м}^2$)
- 15.16** Надводная часть айсберга имеет объем 500 м^3 . Определите объем айсберга и его массу. (5000 м^3 ; $4,5 \cdot 10^6 \text{ кг}$)
- 15.17** Полый цинковый ($\rho_{\text{Zn}} = 7000 \text{ кг/м}^3$) шар, наружный объем которого 200 см^3 , плавает в воде так, что половина его погружена в воду. Найдите объем полости шара. (186 см^3)
- 15.18** Однородное тело объемом V плавает на поверхности керосина так, что объем погруженной части составляет $0,92V$. Определите объем погруженной части тела, если оно будет плавать на поверхности воды. ($0,74V$)
- 15.19** На границе раздела двух несмешивающихся жидкостей с плотностями ρ_1 и ρ_2 плавает шар так, что отношение погруженных в жидкость частей шара равно $V_1/V_2 = n$. Найдите плотность вещества, из которого сделан шар. ($\rho = (\rho_1 n + \rho_2)/(n+1)$)
- 15.20** Стальной кубик плавает в ртути. Поверх ртути наливается вода так, что она покрывает кубик. Какова высота h слоя воды? Длина ребра кубика $a = 10 \text{ см}$. Определите давление на нижнюю грань кубика. ($4,6 \text{ см}$; $7,6 \text{ кПа}$)
- 15.21** Во время ремонта дно лодки плоскодонки оклеили слоем пластика толщиной $d = 3 \text{ см}$. После этого высота надводной части лодки уменьшилась на $h = 1,8 \text{ см}$. Определите плотность пластика. ($1,6 \text{ г/см}^3$)
- 15.22** Стекланный шарик падает в воде с ускорением $a = 5,9 \text{ м/с}^2$. Найдите плотность стекла. Сопротивление воды не учитывать. ($2,45 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$)
- 15.23** Стальную отливку массой m поднимают из воды при помощи троса, жесткость которого равна k , с ускорением a . Плотности стали ρ_1 , воды ρ_2 . Найдите удлинение троса x . Сопротивлением воды пренебречь. ($x = m(\rho_1 g + \rho_2 a - \rho_2 g)/k\rho_1$)
- 15.24** На какую глубину нужно погрузить в воду тонкостенный стакан, перевернутый вверх дном, чтобы он утонул? Масса стакана $m = 100 \text{ г}$, его объем 200 мл , атмосферное давление 10^5 Па . (10 м)
- 15.25** Слиток из золота и серебра взвешивают в воздухе и в воде. показания динамометра соответственно равны $2,943 \text{ Н}$ и $2,704 \text{ Н}$. Определите массу золота и се-

ребра в слитке. Плотность золота равна $19,3 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, плотность серебра равна $10,5 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$. (0,096 кг; 0,204 кг)

15.26 Два шара лежат в сосуде, как показано на рисунке. Радиус нижне-го шара в два раза больше, чем верхнего. Если в сосуд налить воду до середины верхнего шара, то нижний перестанет давить на дно. Найдите плотность материала, из которого сделаны шары. (944 кг/м^3)



15.27 Тонкая палка длиной $L = 2 \text{ м}$, плотность вещества которой составляет 0,64 от плотности воды, лежит без движения так, что один конец ее опирается о берег высотой $H = 0,6 \text{ м}$, а другой конец опущен в воду. Найдите коэффициент трения между палкой и бе-регом. ($\mu = \text{tg}30^\circ$)



МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА

Молекулярно – кинетическая теория

Основные понятия и формулы

1. Молярная масса μ (масса одного моля): масса данного вещества в граммах, численно равная атомной (молекулярной) массе в атомных единицах массы.
2. Число Авогадро N_A : количество молекул (атомов) в одном моле любого вещества.
3. Масса одной молекулы: $m_0 = \mu / N_A$.
4. Средняя квадратичная скорость молекул: $V = \sqrt{3RT/\mu} = \sqrt{3kT/m_0}$, где k – постоянная Больцмана, R – универсальная газовая постоянная, T – температура.
5. Средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул газа: $E = 3/2 \cdot k \cdot T$.
6. Количество молей вещества массой m : $\nu = m/\mu = N/N_A$, где N – количество молекул в массе m .
7. Идеальный газ: газ, для которого одновременно выполняются следующие условия: 1) размеры молекул бесконечно малы, 2) энергией взаимодействия молекул можно пренебречь.
8. Основное уравнение МКТ для идеального газа: $p = 1/3 n \cdot m_0 \cdot V^2$;
 $p = 2/3 n \cdot E$ $p = n \cdot k \cdot T$, где n – концентрация молекул, p – давление газа.
9. Уравнение состояния (Менделеева – Клапейрона) для идеального газа $pV = \nu \cdot R \cdot T$, где V – объем газа, ν – количество молей.
10. Закон Дальтона: давление смеси идеальных газов равно сумме парциальных давлений p_i : $p = \sum_i p_i = \sum_i \nu_i RT/V$
11. Изопроцессы и законы для них: - Изотермический ($T = \text{const}$) $pV = \text{const}$;
- изохорный ($V = \text{const}$) $p/T = \text{const}$; - изобарный ($p = \text{const}$) $V/T = \text{const}$.

16. Характеристики молекул. Основное уравнение МКТ

- 16.1** Вычислите массу одной молекулы азота и гелия. ($4,65 \cdot 10^{-26}$ кг; $6,68 \cdot 10^{-27}$ кг)
- 16.2** Сколько молекул содержится в 1 г водорода, кислорода, воды, алюминия? ($30 \cdot 10^{22}$; $1,9 \cdot 10^{22}$; $3,3 \cdot 10^{22}$; $2,2 \cdot 10^{22}$)
- 16.3** Смогут ли поместиться в $1 \text{ см}^3 \cdot 10^{20}$ молекул воды? (да.)
- 16.4** Во сколько раз длина цепочки молекул одного миллилитра воды, расположенных вплотную друг к другу, больше расстояния от Земли до Солнца (150 млн. км). Диаметр молекулы воды $3 \cdot 10^{-10}$ м. (≈ 67)
- 16.5** Вычислите скорости молекул водорода, гелия, неона, кислорода и углекислого газа при одной и той же температуре, равной 27°C . (1940; 1370; 610; 480; 410 (м/с))
- 16.6** Какую температуру должен иметь гелий, чтобы его молекулы имели бы такую же скорость, что и молекулы водорода при 17°C ? (307°C)
- 16.7** При какой температуре средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул водорода и кислорода равна $2,07 \cdot 10^{-20}$ Дж? (1 кК)

16.8 Если средняя скорость молекул гелия равна 2 км/с, то какую температуру имеет газ и какова средняя кинетическая энергия его молекул?(642 К; $1,3 \cdot 10^{-20}$ Дж)

16.9 На стенку сосуда в перпендикулярном направлении падают молекулы кислорода, имеющие температуру 8 °С. Вычислите: 1) импульс, переданный стенку одной молекулой в результате упругого соударения, 2) силу давления молекул на стенку, если известно, что в течение 1 мкс на стенку падает $2 \cdot 10^{17}$ штук молекул. ($5 \cdot 10^{-23}$ кг·м/с; 10 Н)

16.10 Определите среднюю квадратичную скорость и кинетическую энергию поступательного движения при нормальных условиях для молекул азота (N₂), гелия (He), углекислого газа (CO₂). (493 м/с; 1304 м/с; 392 м/с; $5,65 \cdot 10^{-21}$ Дж)

16.11 Современная техника позволяет создать очень высокий вакуум, достигающий 10^{-12} атм. Сколько молекул газа остается при этом вакууме в баллоне емкостью 4 л при 17 °С? Чему при этом равно среднее расстояние между молекулами? ($N = 10^{11}$; 34 мкм)

16.12 Сколько молекул азота находятся в сосуде емкостью 1 л, если их средняя квадратичная скорость равна 500 м/с, а давление на стенки сосуда $p = 1$ кПа? Каково среднее расстояние между молекулами при этих условиях? ($2,6 \cdot 10^{20}$; $1,6 \cdot 10^{-8}$ м)

16.13 Считая водород идеальным газом, вычислите его давление на стенки сосуда при концентрации молекул 10^{25} м⁻³ и средней квадратичной скорости молекул 700 м/с. (5,4 кПа)

16.14 Вычислите среднюю квадратичную скорость молекул и плотность гелия при нормальных условиях. ($1,3 \cdot 10^3$ м/с; 0,16 кг/м³)

16.15 Средняя кинетическая энергия поступательного движения молекулы газа равна $5 \cdot 10^{-23}$ Дж, число молекул в 1 см³ составляет $3 \cdot 10^{19}$. Определите давление газа. (1 кПа)

16.16 Считая воздух идеальным газом, вычислите концентрацию молекул в нем при нормальных условиях. ($2,65 \cdot 10^{25}$ м⁻³)

16.17 Найдите среднюю квадратичную скорость молекул газа, имеющего плотность 1,8 кг/м³ при давлении $1,5 \cdot 10^5$ Па. ($5 \cdot 10^2$ м/с)

16.18 При нагревании азота на 10 градусов энергия поступательного движения всех молекул увеличилась на 1 Дж. Какова масса азота? (0,23 г)

16.19 Сколько молей и сколько молекул газа находится в колбе емкостью 240 см³ при температуре 20 °С и давлении 380 мм. рт. ст.? Какова средняя энергия поступательного движения молекулы? ($5 \cdot 10^{-3}$ моль; $3 \cdot 10^{21}$; $6,07 \cdot 10^{-21}$ Дж)

16.20 Энергия поступательного движения, которой обладают все молекулы газа, находящегося в объеме 0,02 м³ при 17 °С, составляет 0,06 Дж. Найдите концентрацию молекул этого газа и его давление. (2 Па; $5 \cdot 10^{20}$ м⁻³)

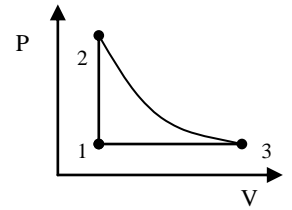
17. Газовые процессы. Уравнение Менделеева – Клапейрона

17.1 Определите массу кислорода, занимающего при $t = 27$ °С и нормальном атмосферном давлении объем 600 л. (0,78 кг)

17.2 В шаровом сосуде радиусом 0,2 м помещено 40 г азота. До какой температуры можно нагреть сосуд, если его стенки выдерживают давление $3,5 \cdot 10^5$ Па (987,5 К)

17.3 Найти формулу некоторого соединения углерода с кислородом, если известно, что это вещество массой $m = 1$ г в газообразном состоянии создает в объеме $V = 1$ литр при температуре $t = 27^\circ\text{C}$ давление $P = 57$ кПа. (CO_2)

17.4 Один моль азота совершает цикл (2-3 – изотерма). Определите температуры характерных точек цикла, если $V_1 = 15$ л; $V_3 = 45$ л; $p_1 = 1$ атм.; $p_2 = 3$ атм. (180 К; 540 К)



17.5 Плотность пара равна $\rho = 2,4$ кг/м³ при температуре $T = 295$ К и давлении $p = 10^5$ Па. Найдите массу одного киломоля и одной молекулы пара, считая его идеальным газом. (58,8 кг/кмоль; $9,7 \cdot 10^{-26}$ кг)

17.6 Шар объемом $0,1$ м³, сделанный из тонкой бумаги, наполняется горячим воздухом, имеющим температуру 340 К. Температура окружающего воздуха 290 К. Давление внутри шара равно атмосферному. При каком значении массы бумажной оболочки шар будет подниматься? (18 г)

17.7 При температуре 727°C газ занимает объем 8 л и производит давление 200 кПа. При каком давлении этот газ при температуре -23°C будет занимать объем 160 л? (2,5 кПа)

17.8 Как изменится плотность идеального газа при изобарном увеличении абсолютной температуры в 2 раза? Ответ обосновать. (уменьшится в 2 раза).

17.9 Из баллона выпустили $\Delta m = 7,5$ кг газа, при этом оставшийся газ оказался под давлением $p = 2,5 \cdot 10^6$ Па. Определите массу газа, который был в баллоне при давлении $p_0 = 10^7$ Па. Температура газа постоянна. (10 кг)

17.10 Температура комнаты была $t_1 = 10^\circ\text{C}$, а после того, как комнату нагрели, температура поднялась до $t_2 = 20^\circ\text{C}$. Давление в ней постоянно. На сколько процентов изменилась плотность воздуха, находящегося в комнате? (на 3,4% уменьшилась)

17.11 В баллоне находился идеальный газ при давлении $8 \cdot 10^6$ Па и температуре 27°C . Затем 3% содержащегося в баллоне газа выпустили, и температуру понизили до -33°C . Под каким давлением находится оставшийся газ в баллоне? ($62 \cdot 10^5$ Па)

17.12 В баллоне емкостью $V = 10$ л находится газ при температуре $t = 27^\circ\text{C}$. Вследствие утечки газа давление снизилось на $\Delta P = 4,2$ кПа. Какое количество молекул вышло из баллона, если температура сохранилась неизменной? (10^{22})

17.13 Давление воздуха внутри плотно закупоренной бутылки при температуре 280 К было равно 100 кПа. На сколько нужно нагреть бутылку, чтобы из неё вылетела пробка, если известно, что без нагревания пробку можно вынуть приложив силу 10 Н, а сечение пробки 4 см². (на 70°C)

17.14 До какого давления надо сжать аммиак при 0°C , чтобы его плотность равнялась плотности воздуха при нормальных условиях. ($1,68 \cdot 10^5$ Па)

17.15 В узкой стеклянной трубке, один конец которой запаян, находится воздух, запертый столбиком ртути длиной $L = 20$ см. Когда трубка стоит вертикально открытым концом вверх, то объем воздуха под столбиком равен $V = 1,5$ см³. Какой объем займет запертый воздух при горизонтальном положении трубки? Атмосферное давление $p = 750$ мм.рт.ст. (1,9 см³)

17.16 Газ находится в вертикальном цилиндре под поршнем массой $m = 5$ кг. Какой массы груз надо положить на поршень, чтобы он оставался в прежнем поло-

жении, когда абсолютная температура газа будет увеличена в $n = 2$ раза? Атмосферное давление $p_0 = 100$ кПа, площадь поршня $S = 10$ см². (15 кг)

17.17 Вертикальный цилиндр высотой $h = 1$ м разделен на две части тонким тепло- непроницаемым поршнем. В нижней части цилиндра находится $m = 2$ грамма водорода при температуре $T_2 = 300$ К, в верхней - 2 м грамм гелия при температуре $T_1 = 299$ К. Найти массу поршня, если при равновесии объемы газов равны. (1,66 кг)

17.18 Вертикальный цилиндр с тяжелым поршнем наполнен азотом, масса которого $m = 0,1$ кг. После увеличения температуры азота на $\Delta T = 10$ К поршень поднялся на высоту $h = 0,1$ м. Над поршнем все время сохраняется нормальное атмосферное давление. Площадь поршня $S = 0,029$ м². Определите массу поршня. (6,9 кг)

17.19 В открытой с обоих концов горизонтальной трубке с площадью поперечного сечения $S = 10$ см² на расстоянии $L = 10$ см от одного из ее концов находится поршень. С этого же конца вставляют и начинают вдвигать в трубку другой поршень. При каком расстоянии между поршнями первый поршень сдвинется с места? Сила трения скольжения, действующая на поршень со стороны стенок трубки $F = 100$ Н, атмосферное давление $p_0 = 10^5$ Па. Температуру считать постоянной. Толщиной поршней пренебречь. (0,05 м)

17.20 Внутри закрытого с обоих концов горизонтального цилиндра имеется поршень, который скользит в цилиндре без трения. С одной стороны поршня находится 3 г водорода, а с другой - 17 г азота. Какую часть объема цилиндра занимает водород? Температура газов одинакова. (0,71)

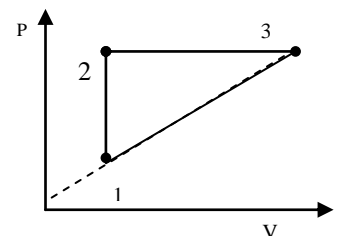
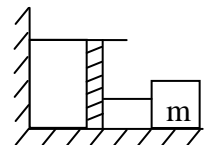
17.21 В цилиндре под гладким поршнем площадью $S = 5 \cdot 10^{-4}$ м² находится воздух при $T = 273$ К и $p = 10^5$ Па, равном атмосферному. Цилиндр лежит на горизонтальной поверхности, упираясь дном в вертикальную стенку. На той же поверхности лежит тело массы $m = 5$ кг, соединенное с цилиндром горизонтальным стержнем. До какой температуры необходимо нагреть воздух в цилиндре, чтобы тело сдвинулось с места? Коэффициент трения между телом и поверхностью $\mu = 0,3$. (355 К)

17.22 Идеальный газ совершает цикл, изображенный на рисунке. Его температура в 1-ом состоянии T_1 , во 2-ом - T_2 . найдите температуру газа в 3-ем состоянии. ($T_3 = T_2^2 / T_1$)

17.23 Цилиндрический сосуд делится на две части подвижным поршнем, который может перемещаться без трения. Каким будет равновесное положение поршня, когда в обе части сосуда помещены одинаковые массы кислорода и водорода, если общая длина сосуда 85 см? (5 см)

17.24 Баллон разделен перегородкой на две части. В первой части, объемом V_1 , находится идеальный газ под давлением p_1 , имеющий температуру T_1 . Во второй части, объемом V_2 , находится такой же газ под давлением p_2 и имеющий температуру T_2 . Какое давление установится, если перегородку убрать, а температуру сделать равной T ? ($p = (T(p_1 V_1 / T_1 + p_2 V_2 / T_2)) / (V_1 + V_2)$)

17.25 Два сосуда объемом $V_1 = 2$ л и $V_2 = 4$ л, заполнены одним и тем же газом, соединены друг с другом трубкой с краном и поддерживаются при постоянной температуре. При закрытом кране давление газа в первом сосуде $p_1 = 400$ кПа, а во втором - $p_2 = 200$ кПа. На какую величину изменится масса газа в первом со-



суде после открытия крана, если первоначальная масса газа в этом сосуде $m_1 = 18$ г? Объем трубки и крана не учитывать. (6 г)

17.26 Цилиндр разделен на две части поршнем. В одной находится азот, а в другой – воздух. Температуры газов одинаковы и равны $T_0 = 300$ К, а соотношение их масс таково, что поршень делит цилиндр на две равные части объемом $V_0 = 1,3$ л каждая. На какое расстояние сместится поршень, если температуру газа в одной из половин увеличит на $\Delta T = 50$ К, а в другой оставить неизменной? Сечение цилиндра $S = 100$ см². (1 см)

17.27 В баллоне емкостью $2,5$ м³ находится 4 кг водорода и 6,5 кг азота. Определите давление смеси на стенки сосуда, если температура окружающей среды 18 °С. (21,4 атм)

17.28 Какой объем занимает смесь 1 кг кислорода и 2 кг гелия при нормальных условиях? (12 м³)

17.29 В баллоне емкостью $V = 11,2$ л находится водород при нормальных условиях. После того, как в баллон было дополнительно введено некоторое количество гелия, давление возросло до $p = 5$ атм, а температура не изменилась. Определите массу гелия введенного в баллон. (7,9 г)

17.30 В пустой сосуд объемом 5 л впустили азот, занимающий объем 3 л под давлением $2,5 \cdot 10^4$ Па, и водород, занимающий объем 4 л под давлением $5 \cdot 10^4$ Па. Каково давление образовавшейся смеси? Температуру считать постоянной. (55 кПа)

17.31 Два сосуда соединены тонкой трубкой с краном. В одном сосуде с $V_1 = 2$ л находится азот при давлении $p_1 = 1,4 \cdot 10^5$ Па и температуре $t_1 = 7$ °С, а в другом с $V_2 = 4$ л при $p_2 = 1,6 \cdot 10^5$ Па и $t_2 = 47$ °С – углекислый газ. Какое установится давление в сосудах, если открыть кран и установить температуру 27 °С? ($1,5 \cdot 10^5$ Па)

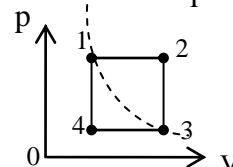
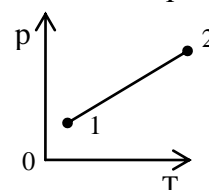
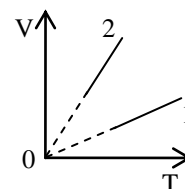
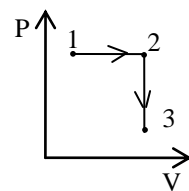
17.32 Найдите плотность газовой смеси, состоящей по массе из одной части водорода и восьми частей кислорода при давлении 420 мм.рт.ст. и температуре 15 °С. (0,280 кг/м³)

17.33 Сосуд емкостью $V = 10^{-2}$ м³ разделен пополам полупроницаемой перегородкой. В одну половину сосуда введено 2 г водорода и 4 г гелия. Через перегородку может диффундировать только водород. Во время процесса поддерживается температура 100 °С. Считая газы идеальными, определите установившиеся давления в обеих частях сосуда. (310 кПа; 930 кПа)

17.34 На рисунке изображены процессы перехода газа из одного состояния в другое. Какие это процессы? Какими уравнениями они описываются?

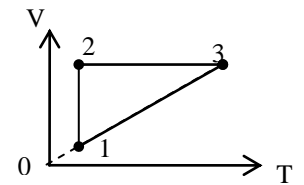
17.35 На рисунке две изобары построены для одной и той же массы газа. Какой изобарный процесс из двух, показанных на графике, протекает при большем давлении и почему?

17.36 На рисунке приведен процесс, переводящий газ из состояния 1 в состояние 2. Как при этом изменился объем газа? Ответ обосновать. (увеличился)

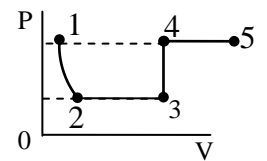


17.37 На рисунке дан график изменения состояния идеального газа в координатах $P - V$. Представьте этот процесс в координатах $P - T$ и $V - T$. В состояниях 1 и 3 температура одинаковая.

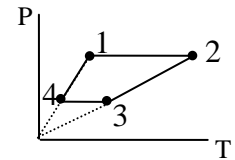
17.38 На рисунке дан график изменения состояния идеального газа в координатах $V - T$. Покажите эти изменения на графике $P - T$ и $P - V$.



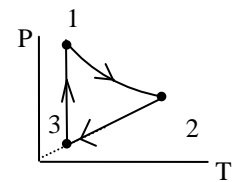
17.39 На рисунке дан график изменения состояния идеального газа в координатах $P - V$ (1-2 – изотерма). Представьте этот процесс графически в координатах $P - T$ и $V - T$.



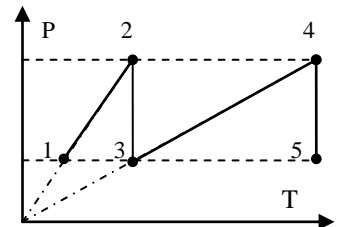
17.40 На рисунке дан график изменения состояния идеального газа в координатах $P - T$. Представьте этот процесс в координатах $P - V$ и $V - T$.



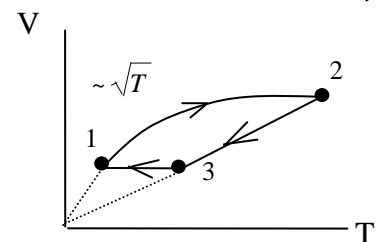
17.41 На рисунке дан график некоторого процесса, происходящего с газом в $P - T$ – координатах, причем, на участке 1-2 температура обратно пропорциональна давлению. Перерисуйте данный процесс в $P - V$ и $V - T$ – координатах.



17.42 На рисунке дан график некоторого процесса, происходящего с газом. Изобразите данный процесс в координатах $P - V$ и $V - T$.



17.43 На рисунке дан график некоторого процесса, происходящего с газом в $V - T$ – координатах. Перерисуйте данный процесс в $P - V$ и $P - T$ – координатах.



17.44 С идеальным газом проводят процесс, при котором давление зависит от температуры по закону $P = \text{const} \cdot T^2$. Нарисуйте график этого процесса в координатах $P - V$, $P - T$ и $V - T$.

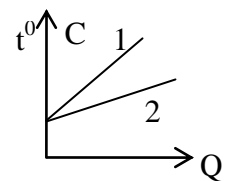
Термодинамика

Основные понятия и формулы

1. Первый закон термодинамики: $Q = \Delta U + A$, где Q – количества тепла, переданного телу, ΔU – изменение внутренней энергии тела, A – работа, совершаемая телом.
2. Внутренняя энергия одноатомного идеального газа: $U = 3/2 \nu \cdot R \cdot T$.
3. Работа, совершаемая газом при изобарическом процессе: $A = p \cdot \Delta V = \nu \cdot R \cdot \Delta T$.
4. Теплоемкости:
 - полная $C_{\text{тела}} = Q / \Delta T$ [Дж/К]
 - удельная $C_{\text{уд}} = Q / (m \cdot \Delta T)$ [Дж/(кг·К)]
 - молярная $C_{\nu} = Q / (\nu \cdot \Delta T)$ [Дж/(моль·К)]
5. Количество тепла, поглощенного телом при нагревании (отданного телом при охлаждении):
 $Q = C_{\text{тела}} \cdot \Delta T$, $Q = C_{\text{уд}} \cdot m \cdot \Delta T$, $Q = C_{\nu} \cdot \nu \cdot \Delta T$.
6. Количество тепла, поглощенного телом при плавлении (выделенного при кристаллизации): $Q = \lambda \cdot m$, где λ [Дж/кг] – удельная теплота плавления.
7. Количество тепла, поглощенного телом при испарении (выделенного при конденсации): $Q = r \cdot m$, где r [Дж/кг] – удельная теплота парообразования.
8. Количество тепла, выделяющегося при сгорании: $Q = q \cdot m$, где q [Дж/кг] – удельная теплота сгорания.
9. Для теплообмена в изолированной системе справедливо уравнение теплового баланса: $\sum_i Q_i^{\text{П}} = \sum_k Q_k^{\text{В}}$, где $Q_i^{\text{П}}$ – теплота, поглощенная i – тым телом системы в определенном процессе, $Q_k^{\text{В}}$ – теплота, выделенная (отданная) k – тым телом в каком-либо другом процессе.
10. Коэффициент полезного действия (КПД) тепловой машины: $\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{A}{Q_1}$, где Q_1 – количество тепла, переданного за один цикл от нагревателя рабочему телу, Q_2 – количество тепла, переданного за цикл от рабочего тела холодильнику, A – работа, совершенная за один цикл.
11. Коэффициент полезного действия идеальной тепловой машины (цикла Карно): $\eta = 1 - T_x / T_n$, где T_n – температура нагревателя, T_x – температура холодильника.

18. Теплообмен. Уравнение теплового баланса

18.1 На рисунке приведены графики зависимости температуры от количества полученного тепла для двух кусков алюминия. Какой из них имеет большую массу? Ответ обосновать. (2)



18.2 Объем воды в мировом океане равен примерно $1,3 \cdot 10^9$ км³.

Вообразим, что эту воду охладили на $0,01^{\circ}\text{C}$ и полностью использовали освободившуюся энергию. Как она велика? Сравните ее с годовым производством электроэнергии во всем мире (около $5 \cdot 10^{12}$ кВт·ч). ($15 \cdot 10^{15}$ кВт·ч)

- 18.3** Свинцовая дробинка, летящая со скоростью 100 м/с, попав в доску, углубилась в нее. На сколько градусов нагрелась дробинка, если 50% выделенной при ударе теплоты пошло на ее нагревание?(19,2 К)
- 18.4** Два свинцовых шара одинаковой массы движутся со скоростями V и $2V$ навстречу друг другу. Определите повышение температуры Δt шаров в результате неупругого удара. ($\Delta t = (9/8)V^2/C$)
- 18.5** Сколько тепла потребуется для нагревания 1 литра воды от комнатной температуры (20°C) до кипения и обращения ее в пар?(2,6 МДж)
- 18.6** Если бы удалось использовать все тепло, выделяющееся при конденсации 0,5 кг водяного пара, то можно ли было нагреть им 5 кг алюминия на 200°C ?(да)
- 18.7** Для изготовления мороженого, 100 кг воды, взятой при 100°C , обратили в лед при -2°C . Постройте график зависимости температуры t от количества отданного тепла Q . На сколько при этом изменилась внутренняя энергия воды?(уменьшилась на $7,6 \cdot 10^7$ Дж)
- 18.8** Сколько теплоты выделится при конденсации 10 кг водяного пара при 100°C , при последующем охлаждении, обращении в лед и понижении температуры льда до -20°C ? Постройте график зависимости t от Q .(30,5 МДж)
- 18.9** Сколько свинца, взятого при температуре плавления можно расплавить, если использовать все тепло, выделяющееся при сгорании 0,4 кг угля? Найдите эту же величину, если свинец имеет начальную температуру 27°C .(328 кг; 128 кг)
- 18.10** В сосуде находится лед массой 10 кг при температуре -10°C . Сколько воды окажется в сосуде, если льду сообщить $2 \cdot 10^6$ Дж теплоты?(5,4 кг)
- 18.11** Под колоколом воздушного насоса находится вода, масса которой равна 40 г, а температура – 0°C . Воздух из под колокола быстро откачивают. Благодаря интенсивному испарению части воды вся остальная вода замерзает. Определите массу образовавшегося льда, если его температура также 0°C . Ответ дайте в граммах.(35 г)
- 18.12** Для аквариума смешивают 20 л воды при 15°C и 2 л при 70°C . Определите установившуюся температуру воды в аквариуме.(20°C)
- 18.13** Для приготовления ванны объемом 300 литров с температурой 40°C была взята вода при температуре 283 К и кипяток. Сколько той и другой воды было взято?(200 л и 100 л)
- 18.14** В латунный калориметр массой 0,128 кг, содержащий 0,240 кг воды при температуре 281,4 К, опущено металлическое тело массой 0,192 кг, нагретое до 373 К. Окончательная температура в калориметре установилась $294,5$ К. Определите удельную теплоемкость испытываемого тела.($9,2 \cdot 10^2$ Дж/кг·К)
- 18.15** Латунный калориметр массой 150 г содержит 150 г воды и 10 г льда. В калориметр опускают 100 г свинца, температура которого 300°C . Найдите конечную температуру смеси.($0,8^\circ\text{C}$)
- 18.16** Какая температура установится, если сосуд, содержащий 1 л воды при 293К, влить 0,1 кг расплавленного свинца при температуре плавления? Сосуд латунный, его масса 0,5 кг. Потери теплоты не учитывать.($294,4$ К)
- 18.17** В алюминиевом сосуде с $m_1 = 0,1$ кг находится $m_2 = 50$ г воды при $t_1 = 10^\circ\text{C}$. В сосуд опущен конец тонкой трубки, через которую в воду поступает стоградусный водяной пар. Какой будет масса воды в сосуде, когда в нем установится температура $t_2 = 40^\circ\text{C}$? (53,5 г)

18.18 В сосуде находится некоторое количество воды и льда в состоянии теплового равновесия. Масса льда равна массе воды. Какая температура установится в сосуде, если в него впустить стоградусный пар, массой в 4 раза меньшей, чем масса воды?(37⁰С)

18.19 Расплавленный свинец, имеющий температуру 327⁰С, выливают в воду, имеющую начальную температуру 17⁰С. Сколько надо влить свинца, чтобы довести воду массой 2 кг до кипения?(12,8 кг)

18.20 В теплоизолированный сосуд, в котором находился лед массой $m_1 = 3$ кг при температуре $t_1 = -10^0$ С, ввели воду, масса которой $m_2 = 0,5$ кг, а температура $t_2 = 10^0$ С. Найдите массу льда в сосуде после установления теплового равновесия.(3,13 кг)

18.21 В сосуде теплоемкостью 500 Дж/К налита вода с температурой 20⁰С, которую необходимо нагреть до 40⁰С. Для этого в сосуд сначала вылили 1,27 кг расплавленного свинца (при температуре плавления), а затем бросили 28 кубиков льда, каждый объемом по 2 см³ с температурой -20⁰С. Какова масса сорокоградусной воды в сосуде?(2,04 кг)

18.22 Для приближенного определения удельной теплоты парообразования провели следующий опыт. На электроплитке нагрели воду, причем оказалось, что на нагревание ее от 10⁰С до 100⁰С потребовалось 18 мин, а для обращения в пар 0,2 ее массы – 23 мин. Какова удельная теплота парообразования по данным опыта?(2,4 МДж/кг)

18.23 Колба с холодной водой, начальная температура которой $t = 0^0$ С, закипает на плитке через время τ_1 , а через время $\tau_2 = 12$ мин после начала нагревания полностью испаряется. Определите τ_1 .(1,88 мин)

18.24 Смесь из свинцовых и алюминиевых опилок с общей массой 150 г и температурой 100⁰С погружена в калориметр с водой, температура которой 15⁰С, а масса 230 г. Окончательная температура установилась 20⁰С. Теплоемкость калориметра 41,9 Дж/К. Сколько свинца и алюминия было в смеси?(92 г и 58 г)

18.25 При штамповке алюминиевых изделий ударная часть молота массой $7 \cdot 10^2$ кг свободно падает с высоты 1 м. При этом изделие массой 2 кг нагревается на 1,1К. Какой процент энергии удара идет на нагревание изделия?(29%)

18.26 Ударная часть молота, масса которого 10⁴ кг, свободно падает с высоты 2,5м на железную поковку массой 200 кг. Сколько раз падала ударная часть молота, если поковка нагрелась на 20⁰С и на это нагревание идет 30% кинетической энергии молота?(25)

19. КПД. Теплота. Работа

19.1 Какое количество алюминия можно нагреть от 10⁰С до плавления в плавильной печи с КПД 20%, если сжечь 25 кг нефти?(403 кг)

19.2 Сколько меди можно расплавить в плавильной печи с КПД 30%, сжигая 420кг нефти, если начальная температура меди 23⁰С?(9945 кг)

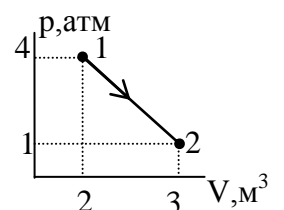
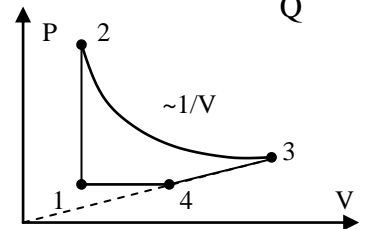
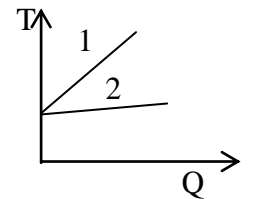
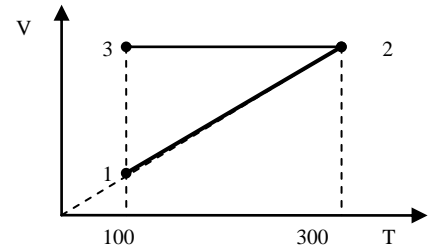
19.3 В электрическом чайнике мощностью $P = 600$ Вт можно вскипятить $V = 1,5$ л воды за $\tau = 20$ мин при начальной температуре воды $t = 20^0$ С. Найдите КПД чайника.(0,7)

- 19.4** Сколько необходимо сжечь угля, чтобы 6 т воды, взятой при температуре 10°C нагреть до кипения, и 1 т ее обратить в пар? КПД котла 70%. (216 кг)
- 19.5** В примусе сгорает за минуту 3 г керосина. Найдите КПД примуса, если известно, что в кастрюле, поставленной на примус, содержащей первоначально 1 кг льда при температуре 0°C , вода закипела через 15 мин. Теплоемкость кастрюли 40 Дж/К. (38%)
- 19.6** На электроплитке с КПД 84% нагревается от 10°C до 100°C чайник, в котором находится 2 л воды. При этом 0,1 количества воды выкипает. Теплоемкость чайника 21 Дж/К. Какова мощность плитки, если весь процесс продолжается 40 мин? (610 Вт)
- 19.7** Определите КПД двигателя, если его полезная мощность равна 10 кВт, а расход бензина за 5 мин составляет 0,217 кг. (0,3)
- 19.8** Для работы паровой машины расходуют 160 кг каменного угля в 1 ч. Охлаждение ее осуществляется водой, температура которой при входе 12°C , а при выходе 27°C . Определите расход воды за 1 с, если на нагревание воды затрачивается 25% общего количества теплоты. (5,3 кг/с)
- 19.9** Автомобиль прошел расстояние 120 км со скоростью 72 км/ч. На этом пути израсходовано 19 кг бензина. Какую среднюю мощность развивал мотор автомобиля во время пробега, если КПД равен 25%? (45 л.с.)
- 19.10** Автомобиль массой 4,6 т трогается с места на подъеме, равном 0,025, и, двигаясь равноускоренно, за 40 секунд проходит 200 м. Найдите расход бензина (в литрах) на этом участке, если сила сопротивления равна 0,02 от веса автомобиля и КПД 20%. (0,1 л)
- 19.11** Междугородный автобус прошел путь 80 км за 1 ч. Двигатель при этом развивал мощность 70 кВт при КПД равном 25%. Сколько дизельного топлива, плотность которого 800 кг/м^3 , сэкономил водитель на рейсе, если норма расхода горючего 40 л на 100 км пути? (2 л)
- 19.12** Двигатель реактивного самолета при полете со скоростью 1800 км/ч развивает силу тяги 88 кН и имеет КПД 20%. Определите расход керосина за 1 с полета и развиваемую мощность. (5 кг; 44 МВт)
- 19.13** Для работы двигателя с КПД 18% запасена нефть массой $4,8 \cdot 10^3$ кг. Определите на сколько дней хватит этого запаса нефти, если средняя мощность двигателя во время работы 25 кВт, а рабочий день составляет 7 ч. (63 дня)

20. Первый закон термодинамики. Циклы

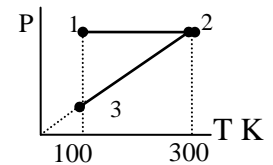
- 20.1** Чему равна внутренняя энергия при нормальных условиях 1 см^3 аргона? (0,15 Дж)
- 20.2** На сколько изменится внутренняя энергия 2-х молей идеального одноатомного газа при нагревании от 120°C до 250°C ? (3241 Дж)
- 20.3** При уменьшении объема газа в 3,6 раза его давление увеличилось на 20%. Во сколько раз изменилась внутренняя энергия газа? (в 3 раза)
- 20.4** С идеальным одноатомным газом совершают процесс при постоянном объеме так, что его температура уменьшается в 2,5 раза. Начальное давление равно $P_0 = 10^5\text{ Па}$, объем газа $V = 10\text{ л}$. Определить изменение внутренней энергии газа. (-900 Дж)

- 20.5** Моль газа, имевший температуру $T_1=300\text{К}$, изобарно расширился, совершив работу $A = 12,5 \text{ кДж}$. Во сколько раз при этом увеличился объем газа? (в 6 раз)
- 20.6** Идеальный газ, занимающий объем $V = 5 \text{ л}$ и находящийся под давлением $p = 2 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$ при температуре $T = 290 \text{ К}$, был нагрет при постоянном объеме и затем расширился изобарически. Работа расширения газа при этом оказалась равной 200 Дж . На сколько нагрелся газ в изобарическом процессе? (58°C)
- 20.7** Газ нагревают по закону $P/T^2 = \text{const}$. Какую по знаку работу совершает при этом газ? (отрицательную)
- 20.8** Вычислить работу, совершенную 1 молем He в процессе 1-2-3, изображенном на рисунке. ($1,66 \text{ кДж}$)
- 20.9** В изотермическом процессе газ совершает работу $A = 1000 \text{ Дж}$. На какую величину увеличится внутренняя энергия этого газа, если ему сообщить количество теплоты, вдвое большее, чем в первом случае, а процесс проводить изохорически? ($\Delta U = 2000 \text{ Дж}$)
- 20.10** Нагревание газа происходит в сосуде, закрытом поршнем двумя способами: а) поршень неподвижен; б) поршень легко перемещается. Какой из графиков зависимости температуры газа T от подведенного количества тепла Q соответствует каждому из этих процессов? (а) – 1; б) – 2)
- 20.11** На рисунке дан график изменения состояния идеального газа 1-2-3-4-1 в координатах P - V . В каких процессах газ поглощает тепло, а в каких отдает?
- 20.12** Одноатомный идеальный газ нагревается при постоянном давлении p . Какое количество теплоты необходимо сообщить газу, чтобы его объем V удвоился? Какая работа будет при этом совершена? ($Q = (5/2)pV$; $A = pV$)
- 20.13** Найдите изменение внутренней энергии $0,5$ моля газа при нагревании его при постоянном давлении от $t_1 = 27^\circ\text{C}$ до $t_2 = 47^\circ\text{C}$, если газу было сообщено $Q = 290 \text{ Дж}$ тепла. (207 Дж)
- 20.14** В закрытом сосуде объемом 10 л находится гелий при давлении 10^5 Па . Какое количество тепла надо сообщить газу, чтобы повысить его давление в 5 раз? (6 кДж)
- 20.15** Какая часть количества тепла переданного одноатомному газу в изобарном процессе идет на увеличение внутренней энергии, а какая – на совершение работы? ($3/5$; $2/5$)
- 20.16** Одноатомный газ объемом 2 л находится под давлением 10^5 Па . Какое количество тепла надо сообщить газу, чтобы: 1) при $P = \text{const}$ объем увеличить вдвое; 2) при $V = \text{const}$ давление увеличить вдвое? (500 Дж ; 300 Дж)
- 20.17** Один моль газа находится при $T_1 = 300 \text{ К}$. Газ изохорически охлаждается так, что его давление уменьшается в 3 раза, а затем изобарически расширяется так, что в конечном состоянии его температура равна первоначальной. Изобразите процесс в координатах $P - V$ и вычислите произведенную газом работу. ($1,66 \text{ кДж}$)
- 20.18** Для процесса с идеальным одноатомным газом, изображенного на рисунке, найдите совершенную работу, изменение внутренней энергии и полученное количество теплоты. (250кДж ; -

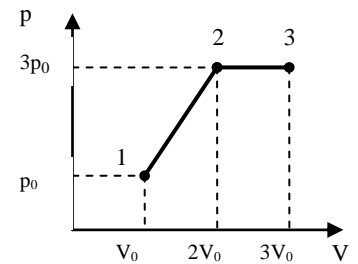


750 кДж; -500 кДж)

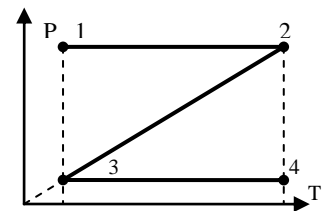
20.19 Идеальный газ в количестве 0,005 молей совершает процесс, показанный на рисунке. Найдите количество тепла, поглощенного газом, и совершенную им работу. (8,31 Дж)



20.20 Определите количество тепла необходимого для перевода идеального одноатомного газа из состояния 1 в состояние 3 в соответствии с $P - V$ диаграммой, приведенной на рисунке. ($Q = 17p_0V_0$)

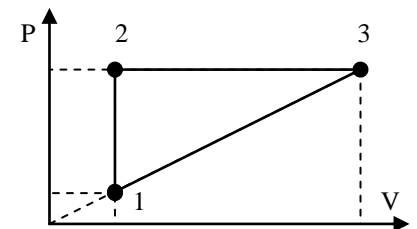


20.21 Один моль идеального одноатомного газа изохорически охлаждают так, что его давление уменьшается в n раз. Затем его изобарически расширяют так, что его объем возрастает в n раз. Определите число n , если известно, что сообщенное при этих переходах суммарное количество теплоты в два раза меньше его первоначальной внутренней энергии. ($n = 4$)



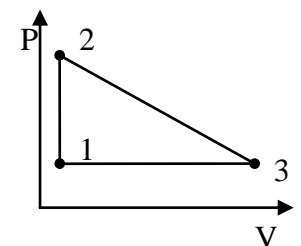
20.22 Моль идеального одноатомного газа переводят из состояния 1 в состояние 4 как указано на рисунке. Определить подведенное к газу тепло, если разность конечной и начальной температур равна $\Delta T = 200$ К. (5,82 кДж)

20.23 Газ совершает циклический процесс, изображенный на рисунке. Найдите работу за цикл, если минимальная температура цикла $t_1 = 0$ °С, максимальная $t_3 = 127$ °С, минимальный объем $V_1 = 5$ л, максимальный объем $V_3 = 6$ л. Известно, что данный газ при нормальных условиях занимает объем $V_0 = 10$ л. (11,6 Дж)



20.24 На рисунке изображен цикл, совершаемый одноатомным идеальным газом. Известно, что $P_2 = 2P_1 = P_0$, $V_3 = 4V_0$, $V_1 = V_0$ и $P_0V_0 = RT_0$. Определите КПД цикла. (16,7%)

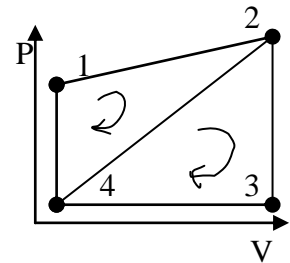
20.25 Определите КПД тепловой машины, работающей по циклу, состоящему из двух изобар и двух изохор. Давление и объем за цикл меняются в два раза. Рабочим телом является один моль азота, имеющего удельную теплоемкость в изохорическом процессе $C_V = 748$ Дж/кг·К, а в изобарическом процессе $C_p = 1045$ Дж/кг·К. (10,5%)



20.26 Некоторое количество идеального одноатомного газа расширяется сначала адиабатно, а затем изобарно. Конечная температура равна начальной. При адиабатном расширении газ совершил работу, равную 3 кДж. Какова работа газа за весь процесс? (5 кДж)

20.27 В пределах цикла состоящего из изобарического охлаждения, изохорического нагревания и изотермического расширения, давление идеального одноатомного газа изменяется от минимального значения 2 атм. до максимального 5 атм., объем от 1 л до 2,5 л. Работа, совершаемая газом в изотермическом процессе, равна 460 Дж. Найти работу совершаемую за цикл и КПД цикла.

20.28 КПД цикла 1-2-4-1 равен η_1 , а цикла 2-3-4-2 равен η_2 . Участки 4-1 и 2-3 – изохоры, участок 3-4 - изобара, на участках 1-2 и 2-4 давление линейно зависит от объёма. Рабочее вещество - идеальный газ. Найти КПД цикла 1-2-3-4-1. ($\eta_1 + \eta_2 - \eta_1 \eta_2$)



21. Цикл Карно

21.1 Вычислить КПД идеальной машины, если температура пара в котле равна 300°C , а в холодильнике 130°C . (30%)

21.2 В каком случае КПД идеальной тепловой машины увеличится больше, если увеличить температуру нагревателя на некоторую величину или уменьшить температуру холодильника на эту же величину? (уменьшить T_x)

21.3 КПД идеального теплового двигателя равен 60%. Во сколько раз отличаются температуры нагревателя и холодильника? (2,5)

21.4 Тепловая машина работает по циклу Карно. Определите ее КПД, если известно, что за один цикл была совершена работа $4 \cdot 10^5$ Дж, а холодильнику было передано 600 кДж тепла. (40%)

21.5 Газ, совершающий цикл Карно, 55% теплоты, полученной от нагревателя, отдает холодильнику. Температура нагревателя 272°C . Определите температуру холодильника. (300 К)

21.6 Идеальная тепловая машина получает за цикл от нагревателя 2500 Дж. Температура нагревателя 350°C . Температура холодильника 27°C . Найдите работу, совершаемую машиной за цикл, и количество тепла, отданного холодильнику за цикл. (1,3 кДж; 1,2 кДж)

21.7 Идеальная тепловая машина имеет полезную мощность 50 кВт. Температура нагревателя 277°C , температура холодильника 27°C . Определите количество тепла, полученного машиной от нагревателя и переданное холодильнику, за 0,5 часа работы. (198 МДж; 108 МДж)

21.8 Тепловая машина с максимально возможным КПД имеет в качестве нагревателя резервуар с кипящей водой при температуре $t_1 = 100^\circ\text{C}$, а в качестве холодильника – сосуд со льдом при $t_2 = 0^\circ\text{C}$. Какая масса льда растает при совершении машиной работы 10^6 Дж? (8,3 кг)

Насыщенный пар. Поверхностное натяжение жидкости

Основные понятия и формулы

1. Насыщенным называется пар, который находится в динамическом равновесии со своей жидкостью.
2. Относительная влажность воздуха: $\varphi = (p/p_n) \cdot 100\%$, где p - парциальное давление водяного пара в воздухе при данной температуре, p_n - парциальное давление насыщенного пара при той же температуре (*см. таблицу на стр. 106*).
3. Поверхностная энергия жидкости: $W = \sigma \cdot S$, где σ - коэффициент поверхностного натяжения, S - площадь поверхности жидкости.
4. Сила поверхностного натяжения: $F = \sigma \cdot \ell$, где ℓ - длина контура на поверхности жидкости.
5. Давление, обусловленное силами поверхностного натяжения (давление Лапласа) для сферической поверхности жидкости в случае полного смачивания или несмачивания: $p = 2\sigma/R$, где R - радиус кривизны поверхности жидкости.

22. Насыщенный пар. Поверхностное натяжение жидкости

22.1 Используя таблицу на стр. 106 найдите во сколько раз отличаются массы насыщенного пара в 1 м^3 воздуха при температуре 10°C и 20°C . (1,76)

22.2 Определите массу насыщенного водяного пара в комнате размерами $5 \times 4 \times 3$ (м) при температуре 20°C . (1,03 кг)

22.3 В закрытом сосуде объема $V = 2$ л при температуре $t_1 = 20^\circ\text{C}$ находится насыщенный водяной пар. Сколько воды окажется в сосуде при понижении температуры до $t_2 = 5^\circ\text{C}$? (21 мг)

22.4 В цилиндре объемом 2 л под поршнем находится смесь паров воды и воздуха. Если смесь медленно изотермически сжимать, то при объеме 0,8 л начнется конденсация паров воды. Какова была влажность воздуха в начальном состоянии смеси? (40%)

22.5 Какова масса водяных паров в 1 м^3 воздуха при температуре 30°C и относительной влажности воздуха 75%? (22,7 г)

22.6 В запаянной трубке объема $V = 0,4 \text{ дм}^3$ находится водяной пар при давлении $P_1 = 8 \text{ кПа}$ и температуре $t = 150^\circ\text{C}$. Какая масса воды сконденсируется на стенках трубки при охлаждении ее до температуры $t_2 = 20^\circ\text{C}$. (9,5 мг)

22.7 В сосуде находятся воздух и насыщенный водяной пар при $t = 60^\circ\text{C}$ и $p = 10^5 \text{ Па}$. Во сколько раз масса воздуха в сосуде больше массы водяного пара? (6,5)

22.8 Сколько воды образуется в каждом кубометре смеси воздуха и насыщенного пара, если ее охладить от 30°C до 20°C ? (13 г)

22.9 На дне сосуда с воздухом находится 0,1 г воды в равновесии с паром. Сколько всего водяного пара будет в сосуде, если после изотермического увеличения его объема в 2 раза, когда вся вода испарится, относительная влажность воздуха станет равной 60%? (0,6 г)

22.10 В откачанном герметически закрытом сосуде объема $V = 10 \text{ дм}^3$ находится открытая колбочка, содержащая $m = 10 \text{ г}$ воды. Сосуд прогревают при температуре $t = 100^\circ\text{C}$. Какая масса воды испарится?(5,9 г)

22.11 Водяной пар массой 0,5 г занимает объем 10 л при $t = 50^\circ\text{C}$. Какова при этом относительная влажность? Какое количество пара конденсируется, если изотермически уменьшить объем вдвое?(61%; 88 мг)

22.12 В сосуд объемом $V = 10 \text{ дм}^3$ налили воду. При этом давление и температура в комнате равны $p_0 = 10^5 \text{ Па}$, $t_0 = 27^\circ\text{C}$. Сосуд герметично закрыли и нагрели до температуры $t_1 = 100^\circ\text{C}$. Каким стало давление в сосуде, если масса воды 1) $m = 5 \text{ г}$; 2) $m = 10 \text{ г}$? ($2,1 \cdot 10^5 \text{ Па}$; $2,24 \cdot 10^5 \text{ Па}$)

22.13 Какую работу против сил поверхностного натяжения надо совершить, чтобы выдуть мыльный пузырь диаметром 4 см? Коэффициент поверхностного натяжения мыльного раствора $\sigma = 0,043 \text{ Н/м}$.(430 Дж)

22.14 На сколько изменится поверхностная энергия, если каплю ртути радиусом 4 мм разбить на 8 одинаковых капель? Коэффициент поверхностного натяжения ртути $\sigma = 0,5 \text{ Н/м}$.(100 мкДж)

22.15 Какую вертикальную силу необходимо приложить к легкому алюминиевому кольцу с внутренним диаметром 50 мм и внешним диаметром 52 мм, чтобы оторвать его от горизонтальной поверхности воды? Коэффициент поверхностного натяжения воды $\sigma = 0,073 \text{ Н/м}$.(23,4 мН)

22.16 Из вертикальной трубки с внутренним диаметром $d = 2 \text{ мм}$ вытекают капли воды. Считая диаметр шейки капли в момент отрыва равным d , а каплю сферической, найдите массу и радиус капли. Коэффициент поверхностного натяжения воды принять равным $0,073 \text{ Н/м}$.(46 мг; 2,2 мм)

22.17 Каково дополнительное давление, создаваемое мыльной пленкой, внутри мыльного пузыря радиусом $R = 2 \text{ мм}$? Поверхностное натяжение мыльной пленки $\sigma = 40 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$. (80 Па)

22.18 Давление воздуха внутри мыльного пузыря на 1 мм. рт. ст. больше атмосферного. Диаметр пузыря 2,6 мм. Чему равен коэффициент поверхностного натяжения мыльного раствора?(0,043 Н/м)

22.19 Определите давление воздуха в воздушном пузырьке диаметром 0,1 мм на глубине 10 м под поверхностью воды. Атмосферное давление 740 мм. рт. ст. Коэффициент поверхностного натяжения воды $\sigma = 0,073 \text{ Н/м}$.($2,26 \cdot 10^5 \text{ Па}$)

22.20 На какую высоту поднимется вода в стеклянном капилляре, опущенном вертикально нижним концом в воду, если его внутренний диаметр 0,2 мм? Коэффициент поверхностного натяжения воды $\sigma = 0,073 \text{ Н/м}$.(0,15 м)

22.21 Найдите разность уровней воды в двух сообщающихся стеклянных капиллярах с внутренними диаметрами 1 мм и 0,5 мм. Коэффициент поверхностного натяжения воды $\sigma = 0,073 \text{ Н/м}$.(29,8 мм)

22.22 Капиллярная стеклянная трубка длиной 39,6 см и внутренним диаметром 0,2 мм с запаянным верхним концом и открытым нижним в вертикальном положении приводится в соприкосновение с поверхностью воды. При этом вода в капилляре поднимается на высоту 5,5 мм. Найдите по этим данным коэффициент поверхностного натяжения воды. Атмосферное давление 10^5 Па .(0,073 Н/м)

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

Электростатика

Основные понятия и формулы

1. Электрический заряд тела: $q = \pm Ne$, где e – заряд электрона (элементарный заряд), N – число недостающих или избыточных электронов заряженного тела.

2. Закон Кулона в вакууме: $F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{r^2}$, где F – сила взаимодействия точечных

зарядов q_1 и q_2 , r – расстояние между ними, ϵ_0 – электрическая постоянная.

3. Электрическое поле – форма материи, посредством которой осуществляется взаимодействие электрических зарядов. Источник поля – любое заряженное тело или частица.

4. Количественные характеристики электрического поля в данной точке:

$$\text{напряженность: } \vec{E} = \vec{F}/q_0 \text{ [В/м]},$$

$$\text{потенциал: } \varphi = W_n/q_0 \text{ [В]},$$

где \vec{F} – сила, действующая на пробный заряд q_0 , W_n – потенциальная энергия заряда q_0 .

5. Связь между напряженностью E и разностью потенциалов (напряжением) для однородного электрического поля: $E = |(\varphi_1 - \varphi_2)|/\Delta L = U/\Delta L$, где ΔL – расстояние между точками с потенциалами φ_1 и φ_2 .

6. Напряженность и потенциал электрического поля, созданного точечным зарядом или заряженной сферой (шаром): $E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{r^2}$, $\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{r}$, где r – расстояние от заряда q (или от центра сферы) до точки, в которой определяется E и φ .

7. Напряженность электрического поля, созданного бесконечной равномерно заряженной плоскостью с поверхностной плотностью заряда σ : $E = \sigma/(2\epsilon_0)$.

8. Принцип суперпозиции электрических полей: $\vec{E} = \sum_{i=1}^n \vec{E}_i$, $\varphi = \sum_{i=1}^n \varphi_i$, где E_i и

φ_i – напряженность и потенциал электрического поля, созданного в данной точке i -м зарядом.

9. Электрическая проницаемость вещества ϵ – величина, показывающая во сколько раз в данном веществе изменяется напряженность электрического поля по сравнению с вакуумом: $\epsilon = E_{\text{вак}}/E_{\text{вещ}}$.

10. Работа перемещения заряда в электрическом поле: $A = q \cdot \Delta\varphi = q \cdot U$.

11. Потенциальная энергия взаимодействия двух точечных зарядов:

$$W = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{r}, \text{ где } r \text{ – расстояние между зарядами.}$$

12. Определение емкости:

$$\text{проводника: } C = q/\varphi, \quad \text{конденсатора: } C = q/U,$$

где φ и q – потенциал и заряд тела (конденсатора), U – разность потенциалов между обкладками конденсатора.

13. Электроемкость:

- шара радиусом R : $C = 4\pi\epsilon\epsilon_0 R$,

- плоского конденсатора: $C = \epsilon\epsilon_0 S/d$, где S – площадь пластин конденсатора, d – расстояние между ними, ϵ – диэлектрическая проницаемость диэлектрика, помещенного между пластинами.

14. Последовательное соединение конденсаторов:

$$U_{\text{общ}} = U_1 + U_2 + U_3 + \dots$$

$$q_{\text{общ}} = q_1 = q_2 = q_3 = \dots$$

$$1/C_{\text{общ}} = 1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3 + \dots$$

15. Параллельное соединение конденсаторов:

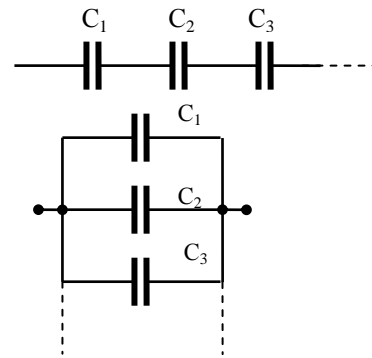
$$U_{\text{общ}} = U_1 = U_2 = U_3 = \dots$$

$$q_{\text{общ}} = q_1 + q_2 + q_3 + \dots$$

$$C_{\text{общ}} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$$

16. Энергия электрического поля конденсатора:

$$W = CU^2/2 = q^2/2C = qU/2.$$



23. Закон Кулона

23.1 Каким будет заряд металлического шара, если на нем будет находиться $4 \cdot 10^{10}$ избыточных электронов? (- 6,4 нКл)

23.2 Найдите силу взаимодействия двух электронов, расстояние между которыми 1 см. ($2,3 \cdot 10^{-24}$ Н)

23.3 С какой силой будут притягиваться два одинаковых свинцовых шарика радиуса $r = 1$ см, расположенные на расстоянии $R = 1$ м друг от друга, если у каждого атома первого шарика отнять по одному электрону и все эти электроны перенести на второй шарик? ($4,3 \cdot 10^{18}$ Н)

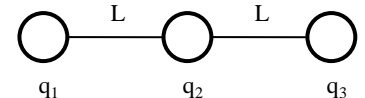
23.4 Сила тяготения между двумя наэлектризованными шариками массой 1 г уравновешена электрической силой отталкивания. Считая заряды шариков равными, определите их величину. ($8,6 \cdot 10^{-14}$ Кл)

23.5 Во сколько раз сила электрического взаимодействия между электроном и протоном больше силы их гравитационного взаимодействия? ($\approx 2,3 \cdot 10^{39}$)

23.6 Два небольших изолированных шарика, расположенных на расстоянии 60 см друг от друга, несут заряды 10^{-9} и $9 \cdot 10^{-9}$ Кл. В какую точку нужно поместить третий заряд, чтобы он оказался в равновесии? (15 см от первого заряда)

23.7 Шарик массой $2 \cdot 10^{-3}$ кг, имеющий заряд $0,2 \cdot 10^{-7}$ Кл, подвешен в воздухе на тонкой изолирующей нити. Определите натяжение нити, если снизу на расстоянии 0,05 м расположен одноименный заряд $1,2 \cdot 10^{-7}$ Кл. ($1,1 \cdot 10^{-2}$ Н)

23.8 Три заряда $q_1 = 4$ мкКл, $q_2 = 2$ мкКл, $q_3 = 1$ мкКл связаны двумя нитями и расположены так, как показано на рисунке. Найти отношение сил натяжения нитей. (3)



23.9 Два маленьких шарика одинакового радиуса и массы подвешены в воздухе на нитях равной длины 20 см в одной точке. После того, как шарикам сообщили заряды по $4 \cdot 10^{-7}$ Кл, нити разошлись на угол 60° . Найдите массу шариков. (6 г)

23.10 Два заряженных шарика, подвешенных на нитях одинаковой длины в общей точке, находятся в равновесии. Как изменится равновесный угол между нитями,

если длину нитей и заряд шариков удвоить? Размерами шариков пренебречь.(не изменится)

23.11 Два одинаковых маленьких шарика, заряженных одноименными зарядами, находятся на расстоянии $L_0 = 1$ м друг от друга. Заряд одного из них в 4 раза больше заряда другого. Шарика привели в соприкосновение и развели на некоторое расстояние. Найдите это расстояние, если сила взаимодействия шариков осталась прежней.(1,25 м)

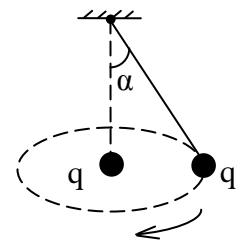
23.12 Три одинаковых заряда по 1 нКл каждый расположены в вершинах равностороннего треугольника. Какой заряд надо поместить в центре треугольника, чтобы система находилась в равновесии?(-0,57 нКл)

23.13 В центре квадрата, в вершинах которого находится по заряду q , помещен отрицательный заряд Q . Какова его величина, если система находится в равновесии? Будет ли равновесие устойчивым?($Q = 0,957q$, нет)

23.14 Три одинаковых невесомых шарика, расположенных вдоль одной прямой, соединены двумя одинаковыми пружинами жесткостью k каждая. Расстояние между крайними шариками L_0 . Затем всем шарикам сообщили одинаковый по величине и знаку заряд, при этом расстояние между крайними шариками стало L . Найдите величину сообщенного заряда. ($q = \pm L \sqrt{(2\pi\epsilon_0 k(L - L_0)/5)}$)



23.15 Шарик массой m и с зарядом q , вращается вокруг неподвижно закрепленного заряда q , на нити длиной L так, что образует угол α с вертикалью. Найдите угловую скорость вращения и натяжение нити. ($\omega = \sqrt{8/(L \cos \alpha) - q^2 / (4\pi\epsilon_0 m (L \sin \alpha)^3)}$, $T = mg / \cos \alpha$)



23.16 Два маленьких одинаковых шарика, один из которых несет на себе заряд $6 \cdot 10^{-9}$ Кл, находятся на расстоянии 5 см и притягиваются с силой $6,5 \cdot 10^{-5}$ Н. С какой силой они будут взаимодействовать, если шарика соединить между собой медной проволокой.($8,1 \cdot 10^{-6}$ Н)

23.17 С какой силой взаимодействуют два заряда $6,6 \cdot 10^{-8}$ Кл и $1,1 \cdot 10^{-5}$ Кл в воде на расстоянии 3,3 см? На каком расстоянии их следует поместить в вакууме, чтобы сила взаимодействия осталась прежней?(0,074 Н; 0,29 м)

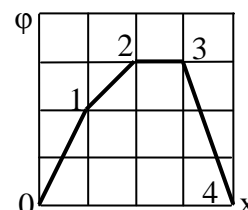
23.18 Два точечных заряда 180 нКл и 720 нКл находятся в керосине на расстоянии 16 см друг от друга. Где следует поместить третий заряд, чтобы он находился в равновесии?(5,3 см от первого заряда.)

23.19 Два заряда, один из которых в три раза больше другого, находясь в вакууме на расстоянии 0,3 м, взаимодействуют с силой 30 Н. Определите величины зарядов. На каком расстоянии в воде эти же заряды будут взаимодействовать с прежней силой?($1 \cdot 10^{-5}$ Кл; $3 \cdot 10^{-5}$ Кл; 0,033 м)

23.20 Два одинаковых заряженных шарика, подвешенных в одной точке на нитях равной длины, разошлись на некоторый угол α . Плотность материала шариков $\rho = 1,6 \cdot 10^3$ кг/м³. Какова диэлектрическая проницаемость жидкого диэлектрика, если при погружении в него шариков угол расхождения нитей не изменился? Плотность диэлектрика 0,8 г/см³.(2)

23.21 Два заряженных шарика, подвешенных в одной точке на нитях одинаковой длины, опускают в керосин. При каком значении плотности материала шариков угол расхождения нитей не изменится?(1,6 г/см³)

24. Напряженность и потенциал электрического поля



24.1 На рисунке дана зависимость потенциала электрического поля от координаты. На каком участке напряженность поля равна нулю? На каких участках она минимальна и максимальна?(2-3; 1-2; 3-4)

24.2 На рисунке А дан график зависимости потенциала поля от расстояния вдоль некоторой прямой. Масштаб по оси X—1 см, по оси Y—1 мВ. Найти напряженность поля на расстоянии 1 см, 3 см и 6 см от начала координат.(0,1 В/м; 0; 0,2 В/м)

24.3 Вблизи Земли напряженность электрического поля около 130 В/м. Найти заряд Земли и электрический потенциал ее поверхности, считая радиус Земли равным 6400 км.($5,9 \cdot 10^5$ Кл; $7,7 \cdot 10^8$ В)

24.4 Найти напряженность поля в точке, в которой на заряд $q = 5 \cdot 10^{-9}$ Кл действует сила $F = 3 \cdot 10^{-4}$ Н. Найти величину заряда, создающего это поле, если рассматриваемая точка удалена от него на $R = 9$ см.(60 кВ/м; 54 нКл)

24.5 Сколько избыточных электронов несет на себе уединенный металлический шар радиусом $R = 2$ см, заряженный до потенциала $\phi = 25$ В. ($3,4 \cdot 10^7$)

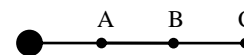
24.6 Найти напряженность поля вблизи поверхности равномерно заряженного с поверхностной плотностью заряда $\sigma = 8,85 \cdot 10^{-9}$ Кл/м² проводящего шара и на расстоянии равном 5 радиусам от центра шара. (1 кВ/м; 40 В/м)

24.7 Потенциал электрического поля на расстоянии $r = 40$ см от точечного заряда Q равен $\phi = 200$ В. Какая сила будет действовать на другой точечный заряд $q = 10^{-9}$ Кл, помещенный в эту точку?(0,5 мкН)

24.8 Потенциал электрического поля на поверхности металлической заряженной сферы радиусом 20 см равен 4 В. Найдите потенциал и напряженность поля на расстоянии 40 см от центра сферы.(2 В; 5 В/м)

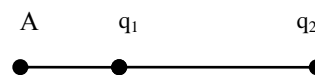
24.9 На заряд $q = 10^{-6}$ Кл, находящийся вблизи заряженной плоскости, действует сила $F = 2$ Н. Найдите поверхностную плотность заряда плоскости.($3,54 \cdot 10^{-5}$ Кл/м²)

24.10 Положительно заряженный металлический шарик создает в точке А напряженность $E_A = 100$ В/м, а в точке С — $E_C = 36$ В/м. Какова напряженность в точке В, если $AB = BC$?($E_B \approx 56,3$ В/м)

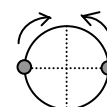


24.11 В некоторой точке создается электрическое поле тремя зарядами. Вектор напряженности электрического поля, создаваемого каждым зарядом дан векторами Б, Д и Ж(см. рис. Б, где одна клетка 1 В/м). Найти модуль и направление вектора напряженности результирующего поля.(1 В/м; +y)

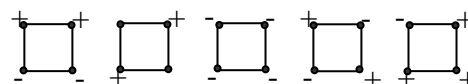
24.12 Два разноименных заряда величиной $q_1 = 10$ нКл и $q_2 = -20$ нКл расположены в вакууме на расстоянии 20 см друг от друга. Определите напряженность и потенциал в точке А на расстоянии $r = 4$ см от первого заряда.($5,3 \cdot 10^4$ В/м; 1,5 кВ)



24.13 Два одинаковых по величине точечных заряда скользят по дуге окружности к ее вершине. Как будет изменяться напряженность электрического поля, создаваемого ими в центре окружности, если заряды одного знака?



24.14 В вершинах квадрата находятся одинаковые по модулю заряды +q и -q. В каком случае в центре



квадрата: а) потенциал имеет наибольшее значение; б) напряженность имеет наибольшее значение; в) напряженность и потенциал одновременно равны нулю?.

24.15 Расстояние между двумя точечными зарядами 9 нКл и 18 нКл равно 40 см. Определите потенциал поля в точке, в которой напряженность поля равна нулю.(1,18 кВ)

24.16 Расстояние между зарядами 1 нКл и -10 нКл равно 55 см. Определите напряженность поля в точке, потенциал в которой равен нулю, если точка лежит на прямой, проходящей через заряды.(3,96 кВ/м; 2,17 кВ/м)

24.17 Два точечных заряда, один из которых в 4 раза больше второго, находятся на расстоянии 0,9 м друг от друга. Где на прямой, соединяющей заряды, находится точка, в которой напряженность поля равна нулю?(на расстоянии 0,3 м от меньшего заряда)

24.18 Одинаковые по величине, но противоположные по знаку заряды по 18 нКл расположены в двух вершинах равностороннего треугольника со стороной 2 м. Найдите напряженность и потенциал в третьей вершине треугольника.(40,5 В/м; 0)

24.19 Положительные точечные заряды $q_1 = 2 \cdot 10^{-6}$ Кл и $q_2 = 5 \cdot 10^{-6}$ Кл, находящиеся в вакууме, действуют друг на друга с силой $F = 0,25$ Н. Определите напряженность поля в точке, расположенной посередине между зарядами.($3 \cdot 10^5$ Кл)

24.20 Два точечных заряда 9 нКл и 16 нКл находятся в воздухе на расстоянии 5 см друг от друга. Найдите напряженность и потенциал поля в точке, удаленной на 3 см от первого и на 4 см от второго заряда.(126 кВ/м; 6,3 кВ)

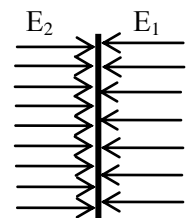
24.21 В двух противоположных вершинах квадрата со стороной 30 см находятся заряды по 200 нКл. Найдите напряженность и потенциал поля в двух других вершинах.(28,3 кВ/м; 12 кВ)

24.22 В вершинах квадрата со стороной $a = 10$ см расположены три положительных и один отрицательный точечные заряды по 49 нКл каждый. Найдите напряженность и потенциал поля в центре квадрата.($18 \cdot 10^4$ В/м; $1,26 \cdot 10^4$ В)

24.23 Заряды $q = 1$ нКл находятся в углах квадрата со стороной 0,1 м. Найдите разность потенциалов в поле этих зарядов между центром квадрата и серединой одной из сторон квадрата и напряжённость поля в этих точках.(11,9 В; 0; 1,29 кВ/м)

24.24 В однородном поле с напряженностью 40 кВ/м находится заряд 27 нКл. Найдите напряженность результирующего поля на расстоянии 9 см от заряда в точках: а) лежащих на силовой линии однородного поля, проходящей через заряд; б) лежащих на прямой, проходящей через заряд, перпендикулярно силовой линии.($7 \cdot 10^4$ В/м, $1 \cdot 10^4$ В/м; $5 \cdot 10^4$ В/м)

24.25 Результирующее электрическое поле образовано внешним однородным электрическим полем и заряженной металлической пластиной, которое вблизи пластины тоже можно считать однородным. Напряженность результирующего поля справа от пластины $E_1 = 3 \cdot 10^4$ В/м, а слева $E_2 = 5 \cdot 10^4$ В/м. Определите заряд пластины, если сила, действующая на нее со стороны внешнего электрического поля $F = 0,7$ Н.($7 \cdot 10^{-5}$ Кл)



24.26 Расстояние между пластинами плоского воздушного конденсатора $d = 10$ см, разность потенциалов $\Delta\phi = 90$ В. В непосредственной близости от положительной пластины закреплен точечный заряд $q_1 = -1$ нКл. Симметрично ему в непосредственной близости от отрицательной пластины закреплен точечный за-

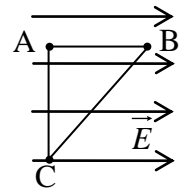
ряд $q_2 = +1$ нКл. Какова напряженность электрического поля в точке, равноудаленной от q_1 и q_2 на расстояние 10 см?(900 В/м)

24.27 Металлический шар радиусом $R = 10$ см окружен проводящей сферой в два раза большего радиуса. Центр сферы совпадает с центром шара. Шар заземляют, а сфере сообщают заряд $q = 10^{-8}$ Кл. Определите разность потенциалов между шаром и сферой.(225 В)

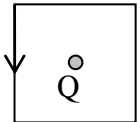
24.28 Внутренняя сфера радиуса R заземлена. Потенциал внешней сферы радиуса $2R$ равен ϕ . Центры сфер совпадают. Определите заряды сфер. ($-8\pi\epsilon_0 R\phi$, $16\pi\epsilon_0 R\phi$)

25. Работа по перемещению заряда в электрическом поле

25.1 Чему равна работа сил электрического поля по перемещению положительного заряда q из точки A в точку B по пути AB и по пути ACB в однородном поле напряженностью E ? Как при этом изменится кинетическая и потенциальная энергия заряда?



25.2 Точечный неподвижный заряд Q создает электростатическое поле. Заряд q перемещается в этом поле по траектории, представляющей собой квадрат со стороной a . Чему равна работа сил поля Q по перемещению заряда q ?



25.3 В однородном поле с напряженностью 1 кВ/м переместился заряд 25 нКл вдоль силовой линии на 2 см. Найдите работу сил поля, разность потенциалов между начальной и конечной точками перемещения, изменение энергии заряда.(0,5 мкДж; 20 В; 0,5 мкДж)

25.4 Какой скоростью обладает электрон, пролетевший разность потенциалов $U = 100$ В? Начальная скорость электрона равна нулю.($5,9 \cdot 10^6$ м/с)

25.5 Электрон, двигаясь под действием электрического поля, увеличил свою скорость с $10 \cdot 10^6$ м/с до $30 \cdot 10^6$ м/с. Найдите разность потенциалов между начальной и конечной точками перемещения.(2,3 кВ)

25.6 Электрон вылетает из точки, потенциал которой 450 В, со скоростью $4,5 \cdot 10^5$ м/с. Какую скорость он будет иметь в точке с потенциалом 475 В?($3 \cdot 10^6$ м/с)

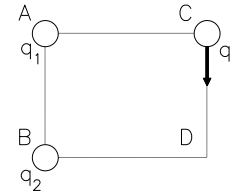
25.7 Какая совершается работа при переносе точечного заряда $q = 2 \cdot 10^{-8}$ Кл из бесконечности в точку, находящуюся на расстоянии $r = 1$ см от поверхности шара радиусом 1 см с поверхностной плотностью заряда $\sigma = 10^{-9}$ Кл/см²?($1,13 \cdot 10^{-4}$ Дж)

25.8 Какой энергией и скоростью должен обладать протон, чтобы приблизиться к ядру атома азота на расстояние $6 \cdot 10^{-15}$ м?($2,7 \cdot 10^{-13}$ Дж; $1,8 \cdot 10^7$ м/с)

25.9 Два электрона, находившиеся на бесконечно большом расстоянии один от другого, начинают двигаться навстречу друг другу с одинаковыми скоростями $V = 1,0$ км/с. Определите на какое наименьшее расстояние сблизятся электроны.(0,25 мм)

25.10 Протон на большом расстоянии от проводника имел скорость $V_0 = 10^6$ м/с. Потенциал проводника $\phi = -3$ кВ. Траектория протона заканчивается на поверхности проводника. Какую скорость имел протон вблизи этой поверхности?($1,25 \cdot 10^6$ м/с)

25.11 В вершинах равностороннего треугольника со стороной a расположены точечные заряды q . Какую работу нужно совершить, чтобы переместить заряд q_0 из середины одной из сторон треугольника в его центр? ($A = q_0(7/\sqrt{3} - 4)/4\pi\epsilon_0 a$)



25.12 Определите работу перемещения заряда $q = 5 \cdot 10^{-8}$ Кл из точки C в точку D, если $q_1 = 5$ мкКл, $q_2 = 2$ мкКл, $AC = BD = 0,4$ м, $AB = DC = 0,3$ м. Все заряды считать точечными. (675 мкДж)

25.13 Три одинаковые заряженные частицы с массами 40 г и зарядами 10^{-8} Кл первоначально закреплены в вершинах равностороннего треугольника со стороной 10 см. Затем одну из частиц освободили. Какую максимальную скорость приобретет эта частица. (3 см/с)

26. Движение зарядов в электрическом поле

26.1 Между горизонтальными пластинами заряженного плоского конденсатора находится пылинка массой $m = 10^{-9}$ г и зарядом $q = 3 \cdot 10^{-17}$ Кл. Какова напряженность поля в конденсаторе, если вес пылинки уравновешен силой электрического поля? ($3,3 \cdot 10^5$ В/м)

26.2 Сосуд с маслом, диэлектрическая проницаемость которого $\epsilon = 5$, помещен в однородное вертикальное электрическое поле. В масле находится во взвешенном состоянии алюминиевый шарик диаметром $d = 3$ мм, имеющий заряд $q = 10^{-7}$ Кл. Определите напряженность электрического поля внутри сосуда и вне его. ($E_1 = 2,4 \cdot 10^3$ В/м; $E_2 = 12 \cdot 10^3$ В/м)

26.3 Пылинка массой $m = 10^{-11}$ г взвешена в плоском конденсаторе. Расстояние между пластинами конденсатора $d = 0,5$ см. При освещении ультрафиолетовым светом пылинка теряет заряд и выходит из равновесия. Какой заряд потеряла пылинка, если первоначально к конденсатору было приложено напряжение $U_1 = 154$ В, а затем, чтобы опять вернуть пылинку в равновесие, пришлось прибавить 8 В? ($1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл)

26.4 Между пластинами плоского конденсатора, расположенного горизонтально, движется вниз с ускорением $a = 5,8$ м/с² капля масла радиусом $r = 14$ мкм. Разность потенциалов между пластинами $U = 500$ В, расстояние между пластинами $d = 9,6$ мм. Сколько избыточных электронов имеет капля? ($5,21 \cdot 10^3$)

26.5 Электрон движется по направлению силовых линий однородного поля, напряженность которого $E = 120$ В/м. Какое расстояние пролетит он до полной остановки, если его начальная скорость $V_0 = 1$ Мм/с? Сколько времени он будет двигаться до остановки? (2,4 см; 47 нс)

26.6 Вектор напряженности однородного электрического поля имеет компоненты: $E_x = 400$ В/м и $E_y = 300$ В/м. Вдоль направления силовой линии результирующего электрического поля влетает электрон, скорость которого на пути $L = 2,7$ мм изменяется в два раза. Определите скорость электрона в конце пути. ($4 \cdot 10^5$ м/с)

26.7 Два заряженных шарика, массы которых $m_1 = m_2 = 0,25$ г и заряды $q_1 = 2 \cdot 10^{-7}$ Кл и $q_2 = 3 \cdot 10^{-7}$ Кл, соединены легкой непроводящей нитью длиной $L = 30$ см и движутся вдоль силовой линии однородного электрического поля напряженно-

стью $E = 10^4$ В/м, которая направлена вертикально вниз. Определите ускорение шариков и натяжение нити при установившемся движении. (20 м/с²; $6,5 \cdot 10^{-3}$ Н)

26.8 Между пластинами плоского воздушного конденсатора с горизонтально расположенными пластинами находится заряженная капля масла массой $m = 10^{-8}$ г и зарядом $q = 10^{-15}$ Кл. При разности потенциалов между пластинами $U = 500$ В и при начальной скорости $V_0 = 0$ капля проходит некоторое расстояние в 2 раза медленнее, чем при отсутствии электрического поля. Найдите расстояние между пластинами. Соппротивлением воздуха пренебречь. ($6,7$ мм)

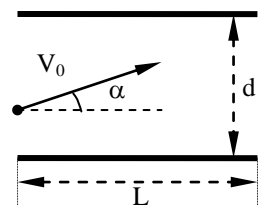
26.9 Электрон влетает в плоский горизонтальный конденсатор параллельно его пластинам со скоростью 10^7 м/с. Напряженность поля в конденсаторе 100 В/см, длина пластин 5 см. Найдите скорость электрона на выходе из конденсатора. ($13,3$ Мм/с)

26.10 Электрон влетает в плоский горизонтальный конденсатор параллельно его пластинам посередине между ними со скоростью $4 \cdot 10^7$ м/с. Какое минимальное напряжение нужно приложить к конденсатору, чтобы электрон не вылетел из него? Длина пластин 5 см, расстояние между пластинами 1 см. (360 В)

26.11 Электрон, летевший горизонтально со скоростью $V = 1,6 \cdot 10^6$ м/с, влетел в однородное электрическое поле с напряженностью $E = 91$ В/см, направленное вверх. Какова будет по модулю и направлению скорость электрона через время $t = 1$ нс? ($2,3$ Мм/с; 45°)

26.12 Электрон, летящий со скоростью V_0 , влетает в однородное поле заряженного конденсатора параллельно его пластинам и вылетает из него под углом α к направлению первоначального движения. Найдите напряженность поля конденсатора, зная длину пластин L , массу электрона m и его заряд e . Силой тяжести пренебречь. ($E = mV_0^2 \operatorname{tg} \alpha / eL$)

26.13 Электроны влетают со скоростью $V_0 = 4 \cdot 10^6$ м/с в однородное электрическое поле между обкладками плоского конденсатора. Длина обкладок $L = 18,2$ см, расстояние между ними $d = 10$ см, напряжение на конденсаторе $U = 10$ В. При каком угле α кинетическая энергия электронов в результате пролета через конденсатор не изменяется? ($\alpha = 5,8^\circ$)



26.14 Электрон, ускоренный разностью потенциалов $\Delta\phi_1 = 364$ В, влетает через дырку в отрицательной пластине конденсатора под углом $\alpha = 45^\circ$ к силовым линиям вектора напряженности электрического поля. Расстояние между пластинами конденсатора $d = 8$ см, разность потенциалов между ними $\Delta\phi_2 = 91$ В. С какой скоростью и под каким углом электрон упадет на положительную пластину? ($1,24 \cdot 10^7$ м/с; $39,2^\circ$)

27. Электроёмкость. Конденсаторы

В ниже расположенных схемах разность потенциалов между точками А и В $U = 100\text{В}$, ёмкости конденсаторов указаны в мкФ. Найдите для каждого соединения: общую ёмкость; заряд конденсатора с минимальной ёмкостью; разность потенциалов на конденсаторе с максимальной ёмкостью. [1) 12 мкФ, 200 мкКл, 100 В; 2) 2 мкФ, 200 мкКл, 16,6 В; 3) 8 мкФ, 133,2 мкКл, 33,3 В; 4) 3 мкФ, 100 мкКл, 16,7 В; 5) 2 мкФ, 50 мкКл, 16,7 В; 6) 16 мкФ, 300 мкКл, 100 В; 7) 4 мкФ, 200 мкКл, 0 В]

27.1 Четыре одинаковых конденсатора включены один раз по схеме а), а другой – по схеме б). Ёмкость какой батареи таких конденсаторов больше? (в схеме б)

27.2 Конденсатор постоянной ёмкости 50 пФ и конденсатор переменной ёмкости 40-550 пФ соединены параллельно. Каковы пределы ёмкости такой батареи? (90÷600 пФ)

27.3 Ёмкость батареи конденсаторов, приведенной на рисунке, не изменяется при замыкании ключа К. Определите ёмкость конденсатора C_x . (2C)

27.4 Определите силу, с которой притягиваются пластины плоского воздушного конденсатора, заряженного до разности потенциалов $U = 1000\text{ В}$. Площадь пластин $S = 100\text{ см}^2$, расстояние между пластинами $d = 1\text{ мм}$. (44 мН)

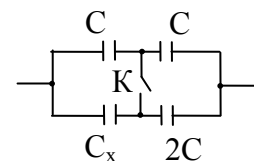
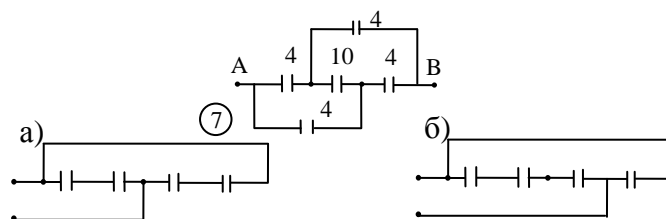
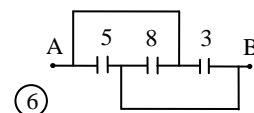
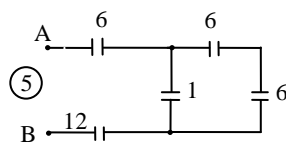
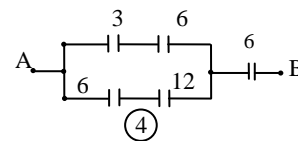
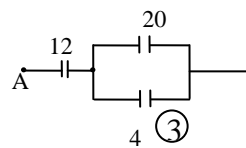
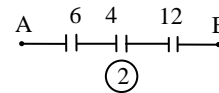
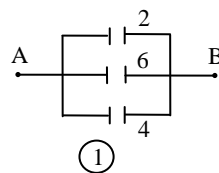
27.5 Отсоединённый от батареи конденсатор заряжен до разности потенциалов U . Как изменится разность потенциалов, если его заполнить диэлектриком с диэлектрической проницаемостью ϵ ? (уменьшится в ϵ раз)

27.6 Плоский конденсатор заряжен до некоторой разности потенциалов. В конденсатор вдвинули диэлектрическую пластину. После этого для восстановления прежней разности потенциалов пришлось увеличить заряд пластины в три раза. Найти диэлектрическую проницаемость пластины. (3)

27.7 Плоский конденсатор с площадью пластин по 1000 см^2 каждая и толщиной воздушной прослойки между ними 2 мм заряжают до 300 В. Затем пластины раздвигают на расстояние 40 мм. Найдите энергию поля конденсатора до и после раздвижения пластин, если источник напряжения перед раздвижением отключают. ($W_1 = 20\text{ мкДж}$; $W_2 = 418\text{ мкДж}$)

27.8 Как изменится энергия конденсатора, если при неизменной разности потенциалов между его пластинами увеличить площадь каждой пластины и расстояние между ними в n раз? При неизменных геометрических параметрах увеличить заряд в n раз? (1, n^2)

27.9 Расстояние между пластинами заряженного плоского конденсатора уменьшили в 2 раза. Во сколько раз изменилась энергия электрического поля конденса-



тора, если пластины перемещали при: а) отключенном источнике тока; б) источник остается подключенным. (1/2; 2)

27.10 Две пластины площадью 100 см^2 погружены в масло, диэлектрическая проницаемость которого $\varepsilon = 2$, и подключены к полюсам источника тока с напряжением $U = 300 \text{ В}$. Какую работу необходимо совершить, чтобы после отключения батареи, уменьшить расстояние между пластинами от 5 см до 1 см ? (0,13 мкДж)

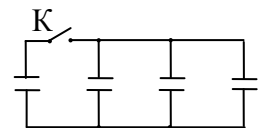
27.11 Конденсатор емкостью 3 мкФ заряжен до разности потенциалов 300 В , конденсатор емкостью 2 мкФ – до 200 В . Оба конденсатора соединены после зарядки параллельно одноименно заряженными пластинами. Какая разность потенциалов установится на обкладках конденсаторов после их соединения? (260 В)

27.12 После того как конденсатор, заряженный до разности потенциалов $U_1 = 500 \text{ В}$, соединили параллельно с незаряженным конденсатором емкостью $C_2 = 4 \text{ мкФ}$, между обкладками конденсаторов установилась разность потенциалов $U_2 = 100 \text{ В}$. Чему равна емкость первого конденсатора? (1 мкФ)

27.13 Два конденсатора емкостью C_1 и C_2 подключают параллельно к источнику тока с напряжением U . Затем их отключают от источника и соединяют между собой разноименно заряженными пластинами. Найдите установившуюся разность потенциалов между пластинами конденсаторов. ($U' = U|C_1 - C_2| / (C_1 + C_2)$)

27.14 Конденсатор емкостью $3 \cdot 10^{-3} \text{ Ф}$ был заряжен до разности потенциалов 40 В . После отключения от источника тока этот конденсатор был подключен к другому незаряженному конденсатору емкостью $5 \cdot 10^{-3} \text{ Ф}$. Какая энергия израсходуется на образование искры в момент соединения конденсаторов? (1,5 Дж)

27.15 В схеме, приведенной на рисунке, левый конденсатор заряжен до энергии 1 Дж . Найдите энергию всей системы конденсаторов после замыкания ключа K . Емкости всех конденсаторов одинаковы и равны C . (0,25 Дж)



27.16 Большая шарообразная капля воды получена в результате слияния $n = 125$ одинаковых шарообразных капелек. До какого потенциала были заряжены капельки, если потенциал большой капли оказался равным $\varphi = 2,5 \text{ В}$? (0,1 В)

27.17 Два металлических заряженных шара соединяют проволокой. Покажите, что после соединения поверхностные плотности зарядов на шарах будут обратно пропорциональны их радиусам.

27.18 Заряженный до потенциала 300 В шар радиусом $R = 15 \text{ см}$ соединяется с незаряженным шаром длинной тонкой проволокой. После соединения потенциал шара оказался равным 100 В . Каков радиус второго шара? (30 см)

27.19 Проводники, заряженные одинаковым зарядом, имеют потенциалы $\varphi_1 = 40 \text{ В}$ и $\varphi_2 = 60 \text{ В}$. Каким будет потенциал этих проводников, если их соединить тонкой проволокой? (48 В)

27.20 Два шара, один радиусом $R_1 = 5 \text{ см}$ с зарядом $q_1 = 0,8 \text{ нКл}$, другого радиуса $R_2 = 10 \text{ см}$ с зарядом $q_2 = -2 \text{ нКл}$, соединяют длинной тонкой проволокой. Какой заряд переместится по ней? Каким будет потенциал шаров после соединения? ($\Delta q = 1,2 \text{ нКл}$; $\varphi = -72 \text{ В}$)

27.21 Медный заряженный шарик радиусом $R_1 = 1 \text{ см}$ и потенциалом $\varphi_1 = 270 \text{ В}$ внесли внутрь полого шара с $R_2 = 10 \text{ см}$ и $\varphi_2 = 450 \text{ В}$. Определите потенциалы и заряды шаров после их соприкосновения. (480 В; 5,3 нКл)

Постоянный ток

Основные понятия и формулы

1. Электрический ток: упорядоченное (направленное) движение свободных зарядов в проводнике.
2. Сила тока I : заряд q , прошедший через поперечное сечение проводника в единицу времени t . $I = q/t$ [А].
3. Направление тока: направление движения положительных зарядов.
4. Сторонние силы: силы, действующие в источнике тока, и разделяющие разноименные электрические заряды.
5. Неоднородный участок электрической цепи – участок, на протяжении которого действуют электрические и сторонние силы.
Однородный участок электрической цепи – участок, на протяжении которого действуют только электрические силы.
6. Электродвижущая сила (ЭДС.) ε : работа сторонних сил $A_{ст}$ по переносу единичного положительного заряда в замкнутой цепи. $\varepsilon = A_{ст}/q$ [В].
7. Напряжение: работа сторонних и электрических сил по переносу единицы заряда в электрической цепи. $U = (A_{ст} + A_{эл})/q = A_{ст}/q + A_{эл}/q = \varepsilon + \Delta\varphi$ [В].
8. Электрическое сопротивление проводника: $R = \rho L/S$ [Ом], где ρ - удельное сопротивление проводника, L - его длина, S – площадь его поперечного сечения.
9. Зависимость удельного сопротивления от температуры: $\rho = \rho_0(1+\alpha t)$, где ρ_0 - удельное сопротивление при $t = 0$ °С, α – температурный коэффициент сопротивления.

10. Общее сопротивление R системы n проводников:

а) при последовательном соединении:
$$R = \sum_{i=1}^n R_i,$$

б) при параллельном соединении:
$$1/R = \sum_{i=1}^n 1/R_i.$$

11. Закон Ома: а) для однородного участка цепи:

$$I = \Delta\varphi/R = U/R,$$

б) для неоднородного участка:

$$I = (\varepsilon + \Delta\varphi)/(R + r),$$

в) для замкнутой цепи:

$$I = \varepsilon/(R + r),$$

где r – внутреннее сопротивление источника тока.

12. Законы Кирхгофа для разветвленных цепей:

а) для узла электрической цепи:
$$\sum_{i=1}^n I_i = 0,$$

б) для замкнутой цепи:
$$\sum_{i=1}^m I_i R_i = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i.$$

13. Работа тока:

$$A = IUt = I^2 R t = U^2 t / R.$$

14. Мощность тока:

$$P = IU = I^2 R = U^2 / R.$$

15. Закон Джоуля – Ленца:

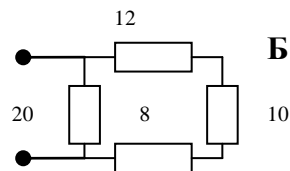
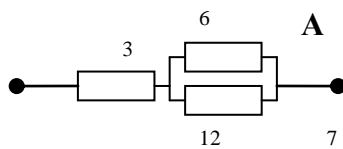
$$Q = IUt = I^2 R t = U^2 t / R,$$

где Q – количество теплоты, выделившееся в проводнике за время t .

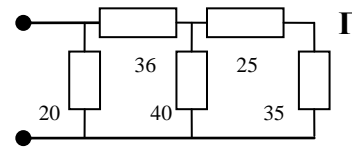
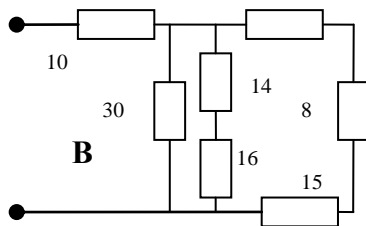
16. Закон Фарадея для электролиза: $m = kq = kIt$, $k = M/(F \cdot n)$, где m – масса вещества, выделившегося на электроде, q – заряд, прошедший через электролит, k – электрохимический эквивалент вещества, M – молярная масса вещества, осаждаемого на электроде, n – его валентность, F – число Фарадея.

28. Сопротивление проводников и их соединений

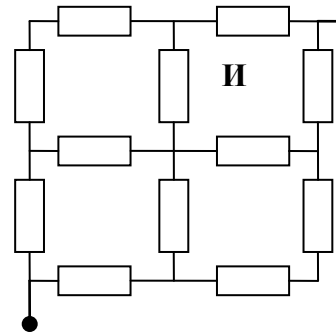
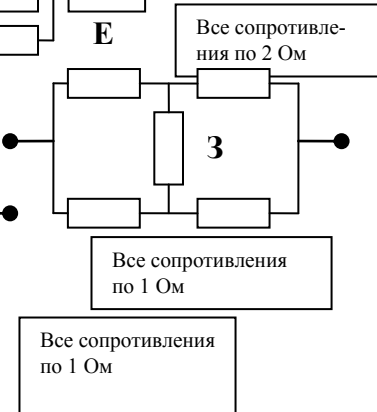
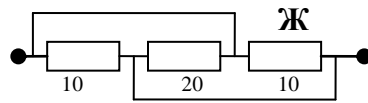
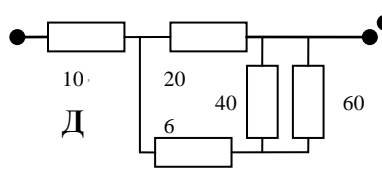
28.1 Ток в цепи меняется согласно графику, изображенному на рисунке А. Масштаб по оси X – 1 секунда, по оси Y – 0,1 А. Найти прошедший заряд за двадцать секунд. (0,1 Кл)



28.2 Во сколько раз изменится сопротивление участка электрической цепи, если последовательное соединение трех одинаковых сопротивлений заменить параллельным? (в 9 раз)



28.3 Вычислите общее сопротивление участков АВ (на схемах цифрами указаны величины каждого сопротивления в Омах). [а) 7 Ом; б) 12 Ом; в) 20 Ом; г) 15 Ом; д) 22 Ом; е) $\approx 4,3$ Ом; ж) 4 Ом; з) 1 Ом; и) 1,5 Ом]



28.4 Если медный и железный провод имеют одинаковое сечение, но первый длиннее второго в 2 раза, то во сколько раз отличаются их сопротивления? (2,81)

28.5 Какую длину имеет проволочный проводник диаметром 1 мм с сопротивлением 1 Ом, если он выполнен из: а) меди; б) железа; в) нихрома? (49,1 м; 8,7 м; 1,96 м)

28.6 Сколько витков нихромовой проволоки диаметром 1 мм надо навить на фарфоровый цилиндр радиусом 2,5 см, чтобы получить нагревательную печь с сопротивлением 40 Ом? (500 витков)

28.7 Катушка из медной проволоки имеет сопротивление $R = 10,19$ Ом. Масса проволоки 3,493 кг. Сколько метров проволоки и какого диаметра намотано на катушку? (500 м; 1 мм)

28.8 Во сколько раз изменится сопротивление медной проволоки при ее нагревании от 23°C до 200°C ? (1,6)

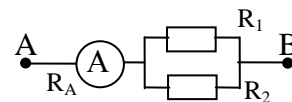
28.9 Из нихромовой проволоки радиусом 0,1 мм выполнено кольцо диаметром 10 см. Как нужно подключить два подводящих провода к кольцу, чтобы сопротивление между точками подключения составило 0,75 Ом? (1/4 кольца)

29. Законы Ома

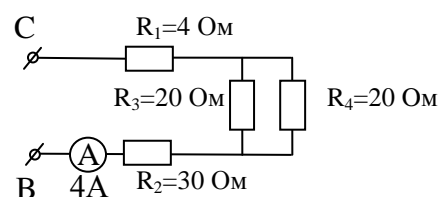
29.1 К зажимам батареи с $\varepsilon = 10$ В и $r = 1$ Ом подсоединили вольтметр с сопротивлением $R_v = 100$ Ом. Определить показание вольтметра и вычислить относительную погрешность его показания, которая получается в предположении, что вольтметр имеет бесконечно большое сопротивление. (9,9 В; 1 %)

29.2 В цепь с сопротивлением $R = 49$ Ом и источником тока $\varepsilon = 10$ В и внутренним сопротивлением $r = 1$ Ом включили амперметр с сопротивлением $R_A = 1$ Ом. Найти показание амперметра и относительную погрешность его показания, в предположении, что амперметр имеет бесконечно малое сопротивление. (0,2 А; 2%)

29.3 Амперметр, включенный в участок АВ, показывает силу тока 0,5 А. $R_A = 2$ Ом, $R_1 = 20$ Ом, $R_2 = 30$ Ом. Найдите: 1) падение напряжения на амперметре и сопротивлениях R_1 и R_2 ; 2) силу тока, текущего по сопротивлениям R_1 и R_2 . (1 В, 6 В, 6 В; 0,3 А, 0,2 А)

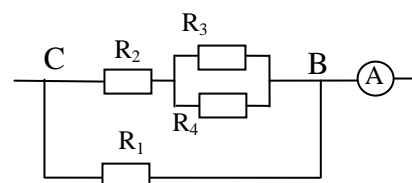


29.4 По данным, указанным на схеме, определите падение напряжения на каждом сопротивлении и падение напряжения между точками С и В. (16 В; 120 В; 40 В; 176 В)



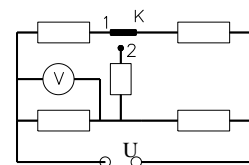
29.5 Три проводника из стали, никрома и меди одинаковой длины и одинакового сечения соединены параллельно. Определите величину тока в каждом проводнике, если известно, что по стальному проводнику идет ток 0,4 А. (0,1 А; 2,5 А)

29.6 В электрическую цепь включены четыре резистора с сопротивлениями $R_1 = 30$ Ом, $R_2 = 12$ Ом, $R_3 = 40$ Ом, $R_4 = 10$ Ом. Амперметр показывает силу тока равную 2 А. определите напряжение между точка С и В и силу тока в резисторах R_3 и R_4 . ($U = 24$ В; $I_3 = 0,24$ А; $I_4 = 0,96$ А)



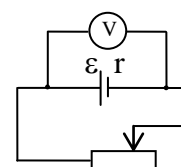
29.7 Участки цепи в задаче 28.3 в пунктах а, б, в, г, д, ж подключены к источнику с напряжением 100 В. Найдите ток, текущий по каждому сопротивлению и падение напряжения на самом большом по величине сопротивлении.

29.8 Как изменятся показания вольтметра после переключения ключа из положения 1 в положение 2? Все сопротивления в схеме одинаковы, вольтметр идеальный. (увеличится в 1,2 раза)



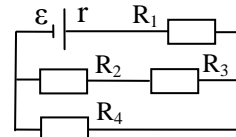
29.9 Электродвигатель, рассчитанный на напряжение $U = 120$ В и ток $I = 20$ А., установлен на расстоянии $L = 150$ м от источника напряжения $U_0 = 127$ В. Найдите нужное сечение проводов линии «источник-электродвигатель», если провода медные. (13,7 мм²)

29.10 Источник тока $\varepsilon = 12$ В, замкнутый накоротко, дает ток 24 А. Какой ток потечет по этому источнику, если к нему подключить сопротивление 5,5 Ом? (2 А)

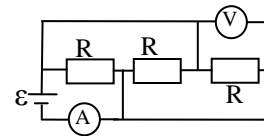


29.11 Как изменится показание вольтметра, если движок реостата передвинуть влево? Сопротивление вольтметра считать бесконечно большим. Ответ обосновать. (уменьшится)

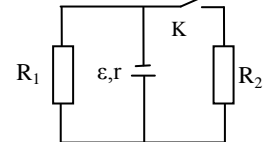
29.12 Параметры цепи, приведенной на рисунке, следующие: $\varepsilon = 12 \text{ В}$, $r = 1 \text{ Ом}$, $R_1 = 7 \text{ Ом}$, $R_2 = 4 \text{ Ом}$, $R_3 = 8 \text{ Ом}$, $R_4 = 6 \text{ Ом}$. Найдите ток, текущий по сопротивлению R_3 . (0,33 А)



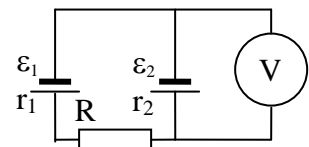
29.13 На рисунке изображена электрическая цепь, в которой $\varepsilon = 4 \text{ В}$, $r = 1 \text{ Ом}$, $R = 45 \text{ Ом}$. Определите показания вольтметра и амперметра. Считать сопротивление вольтметра бесконечно большим, а сопротивление амперметра бесконечно малым. Сопротивлением проводов пренебречь. Каким будет показание амперметра, если его сопротивление $R_A = 4 \text{ Ом}$? ($I_1 = 0,25 \text{ А}$; $U_1 = 3,75 \text{ В}$; $I_2 = 0,2 \text{ А}$)



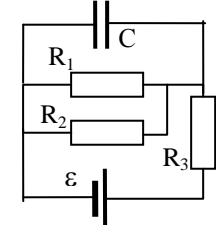
29.14 В схеме, показанной на рисунке, резисторы имеют сопротивления $R_1 = 1 \text{ Ом}$, $R_2 = 2 \text{ Ом}$. Определите внутреннее сопротивление батареи, если при разомкнутом ключе К через резистор сопротивлением R_1 протекает ток $I = 2,8 \text{ А}$, а при замкнутом ключе К через резистор R_2 протекает ток $I = 1 \text{ А}$ (4 Ом)



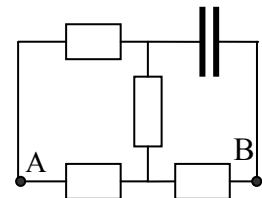
29.15 В схеме, изображенной на рисунке, $\varepsilon_1 = 10 \text{ В}$, $r_1 = 1 \text{ Ом}$, $\varepsilon_2 = 2 \text{ В}$, $r_2 = 1 \text{ Ом}$, $R = 8 \text{ Ом}$. Считая сопротивление вольтметра бесконечно большим, найдите его показания. (9,2 В)



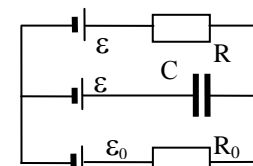
29.16 Электрическая цепь собрана по схеме, изображенной на рисунке. Сопротивления $R_1 = R_2 = 25 \text{ Ом}$, $R_3 = 41,2 \text{ Ом}$. Внутреннее сопротивление источника тока равно $r = 8,8 \text{ Ом}$. Найти ЭДС источника, если емкость конденсатора равна $C = 5 \text{ мкФ}$, заряд на его пластинах равен $q = 110 \text{ мкКл}$. (110 В)



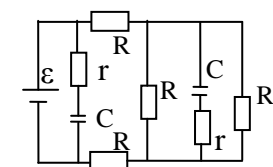
29.17 Конденсатор ёмкости C и резисторы, сопротивления которых равны R , включены в электрическую цепь. Найти установившийся заряд на конденсаторе. Разность потенциалов между точками А и В равна U_0 . ($4U_0C/5$)



29.18 В схеме, изображенной на рисунке, известны ЭДС ε и ε_0 источников, сопротивления R и R_0 резисторов, а также емкость C конденсатора. Внутренние сопротивления источников пренебрежимо малы. Найдите заряд на обкладках конденсатора. ($q = RC(\varepsilon_0 - \varepsilon)/(R + R_0)$)



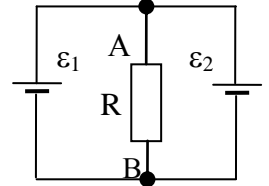
29.19 Найдите отношения зарядов на конденсаторах в схеме, изображенной на рисунке. Номиналы всех элементов указаны на схеме. Внутренним сопротивлением источника пренебречь. ($n = 5$)



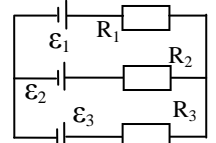
30. Законы Кирхгофа

30.1 Решите задачи **29.12**, **29.14**, **29.16** и **29.18** с применением законов Кирхгофа.

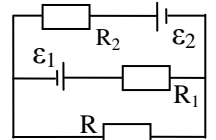
30.2 Дана схема электрической цепи. Найдите ток, идущий через сопротивление $R = 20 \text{ Ом}$ и разность потенциалов между точками А и В, если ЭДС источников $\varepsilon_1 = 6 \text{ В}$, $\varepsilon_2 = 4 \text{ В}$, внутренние сопротивления равны соответственно $r_1 = 2 \text{ Ом}$ и $r_2 = 1 \text{ Ом}$. Сопротивлением проводящих проводов пренебречь. (0,23 А; 4,52 В)



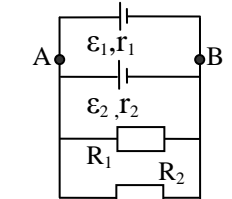
30.3 Два элемента с ЭДС $\varepsilon_1 = 2 \text{ В}$, $\varepsilon_2 = 1,5 \text{ В}$ и внутренними сопротивлениями $r_1 = r_2 = 0,5 \text{ Ом}$ соединены параллельно. Найдите величину внешнего сопротивления R , если ток, текущий через первый элемент $I_1 = 0,89 \text{ А}$, а через второй $I_2 = 0,11 \text{ А}$. ($R = 2 \text{ Ом}$)



30.4 В цепи, изображенной на рисунке, дано: $\varepsilon_1 = 30 \text{ В}$, $\varepsilon_2 = 60 \text{ В}$, $\varepsilon_3 = 180 \text{ В}$, $R_1 = 3 \text{ Ом}$, $R_2 = 6 \text{ Ом}$, $R_3 = 12 \text{ Ом}$. Найдите токи в этой цепи. Внутренним сопротивлением источников пренебречь. (10 А; 0; 10 А)

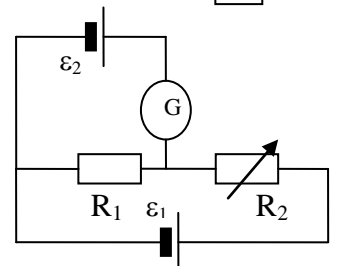


30.5 Найдите направление и значение силы тока через сопротивление R , если ЭДС источников $\varepsilon_1 = 1,5 \text{ В}$, $\varepsilon_2 = 3,7 \text{ В}$ и $R_1 = 10 \text{ Ом}$, $R_2 = 20 \text{ Ом}$, $R = 5 \text{ Ом}$. Внутренние сопротивления источников пренебрежимо малы. (0,02 А)

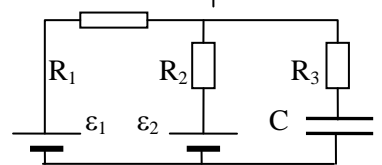


30.6 Два аккумулятора, ЭДС которых $\varepsilon_1 = 6 \text{ В}$, $\varepsilon_2 = 12 \text{ В}$, а внутренние сопротивления соответственно $r_1 = 2 \text{ Ом}$, $r_2 = 3 \text{ Ом}$, соединены с сопротивлениями $R_1 = 10 \text{ Ом}$ и $R_2 = 15 \text{ Ом}$, как показано на схеме. Найдите напряжение между точками А и В. (7 В)

30.7 Для определения неизвестной ЭДС иногда пользуются схемой, изображенной на рисунке. Меняя сопротивление R_2 , можно добиться того, что ток через гальванометр G равен нулю. Найдите ε_2 , если это происходит при $R_2 = 15 \text{ Ом}$, $R_1 = 30 \text{ Ом}$, $\varepsilon_1 = 90 \text{ В}$. (60 В)



30.8 Найдите заряд конденсатора, включенного в схему, изображенную на рисунке, если величина сопротивления $R_1 = 1 \text{ Ом}$, $R_2 = 3 \text{ Ом}$, емкость конденсатора $C = 2 \text{ мкФ}$, ЭДС источников $\varepsilon_1 = 4 \text{ В}$ и $\varepsilon_2 = 2 \text{ В}$, их внутренние сопротивления $r_1 = 0,25 \text{ Ом}$, $r_2 = 0,75 \text{ Ом}$. ($7 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$)

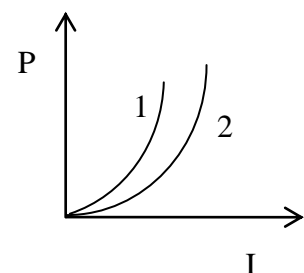


31. Работа и мощность тока. Закон Джоуля – Ленца

31.1 На рисунке приведены графики зависимости мощности от силы тока для двух резисторов. У какого из них сопротивление больше? Ответ обосновать. (у первого)

31.2 Определите сопротивление и силу номинального тока бытовой стоваттной лампочки. (484 Ом; 0,45 А)

31.3 Лампочка и реостат, соединенные последовательно, присоединены к источнику тока. Напряжение U на зажимах лампочки равно 40 В, сопротивление R реостата рав-



но 10 Ом. Внешняя цепь потребляет мощность $P = 120$ Вт. Найдите силу тока I в цепи. (2 А)

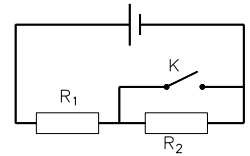
31.4 К источнику тока с $\varepsilon = 100$ В и $r = 3$ Ом присоединено переменное внешнее сопротивление R . Постройте график зависимости мощности, выделяющейся на R от величины R (в пределах R от 0 до 6 Ом через 1 Ом).

31.5 Два проводника сопротивлением 4 Ом и 7 Ом соединены параллельно. В первом проводнике выделилось 560 Дж теплоты. Сколько теплоты выделится за это время во втором проводнике? (320 Дж)

31.6 Аккумулятор с внутренним сопротивлением $r = 0,08$ Ом при токе $I_1 = 4$ А отдает во внешнюю цепь мощность $P_1 = 8$ Вт. Какую мощность P_2 отдаст он во внешнюю цепь при токе $I_2 = 6$ А? (11 Вт)

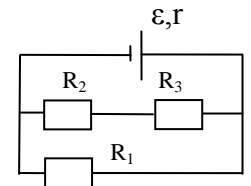
31.7 При силе тока $I_1 = 3$ А во внешней цепи батареи аккумуляторов выделяется мощность $P_1 = 18$ Вт, при силе тока $I_2 = 1$ А - соответственно $P_2 = 10$ Вт. Определите ЭДС и внутреннее сопротивление батареи. Для каждого режима работы батареи найдите ее к.п.д. (12 В; 2 Ом; 50%; 83%)

31.8 В цепи, изображенной на рисунке, тепловая мощность выделяемая во внешней цепи, одинакова при замкнутом и разомкнутом ключе. Определите внутреннее сопротивление батареи, если $R_1 = 4$ Ом, $R_2 = 5$ Ом. ($r = 6$ Ом)

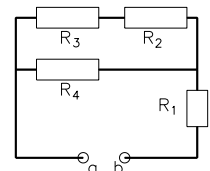


31.9 При подключении к батарее резистора на нём выделяется мощность $P_1 = 12$ Вт. При этом КПД системы, состоящей из резистора и батареи, оказался равным $\eta = 0,5$. Найти КПД системы при подключении к батарее другого резистора, на котором выделяется мощность $P_2 = 9$ Вт. (0,25 или 0,75)

31.10 Найдите мощность, выделяющуюся в проводниках, если $R_1 = 20$ Ом, $R_2 = 5$ Ом, $R_3 = 10$ Ом, $\varepsilon = 120$ В и $r = 1$ Ом. Вычислите КПД источника тока. ($P_1 = 51,2$ Вт; $P_2 = 205$ Вт; $P_3 = 640$ Вт; $\eta = 0,93$)



31.11 В схеме приведенной на рисунке четыре резистора имеют равные сопротивления. Если к выводам а и б приложить некоторое напряжение, то резистор R_1 потребляет мощность 18 Вт. Найти мощности потребляемые остальными резисторами. ($P_2 = P_3 = 2$ Вт; $P_4 = 8$ Вт)



31.12 Ток от источника к потребителю подводится по медным проводам, общая длина которых $L = 625$ м, сечение $S = 2,5$ мм². Напряжение на источнике $U_0 = 120$ В. Потребителем является печь мощностью 500 Вт. Каково сопротивление печи? Учсть, что токовая нагрузка на медный провод не должна превышать 8 А/мм². (20 Ом)

31.13 Электровоз, тянувший состав массой $m = 1200$ т, прошел за 7 суток расстояние 7500 км и потребил при этом $8,4 \cdot 10^5$ кВт·ч. электроэнергии. Каково КПД электровоза и сила тока в его двигателях, если напряжение контактной сети 3 кВ, а сила тяги электровоза составляет 1/30 веса состава? (99%; 1667 А)

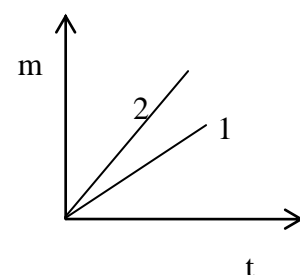
31.14 Тяговый электродвигатель подъемного крана работает от сети с напряжением 220 В при токе 10 А за 1 час 20 мин поднимает груз массой 26 т на высоту 30 м. Определите мощность тока и КПД установки. (2200 Вт; 74 %)

31.15 Троллейбус массой 11 т движется со скоростью 36 км/час. Найдите силу тока в обмотке, если напряжение равно 550 В и КПД 80%. Коэффициент сопротивления движению равен 0,02. (50 А)

- 31.16** Определите ЭДС аккумулятора, подзаряжаемого от сети с напряжением $U = 12$ В и внутренним сопротивлением равным нулю, если половина потребляемой энергии выделяется в аккумуляторе в виде тепла. (6 В)
- 31.17** Для нагревания 4,5 л воды от 23 °С до кипения нагреватель потребляет 0,5 кВт·ч. электроэнергии. Чему равен КПД нагревателя? (81%)
- 31.18** Какой длины надо взять нихромовый проводник сечением $0,1$ мм², чтобы изготовить нагреватель способный за 3 мин. нагреть 200 г воды от 0 °С до 100 °С, если КПД равен 90%, напряжение в сети 220 В? (23 м)
- 31.19** В медном проводнике длиной 2 м и площадью поперечного сечения $0,4$ мм² идет ток, при котором каждую секунду выделяется 0,35 Дж теплоты. Сколько электронов прошло за 1 с через поперечное сечение проводника? ($1,31 \cdot 10^{19}$)
- 31.20** За какое время в электрочайнике мощностью $P = 600$ Вт можно вскипятить 1 л воды, взятой при $t_1 = 20$ °С. КПД чайника 70%. (13,3 мин)
- 31.21** Сколько времени надо нагревать на электроплитке мощностью $P = 600$ Вт при КПД $\eta = 75\%$ массу 2 кг льда, взятого при температуре $t_1 = -16$ °С, чтобы обратить его в воду, а полученную воду нагреть до $t_2 = 100$ °С? (58 минут)
- 31.22** Спираль нагревателя имеет сопротивление $R_1 = 5$ Ом и питается от источника тока с внутренним сопротивлением $r = 20$ Ом. Какое сопротивление нужно подключить последовательно с нагревателем, чтобы его мощность уменьшилась в 4 раза? (25 Ом)
- 31.23** Источник тока один раз замыкается на сопротивление 4 Ом, другой раз - на сопротивление 9 Ом. И в том и в другом случаях количество теплоты, выделившееся в этих сопротивлениях, оказывается одинаковым. Определите внутреннее сопротивление источника тока. (6 Ом)
- 31.24** Электрический чайник имеет две обмотки. При включении одной из них вода в чайнике закипает через 15 мин, при включении другой – через 30 мин. Через сколько минут закипит вода в чайнике, если включить обе обмотки: а) последовательно; б) параллельно? (45 мин; 10 мин)
- 31.25** В сеть включены параллельно электрический чайник и кастрюля, потребляющие при этом мощности $P_1 = 300$ Вт и $P_2 = 600$ Вт соответственно. Вода в них закипает одновременно через $\tau = 20$ мин. На сколько позже закипит вода в кастрюле, чем в чайнике, если из включить в ту же сеть последовательно? (135 мин)
- 31.26** Во сколько раз нужно повысить напряжение источника, чтобы потери в линии электропередачи уменьшились в n раз? Мощность, отдаваемую источником, считать постоянной. (в \sqrt{n} раз)

32. Электролиз

32.1 На рисунке представлены зависимости массы двух различных веществ, выделяемых на электродах при электролизе, от времени протекания тока через электролит. Какому из этих графиков соответствует вещество с более высоким значением электрохимического эквивалента, если сила тока в обоих случаях одинакова?



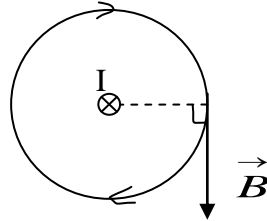
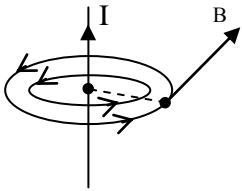
32.2 Молярная масса золота 197 г/моль, валентность равна 3. Вычислите электрохимический эквивалент золота. (0,68 мг/Кл)

- 32.3** Сколько времени нужно пропускать электрический ток через раствор серной кислоты для получения 1 г водорода при силе тока в цепи 0,1 А?(277,7 час)
- 32.4** В электролитической ванне, содержащей раствор AgNO_3 , течет ток 1 мкА. Сколько атомов серебра выделится на катоде за 1 с?($6,3 \cdot 10^{12}$)
- 32.5** Медь выделяют из раствора CuSO_4 при напряжении 10 В. Найти расход электроэнергии на 1 кг меди (без учета потерь).(30 МДж)
- 32.6** При серебрении пластинки через раствор нитрата серебра проходит ток плотностью $j = 2 \text{ кА/м}^2$. С какой скоростью растёт толщина серебряного покрытия пластинки?(0,77 мм/час)
- 32.7** Какой объём при нормальных условиях будет занимать водород, выделившийся в процессе электролиза за время $t = 5$ минут, если ток через электролит равен $I = 0,1 \text{ А}$.(3,4 см³)
- 32.8** При электролизе воды через ванну прошёл заряд 4 кКл, при этом выделилось 0,4 л водорода при давлении 128 кПа. Определить температуру водорода.(308 К)
- 32.9** При электролитическом получении алюминия используются ванны, работающие под напряжением 5 В при силе тока 40 кА. Сколько требуется времени для получения 1 т алюминия, и каков при этом расход энергии?(3,1 сут; 15 МВт·час)
- 32.10** При электролизе раствора H_2SO_4 из электролитической ванны с сопротивлением $R = 0,4 \text{ Ом}$ за время $\tau = 30$ мин выделилось $V = 3,3$ л водорода (при нормальных условиях). Определите мощность, израсходованную на нагревание электролита.(104 Вт)
- 32.11** Сколько меди выделится на катоде за время $t = 200$ с при электролизе сернистой меди, если в течение первых 100 с сила тока равномерно возрастала от 0 до 6 А, а в течение следующих 100 с она равномерно уменьшалась до 2 А?($2,31 \cdot 10^{-4}$ кг)

Электродинамика

Основные понятия и формулы

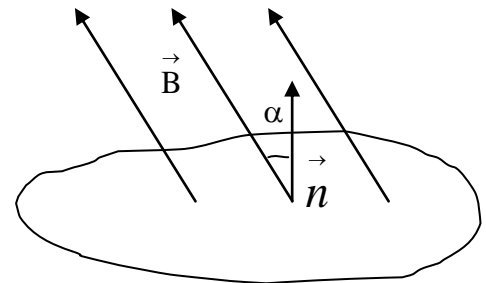
1. Источники магнитного поля: электрический ток, движущийся электрический заряд, постоянные магниты.
2. Основная силовая количественная характеристика магнитного поля в данной точке: вектор магнитной индукции \vec{B} [Тл].
3. Силовые линии магнитного поля – такие линии, в каждой точке которых \vec{B} является касательной.



4. Сила, действующая на проводник с током в магнитном поле (сила Ампера)
 $F_A = I \ell \cdot \sin \alpha$, где I – сила тока в проводнике, ℓ – длина проводника, B – индукция магнитного поля, α – угол между направлением тока в проводнике и вектором магнитной индукции.
5. Сила, действующая на движущийся в магнитном поле заряд q (сила Лоренца)
 $F_L = q \cdot V \cdot B \cdot \sin \alpha$, где V – скорость заряженной частицы, α – угол между вектором скорости и индукции магнитного поля.
6. Магнитный поток через площадь ограниченную контуром в однородном магнитном поле

$$\Phi = B S \cos \alpha \text{ [Вб]}$$

где S – площадь контура, α – угол между вектором магнитной индукции и нормалью \vec{n} к плоскости контура.



7. Закон электромагнитной индукции (закон Фарадея)

$$\varepsilon_{\text{средняя}} = -\Delta\Phi/\Delta t; \quad \varepsilon_{\text{мгновенная}} = -\Phi'_t = -d\Phi/dt$$

8. Индуктивность контура $L = \Phi/I$ [Тл].

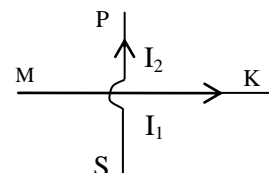
9. ЭДС самоиндукции $\varepsilon_{\text{средняя}} = -L \cdot \Delta I/\Delta t$; $\varepsilon_{\text{мгновенная}} = -LI'_t = -LdI/dt$.

10. Энергия магнитного поля $W = LI^2/2$.

33 Сила Ампера

33.1 По двум прямым параллельным проводникам текут токи одного направления. Докажите, что эти проводники притягиваются.

33.2 Два прямолинейных бесконечно длинных проводника с током расположены взаимно перпендикулярно в одной плоскости. Как направлены силы Ампера, действующие на проводник МК, со стороны магнитного поля, создаваемого проводником PS. Ответ обоснуйте.



33.3 Линейный проводник с током помещен в однородное магнитное поле с индукцией 0,2 Тл. Определите силу, действующую на проводник, если длина проводника 10 см, сила тока в нем 3 А, а направление тока составляет с направлением поля угол 45° . (42 мН)

33.4 В однородном магнитном поле с индукцией 0,25 Тл находится проводник длиной 1,4 м, на который действует сила 2,1 Н при силе тока в проводнике 12 А. Найдите угол между направлением тока в проводнике и направлением магнитного поля. (30°)

33.5 По горизонтальному проводнику длиной 20 см и массой 2 г течет ток силой 5 А. Определите магнитную индукцию поля, в которое нужно поместить проводник, чтобы он висел не падая. (0,02 Тл)

33.6 В однородном горизонтальном магнитном поле находится прямой алюминиевый проводник сечением 8 мм^2 , концы которого подключены гибким проводом, находящимся вне поля, к источнику постоянного тока. Сила тока в проводнике равна 21,6 А. Определите индукцию магнитного поля, если проводник расположен горизонтально и перпендикулярно линиям поля, и не падает. (0,01 Тл)

33.7 В горизонтальном однородном магнитном поле с индукцией 10 мТл подвешен на двух легких нитях горизонтальный проводник длиной 10 см, перпендикулярный магнитному полю. На сколько изменится сила натяжения каждой из нитей, если по проводнику пропустить ток 10 А? (5 мН)

33.8 Прямой проводник, по которому течет ток $I = 50 \text{ А}$, расположен в магнитном поле с индукцией $B = 2 \text{ Тл}$ так, что образует угол $\alpha = 30^\circ$ с линиями индукции. Под действием магнитного поля проводник переместился на $d = 0,5 \text{ м}$, при этом была совершена работа $A = 10 \text{ Дж}$. Определите длину проводника. (0,4 м)

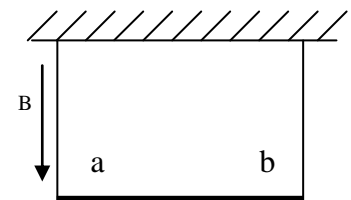
33.9 Под влиянием однородного магнитного поля в нем движется алюминиевый проводник с ускорением 2 м/с^2 . Сечение проводника $S = 1 \text{ мм}^2$. Направление движения проводника перпендикулярно линиям индукции, и по проводнику течет ток $I = 2 \text{ А}$. Определите индукцию магнитного поля. (2,5 мТл)

33.10 Горизонтальный медный проводник сечением 5 мм^2 расположен перпендикулярно однородному горизонтальному магнитному полю с индукцией 0,02 Тл. С каким ускорением станет падать проводник, если по нему пропустить ток 10 А? ($5,5 \text{ м/с}^2$, $14,5 \text{ м/с}^2$)

33.11 На горизонтальных рельсах, расстояние между которыми 60 см, лежит стержень перпендикулярно им. Определите силу тока, который надо пропустить по стержню, чтобы он начал двигаться. Рельсы и стержень находятся в вертикальном однородном магнитном поле с индукцией 50 мТл. Масса стержня 0,6 кг, коэффициент трения стержня о рельсы 0,1. (20 А)

33.12 Проводник ab длиной L и массой m подвешен на тонких невесомых проволочках в однородном магнитном поле. При прохождении по проводнику тока I он отклоняется так, что проволочки образуют с вертикалью угол α .

Какова индукция магнитного поля? Магнитные силовые линии перпендикулярны проводнику. ($B = mg \cdot \operatorname{tg} \alpha / (I \cdot L)$).



33.13 Прямой проводник длиной 20 см и массой 5 г уравновешен горизонтально на двух вертикальных нитях в однородном магнитном поле с индукцией 0,25 Тл, направленной вертикально вверх. Какой величины ток нужно пропустить через

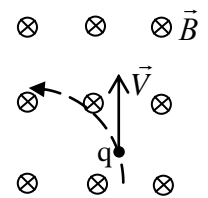
проводник, чтобы одна из нитей разорвалась? Предельная нагрузка на нить составляет 39,2 мН. ($I > 1,2$ А)

33.14 Стержень лежит перпендикулярно рельсам, расстояние между которыми 50 см. Рельсы составляют с горизонтом угол 30° . Какой должна быть индукция магнитного поля, перпендикулярная плоскости рельсов, чтобы стержень начал двигаться, если по нему пропустить ток силой 40 А? Коэффициент трения стержня о рельсы 0,6. Масса стержня 1 кг. (0,01 Тл; 0,51 Тл)

33.15 По проводнику массой m и длиной L , описанному в задаче 33.12, находящемуся в вертикальном магнитном поле с индукцией B , в течении очень короткого промежутка времени τ пропускают ток I . Длина нитей, на которых висит проводник ab , равна S . На какой максимальный угол отклонятся нити от первоначального вертикального положения? ($\alpha = 2 \arcsin\left(\frac{IB\tau \cdot L}{2m\sqrt{Sg}}\right)$)

34. Сила Лоренца

34.1 На рисунке показана траектория движения заряда в однородном магнитном поле с индукцией B . Определите знак заряда. Ответ обоснуйте. (+)



34.2 Электрон движется в постоянном однородном магнитном поле. Как будет меняться модуль скорости электрона?

34.3 Заряженная частица ($q = 2$ мКл), имеющая скорость $V = 100$ м/с влетает под углом 30° к силовым линиям однородного магнитного поля с индукцией $B = 1$ Тл. Какая сила действует на заряд со стороны магнитного поля? (0,1 Н)

34.4 Какую ускоряющую разность потенциалов прошел электрон, если известно, что когда он влетел в магнитное поле с $B = 0,01$ Тл поперек силовых линий, на него стала действовать сила $1,5 \cdot 10^{-14}$ Н? (250 В)

34.5 Электрон влетает в однородное магнитное поле перпендикулярно силовым линиям. Скорость электрона $4 \cdot 10^7$ м/с. Индукция магнитного поля равна 10^{-3} Тл. Чему равны тангенциальное и нормальное ускорения электрона в магнитном поле? ($a_n = 7 \cdot 10^{15}$ м/с²; $a_t = 0$)

34.6 Маленький шарик массой 1 мг и электрическим зарядом 1 мкКл может вращаться на легкой пружине в горизонтальной плоскости. В вертикальном направлении создано магнитное поле с индукцией 2 Тл. Во сколько раз изменяется длина пружины по отношению к её недеформированному состоянию, если шарик вращается с угловой скоростью 5 рад/с? (1,18; 1,54)

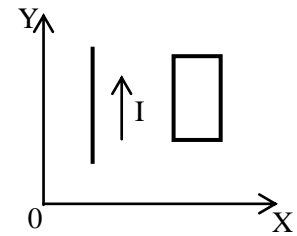
34.7 Заряженная частица, ускоренная разностью потенциалов $U = 1$ кВ, попадает в пространство, в котором созданы скрещенные однородные электрическое и магнитное поля ($\vec{E} \perp \vec{B}$). Напряженность электрического поля $E = 1,9 \cdot 10^7$ В/м, индукция магнитного поля $B = 1$ Тл. Вектор скорости частицы перпендикулярен векторам напряженностей электрического и магнитного полей и не изменяется ни по величине, ни по направлению при движении частицы. Определить удельный заряд q/m этой частицы. ($q/m = 1,8 \cdot 10^{11}$ Кл/кг)

34.8 Электрон влетает в однородное магнитное поле, индукция которого 20 мТл, перпендикулярно силовым линиям со скоростью 10 Мм/с. Найдите радиус траектории электрона в магнитном поле. (2,8 мм)

- 34.9** Электрон движется по окружности в однородном магнитном поле с индукцией 4 мТл. Найдите период вращения электрона (8,9 нс)
- 34.10** Циклотрон предназначен для ускорения протонов до энергии 5 МэВ. Определите радиус орбиты протона, если индукция магнитного поля 1 Тл. (0,32 м)
- 34.11** Электрон влетел в однородное магнитное поле перпендикулярно силовым линиям и начал двигаться по окружности радиусом $R = 10$ см. Найдите кинетическую энергию электрона, если индукция магнитного поля $B = 0,5$ Тл. (35 пДж)
- 34.12** Протон и электрон, двигаясь с одинаковой скоростью, влетают в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции. Во сколько раз радиус кривизны траектории протона R_p , больше радиуса кривизны траектории электрона R_e ? (в 1835)
- 34.13** Протон и электрон, ускоренные одинаковой разностью потенциалов, влетают в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции. Во сколько раз радиус кривизны траектории протона R_p , больше радиуса кривизны траектории электрона R_e ? (в 42,8)
- 34.14** Ионы, ускоренные напряжением $U = 10$ кВ, попадают через щель в магнитное поле с индукцией $B = 0,1$ Тл перпендикулярно линиям вектора магнитной индукции. В магнитном поле ионы движутся по дуге окружности и, совершив половину оборота, попадают на фотопластинку. На каком расстоянии друг от друга будут находиться следы, образованные однозарядными ионами водорода и гелия? Заряды ионов $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл, массы ионов $m_H = 1,67 \cdot 10^{-27}$ кг и $m_{He} = 6,68 \cdot 10^{-27}$ кг. (0,29 м)
- 34.15** Электронно-лучевую трубку с отключенной управляющей системой помещают в однородное магнитное поле, перпендикулярное скорости движения электронов. При этом след пучка электронов на экране, удаленном на $\ell = 14$ см от места вылета электронов, смещается на $d = 2$ см. Какова скорость электронов, если индукция магнитного поля $B = 25$ мкТл? ($2,2 \cdot 10^6$ м/с)
- 34.16** Для определения отношения заряда электрона к его массе пучок электронов разгоняют между катодом и анодом электроннолучевой трубки. При наложении магнитного поля между анодом и экраном так, чтобы линии индукции были направлены перпендикулярно пучку, светлое пятно на экране смещается на 5 см. Зная напряжение между катодом и анодом, равное 340 В, расстояние от анода до экрана 10 см и индукцию магнитного поля $5 \cdot 10^{-4}$ Тл, определите это отношение. ($1,74 \cdot 10^{11}$ Кл/кг)
- 34.17** Электрон, движущийся в вакууме со скоростью 10^6 м/с, попадает в однородное магнитное поле с индукцией $12,56 \cdot 10^{-4}$ Тл под углом 30° к силовым линиям поля. Определите радиус винтовой линии и ее шаг. (2,3 мм; 2,5 см)
- 34.18** Заряженная частица влетела в однородное магнитное поле под углом 60° к линиям магнитной индукции. Во сколько раз шаг винтовой линии больше ее радиуса? (3,63 раза)

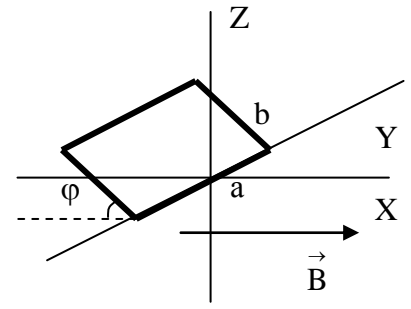
35. Электромагнитная индукция

35.1 В плоскости XY длинный провод с током I и рамка. Возникает ли индукционный ток в рамке при ее перемещении: а) вдоль OX; б) вдоль OY? Укажите направление индукционного тока в рамке. (OX - ток в рамке течет по часовой стрелке; OY – тока нет)

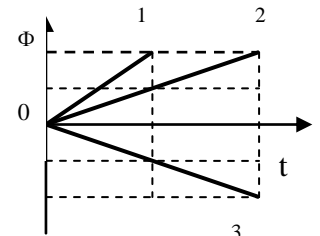


35.2 Два параллельных прямолинейных проводника, по одному из которых течет ток I_1 сближают. Определите направление индукционного тока I_2 , возникающего в другом проводнике. Каково будет направление индукционного тока при удалении проводников друг от друга?

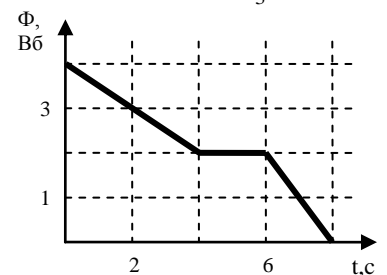
35.3 Полосовой магнит вводят южным полюсом в катушку, концы которой замкнуты накоротко. Определите направление индукционного тока и созданного им магнитного поля в катушке.



35.4 Прямоугольная рамка со сторонами $a = 20$ см и $b = 10$ см вращается вокруг оси Y, совпадающей со стороной a. В направлении оси X создано магнитное поле с индукцией $B = 0,5$ Тл. Рассчитать магнитный поток, пронизывающий плоскость рамки для случаев, когда её плоскость составляет с плоскостью X-Y углы φ : 1) 0° ; 2) 30° ; 3) 60° ; 4) 90° . (0; 5; 8,7; 10 мВб)



35.5 На рисунке приведены графики изменения магнитного потока Φ в катушке в зависимости от времени. Как отличаются ЭДС индукции, возникающие при этом в катушке?



35.6 Магнитный поток в замкнутом проволочном витке меняется во времени так, как показано на рисунке. В какие промежутки времени ЭДС индукции в катушке максимальна, минимальна, равна нулю? Найдите среднюю э.д.с. индукции за все время изменения магнитного потока. (0,5 В)

35.7 Круговой проволочный виток площадью 100 см^2 находится в однородном магнитном поле, индукция которого 1 Тл. Плоскость витка перпендикулярна направлению магнитного поля. Чему будет равно среднее значение ЭДС индукции, возникающей в витке при выключении поля в течении 0,01 с? (1 В)

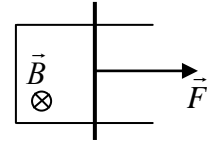
35.8 Катушка состоит из 75 витков. Магнитный поток через ее поперечное сечение равен $4,8 \cdot 10^{-3}$ Вб. За какой время должен исчезнуть этот поток, чтобы в катушке возникла средняя ЭДС индукции, равная 0,75 В? (0,48 с)

35.9 Виток провода площадью 50 см^2 замкнут на конденсатор емкостью 20 мкФ. Плоскость витка перпендикулярна однородному магнитному полю. Определите скорость изменения магнитного поля, если заряд на конденсаторе равен 1 нКл. (10^{-2} Тл/с)

35.10 Виток медного провода помещен в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям магнитной индукции. Диаметр витка 20 см, диаметр провода 2 мм. С какой скоростью изменяется индукция магнитного поля, если по кольцу течет ток силой 5 А? (0,51 Тл/с)

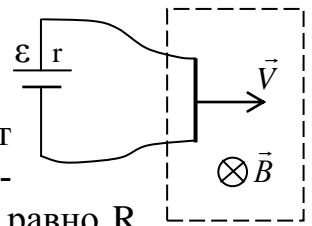
- 35.11** В однородном магнитном поле находится замкнутая обмотка, состоящая из $N = 1000$ витков квадратной формы. Направление линий поля перпендикулярно плоскости витков, индукция магнитного поля равномерно изменяется на $\Delta B = 2 \cdot 10^{-2}$ Тл за время $\Delta t = 0,1$ с, в результате чего в обмотке выделяется количество теплоты $Q = 0,1$ Дж. Поперечное сечение провода обмотки $S = 1 \cdot 10^{-6}$ м², удельное сопротивление $\rho = 1 \cdot 10^{-8}$ Ом·м. Найдите размер витка (сторону квадрата). (0,1 м)
- 35.12** Плоский контур, образованный замкнутым проводником, находится в однородном магнитном поле, индукция которого равна $B = 3$ мТл и перпендикулярна плоскости контура. Площадь контура изменяют по закону: $S = S_0(1 - bt)$, где $S_0 = 0,5$ м², $b = 0,2$ с⁻¹, t – время. Определите ток, протекающий по контуру, если сопротивление проводника $R = 30$ Ом. ($I = BS_0b/R = 1 \cdot 10^{-5}$ А)
- 35.13** Однослойная катушка площадью 10 см², содержащая 100 витков провода, помещена в однородное поле с индукцией 8 мТл параллельно линиям магнитной индукции. Сопротивление катушки 10 Ом. Определите, какой заряд пройдет по катушке, если отключить магнитное поле. (80 мкКл)
- 35.14** Индукция магнитного поля, перпендикулярного витку диаметром 12 см из медной проволоки диаметром $1,25$ мм, уменьшается с постоянной скоростью от $0,35$ Тл до нуля. Какое количество заряда проходит при этом по витку? (0,8 Кл)
- 35.15** Вектор магнитной индукции, перпендикулярный плоскости замкнутого витка, меняется со временем, согласно графику на рисунке А. Масштаб по оси X – 1 секунда, по оси Y – 0,1 Тл. Постройте график ЭДС, возникающей в витке, а также найдите заряд, протекающий в витке за первые время от 0 до 5, от 5 до 10, от 10 до 15 и от 15 до 20 секунд, если площадь контура $S = 2$ см², а сопротивление $R = 5$ Ом. (8 мкКл, -16 мкКл, 16 мкКл, -8 мкКл)
- 35.16** Рамка, на которой намотано 100 витков провода сопротивлением 10 Ом, равномерно вращается в однородном магнитном поле с индукцией 50 мТл. Ось вращения находится в плоскости рамки и перпендикулярна линиям индукции. Площадь рамки 100 см². Определите, какой заряд протечет через рамку при повороте ее от угла 0 до 30° . (0,67 мКл)
- 35.17** В однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,1$ Тл расположен плоский проволочный виток так, что его плоскость перпендикулярна линиям индукции. Виток замкнут на гальванометр. При повороте витка через гальванометр протек заряд $q = 9,6 \cdot 10^{-4}$ Кл. На какой угол повернули виток? Площадь витка $S = 10^3$ см², сопротивление витка $R = 2$ Ом. (36°)
- 35.18** Реактивный самолет летит горизонтально со скоростью 900 км/ч. Определите разность потенциалов между концами его крыльев, если вертикальная составляющая магнитного поля Земли равна 50 мкТл. Размах крыльев 24 м. (0,3 В)
- 35.19** Проводник движется в магнитном поле перпендикулярно силовым линиям. Индукция магнитного поля $0,03$ Тл, скорость проводника 3 м/с. На концах проводника возникает разность потенциалов $0,18$ В. Определить длину проводника. (2 м)
- 35.20** Чему равна индукция однородного магнитного поля, если при вращении в нем прямолинейного проводника длиной $0,2$ м вокруг одного из его концов с угловой скоростью 50 с⁻¹ на концах проводника возникает разность потенциалов $0,2$ В? Ось вращения параллельна вектору магнитной индукции. (0,2 Тл)

35.21 Перемычка, замыкающая П-образный провод, перемещается под действием постоянной силы \mathbf{F} с постоянной скоростью 10 м/с. Контур находится в однородном магнитном поле перпендикулярном его плоскости. Определите величину силы \mathbf{F} , если в контуре каждую секунду выделяется количество теплоты, равное 1 Дж. Массой перемычки можно пренебречь. (0,1 Н)



35.22 По гладким металлическим рельсам, лежащим на наклонной плоскости и образующим с горизонтом угол α , с постоянной скоростью соскальзывает медная перемычка массы m . Рельсы расположены на расстоянии b друг от друга в однородном вертикальном магнитном поле с индукцией \mathbf{B} и соединены между собой проводником сопротивлением R . Определите скорость движения перемычки, пренебрегая магнитным полем индукционного тока, сопротивлением перемычки, рельсов и контактов. ($V = mgR \sin \alpha / (B^2 b^2 \cos^2 \alpha)$)

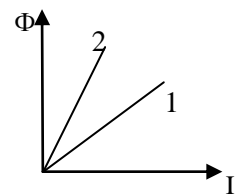
35.23 Прямолинейный проводник длиной $L = 1,2$ м с помощью гибких проводов присоединен к источнику электрического тока с $\varepsilon = 24$ В и внутренним сопротивлением $r = 0,5$ Ом. Этот проводник помещают в однородное магнитное поле с магнитной индукцией $B = 0,8$ Тл. Сопротивление всей внешней цепи равно $R = 2,5$ Ом. Определите силу тока I_1 в проводнике, если он движется перпендикулярно к линиям индукции поля со скоростью $V = 12,5$ м/с. Какой станет сила тока I_2 , когда проводник остановится? ($I_1 = 4$ А; $I_2 = 8$ А)



35.24 В однородном магнитном поле, индукция которого 0,8 Тл, равномерно вращается рамка с угловой скоростью 15 рад/с. Площадь рамки 150 см^2 . Ось вращения находится в плоскости рамки и составляет 30° с направлением силовых линий магнитного поля. Найдите максимальную ЭДС индукции во вращающейся рамке. (0,09 В)

36. Самоиндукция. Энергия магнитного поля

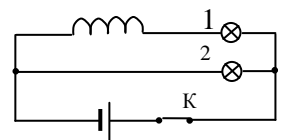
36.1 Через длинный соленоид, индуктивность которого 0,4 мГн и площадь поперечного сечения 10 см^2 , проходит ток силой 0,5 А. Какова индукция магнитного поля внутри соленоида, если он содержит 100 витков? (2 мТл)



36.2 На рисунке приведены графики зависимости магнитного потока от силы тока для двух контуров. У которого из контуров индуктивность больше? Ответ обосновать. ($L_2 > L_1$)

36.3 Найдите индуктивность соленоида, если при изменении силы тока на 2 А в секунду в нем возникает ЭДС самоиндукции, равная 1 В. (0,5 Гн)

36.4 На рисунке представлена электрическая схема из источника тока, катушки и двух ламп В каком направлении будет протекать ток через лампы 1 и 2 через малый промежуток времени после размыкания ключа К?



36.5 В катушке без сердечника за время 0,01 с ток возрос от 1 до 2 А, при этом в катушке возникла ЭДС самоиндукции 20 В. Определите величину магнитного потока в конце процесса нарастания тока. (0,4 Вб)

- 36.6** В катушке, имеющей 150 витков проволоки, течет ток 7,5 А. При этом каждый виток пронизывает магнитный поток 20 мВб. Какова индуктивность катушки?(400 мГн)
- 36.7** Определите энергию магнитного поля соленоида, в котором при силе тока 5 А возникает магнитный поток 0,5 Вб.(1,25 Дж)
- 36.8** При увеличении силы тока в 2 раза в катушке с индуктивностью 0,5 Гн энергия магнитного поля возросла на 3 Дж. Найдите начальные значения силы тока и энергии магнитного поля.(2 А; 1 Дж)
- 36.9** Сила тока в катушке изменилась с 12 до 8 А. При этом, энергия магнитного поля уменьшилась на 2 Дж. Какова индуктивность катушки и энергия магнитного поля в обоих случаях.(0,05 Гн; 3,6 Дж; 1,6 Дж)
- 36.10** Определите ЭДС самоиндукции в неподвижной катушке, в которой за 0,2 с энергия магнитного поля равномерно уменьшилась в 4 раза. Индуктивность катушки 0,16 Гн, а первоначальный ток в катушке равен 8 А.(3,2 В)
- 36.11** Катушка индуктивностью 0,3 Гн, намотанная толстым медным проводом, сопротивление R и источник тока с ЭДС 4 В и внутренним сопротивлением 2 Ом соединены параллельно. Какое количество теплоты выделится на сопротивлении R после отключения источника тока?(0,6 Дж)
- 36.12** Энергия магнитного поля в катушке при силе тока 4 А равна 0,8 Дж. Сопротивление катушки 2 Ом. Силу тока уменьшили по линейному закону за 0,2 секунды в 2 раза. Какой заряд проходит за это время по катушке? (0,4 Кл)

Электромагнитные колебания. Переменный ток.

Основные формулы и понятия

- Период T и круговая частота ω электромагнитных колебаний в колебательном контуре (формула Томпсона):

$$T = 2\pi\sqrt{L \cdot C}, \quad \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}},$$

где C – емкость конденсатора, L – индуктивность катушки.

ность катушки.

- Полная энергия незатухающих колебаний в колебательном контуре:

$$W = \frac{CU^2}{2} + \frac{LI^2}{2} = \frac{CU_0^2}{2} = \frac{LI_0^2}{2},$$

где U и I – напряжение на конденсаторе и ток в контуре в произвольный момент времени, U_0 и I_0 – максимальные (амплитудные) их значения.

контуре в произвольный момент времени, U_0 и I_0 – максимальные (амплитудные) их значения.

- Действующее значение напряжения и силы переменного тока:

$$U_d = \frac{U_0}{\sqrt{2}}, \quad I_d = \frac{I_0}{\sqrt{2}}.$$

- Индуктивное R_L и емкостное R_C сопротивления в цепи переменного тока:

$$R_L = \omega L, \quad R_C = \frac{1}{\omega C}.$$

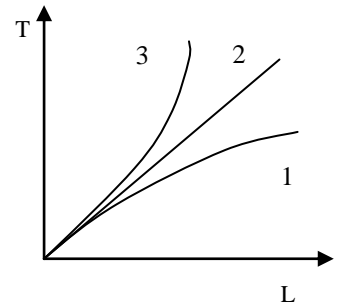
- Закон Ома для цепи переменного тока

$$I_0 = \frac{U_0}{\sqrt{R^2 + (R_C - R_L)^2}},$$

где R – активное сопротивление цепи.

37. Колебательный контур

37.1 Какой из графиков правильно отражает зависимость периода собственных незатухающих колебаний в колебательном контуре от его индуктивности?



37.2 В цепь включены конденсатор 2 мкФ и индуктивность 0,05 Гн. Какой частоты ток надо подать в эту цепь, чтобы осуществился резонанс?(504 Гц)

37.3 Найти частоту собственных электрических колебаний в контуре, если индуктивность катушки равна 5 мкГн, а емкость конденсатора 5 мкФ.(31,8 кГц)

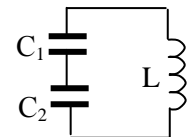
37.4 Разность потенциалов на обкладках конденсатора в колебательном контуре изменяется по закону $U = 50 \cos(10^4 \pi \cdot t)$. Емкость конденсатора $9 \cdot 10^{-7}$ Ф. Найдите индуктивность контура.(L = 1,1 мГн)

37.5 Колебательный контур состоит из катушки с индуктивностью L = 1,2 мГн и конденсатора переменной электроемкости 12 ÷ 80 пФ. Определите диапазон частот электромагнитных волн, которые могут вызывать резонанс в этом контуре. Омическое сопротивление контура принять равным нулю.((0,51 ÷ 1,33) МГц)

37.6 Катушка индуктивностью L = 1 мГн и воздушный конденсатор, состоящий из двух пластин диаметром D = 20 см каждая, соединены параллельно. Расстояние d между пластинами равно 1 см. Определите период T электромагнитных колебаний в таком контуре.(1 мкс)

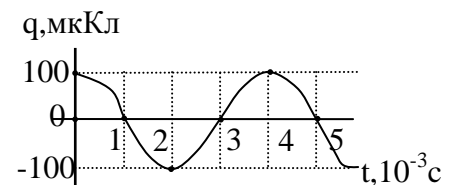
37.7 Колебательный контур, состоящий из катушки индуктивности и воздушного конденсатора, настроен на длину волны $\lambda_1 = 300$ м. При этом расстояние между пластинами конденсатора $d_1 = 4,8$ мм. Каким должно быть это расстояние, чтобы контур был настроен на длину волны $\lambda_2 = 240$ м?(7,5 мм)

37.8 Найдите частоту собственных колебаний в колебательном контуре, изображенном на рисунке, если L = 9,5 мГн, C₁ = 4 мкФ, C₂ = 8 мкФ. Во сколько раз изменится частота колебаний, если к первому конденсатору присоединить параллельно такой же конденсатор?(1 кГц, в 1,2 раза)



37.9 Чему равна максимальная энергия магнитного поля в катушке колебательного контура, если известно, что напряжение на пластинах конденсатора с емкостью C = 10⁻⁶ Ф меняется по закону $U = 120 \cos 10^5 t$ В?(7,2 мДж)

37.10 На рисунке приведен график изменения заряда конденсатора в колебательном контуре. Электроемкость конденсатора C = 2 мкФ. По какому закону изменяется напряжение на конденсаторе? Чему равны максимальная энергия магнитного поля в катушке колебательного контура и ее индуктивность? Найдите моменты времени, когда ток в контуре достигает максимального значения.(U = 50 sin(500π · t + π/2); 2,5 мДж; 0,2 Гн; t = (2k + 1)10⁻³ с, где k = 0, 1, 2, 3)



37.11 Напряжение на обкладках конденсатора в колебательном контуре изменяется по закону $U = 100 \sin 10^4 \pi t$, В. Емкость конденсатора 0,1 мкФ. Найдите: 1) пе-

риод электромагнитных колебаний в контуре; 2) индуктивность контура; 3) максимальную силу тока в контуре. ($2 \cdot 10^{-4}$ с; 0,01 Гн; 0,32 А)

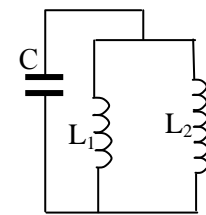
37.12 Определить длину электромагнитной волны в вакууме, на которую настроен колебательный контур, если максимальный заряд конденсатора составляет $q = 20$ нКл, а максимальная сила тока в контуре равна $I = 1$ А. Какова емкость конденсатора, если индуктивность контура равна $L = 200$ нГн? (38 м; 2нФ)

37.13 Максимальная сила тока в катушке колебательного контура равна 50 мА, частота колебаний 10^4 Гц. Напишите уравнение колебаний заряда на пластинах конденсатора, если известно, что они совершаются по закону синуса, и что в начальный момент времени конденсатор был полностью разряжен. ($q = 0,8 \sin(2\pi \cdot 10^4 t)$ мкКл)

37.14 Определить частоту собственных колебаний контура, содержащего конденсатор емкостью 0,5 мкФ, если максимальная разность потенциалов на его обкладках достигает 100 В, а максимальный ток в катушке 0,5 А. (1,29 кГц)

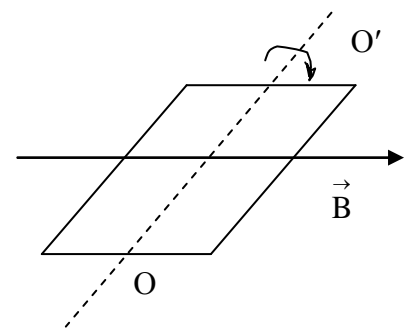
37.15 Заряженный конденсатор емкостью 0,5 мкФ подключили к катушке индуктивностью 5 мГн. Через сколько времени от момента подключения энергия электрического поля конденсатора станет равной энергии магнитного поля катушки? Чему равна частота колебаний энергии магнитного поля катушки? (39 мкс; 3,2 кГц)

37.16 Конденсатор колебательного контура, изображенного на рисунке, имеет емкость 10 нФ. В начальный момент времени он был полностью заряжен до напряжения 300 В. Какие заряды протекут через первую и вторую катушки за время, равное половине периода собственных колебаний контура, если $L_2 = 2L_1$? ($q_1 = 2$ мкКл, $q_2 = 1$ мкКл)



38. Переменный ток

38.1 Квадратная рамка со стороной 20 см вращается с периодом 0,2 с в магнитном поле с индукцией 0,1 Тл вокруг оси, которая совпадает с осью симметрии рамки, лежит в ее плоскости и перпендикулярна направлению магнитного поля. Рамка состоит из 50 витков тонкого провода с общим сопротивлением 20 Ом. Напишите: 1) уравнение изменения магнитного потока, пронизывающего рамку (начальное положение рамки изображено на рисунке); 2) уравнение изменения ЭДС индукции в рамке; 3) уравнение изменения силы тока в рамке. ($\Phi = 0,2 \sin 10\pi \cdot t$; $\varepsilon = 2\pi \cdot \cos 10\pi \cdot t$; $I = 0,1\pi \cdot \cos 10\pi \cdot t$)



38.2 В магнитном поле с индукцией $B = 0,1$ Тл вращается проволочная рамка так, что ось вращения лежит в плоскости рамки и перпендикулярна линиям магнитного поля. ЭДС индукции в рамке изменяется по закону $\varepsilon = 5 \sin 10^3 t$ (В), а сила тока $I = 0,2 \sin 10^3 t$ (А). Найдите площадь и электрическое сопротивление рамки. ($5 \cdot 10^{-2}$ м²; 25 Ом)

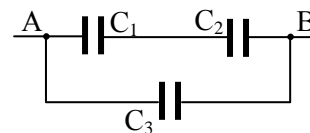
38.3 Чему равно амплитудное значение напряжения бытового переменного тока? (311 В)

38.4 Напряжение на сопротивлении $R = 35 \text{ Ом}$ изменятся по закону $U = 50\sin 100\pi t$ (В). Вычислите действующие значения напряжения и силы тока. (35,4 В; 1 А)

38.5 Мощность бытовой электроплитки 660 Вт. Каковы действующее и амплитудное значение силы тока, протекающего через электроплитку? (3 А; 4,2 А)

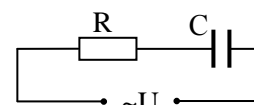
38.6 Сила переменного тока, протекающего по спирали электроутюга со сопротивлением 1000 Ом, меняется по закону $I = 2\sin 100\pi t$ (А). Найдите частоту тока и количество тепла, выделяющееся в спирали за 5 мин. (50 Гц; 600 кДж)

38.7 Определите емкостное сопротивление участка цепи между точками А и В, если по нему течет переменный ток с частотой 50 Гц. $C_1 = 12 \text{ мкФ}$, $C_2 = 4 \text{ мкФ}$, $C_3 = 7 \text{ мкФ}$. (318,5 Ом)



38.8 Катушка намотана медным проводом диаметром 0,2 мм с общей длиной 314 м и имеет индуктивность 0,5 Гн. Определите сопротивление катушки: 1) в цепи постоянного тока; 2) переменного с частотой 50 Гц. (160 Ом; 224 Ом)

38.9 Каким должно быть сопротивление R электрической цепи, изображенной на рисунке, чтобы, ток, текущий по нему был равен 0,5 А, если $C = 5 \text{ мкФ}$, $U = 200 \text{ В}$, частота переменного тока 100 Гц? (242 Ом)

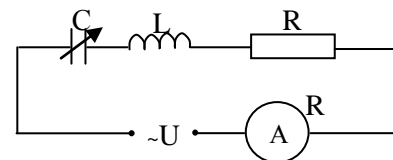


38.10 Катушку с активным сопротивлением $R = 20 \text{ Ом}$, индуктивностью $L = 1/\pi \text{ Гн}$ подключают сначала к источнику постоянного тока с напряжением $U = 20 \text{ В}$, а затем – к источнику переменного тока с действующим напряжением $U = 20 \text{ В}$ и частотой $\nu = 20 \text{ Гц}$. Во сколько раз при этом изменилась сила тока в катушке? (уменьшилась в 2,24 раза)

38.11 К источнику переменного тока с круговой частотой 10^3 с^{-1} подключены последовательно: 1) реостат, намотанный нихромовой проволокой с сечением 1 мм^2 и длиной 75 м; 2) конденсатор емкостью 2,5 мкФ; 3) катушка индуктивностью 0,44 Гн. Рассчитайте сопротивление каждого элемента цепи и их общее сопротивление. (30 Ом; 400 Ом; 440 Ом; 50 Ом)

38.12 Конденсатор емкостью $C = 16 \text{ мкФ}$, катушка с индуктивностью $L = 1 \text{ Гн}$ и активное сопротивление $R = 100 \text{ Ом}$ подключены последовательно к источнику переменного тока с $U = 220 \text{ В}$ и частотой $\nu = 50 \text{ Гц}$. Найдите ток, текущий в такой цепи. Если увеличить сопротивление конденсатора путем уменьшения его емкости до 10 мкФ, то как изменится сила тока в цепи? Объясните полученный результат. (1,44 А; 2,2 А)

38.13 В цепи, изображенной на рисунке $R = 90 \text{ Ом}$, $L = 0,005 \text{ Гн}$, конденсатор имеет переменную емкость C от 0,5 мкФ до 6 мкФ. Напряжение источника переменного тока $U = 220 \text{ В}$, круговая частота $\omega = 10^4 \text{ с}^{-1}$, сопротивление амперметра $R_A = 10 \text{ Ом}$. Постройте график зависимости показаний амперметра от емкости конденсатора. Для построения графика рекомендуется использовать следующие значения C (в мкФ): 0,5, 1,0, 1,5, 2, 3, 4, 5, 6.

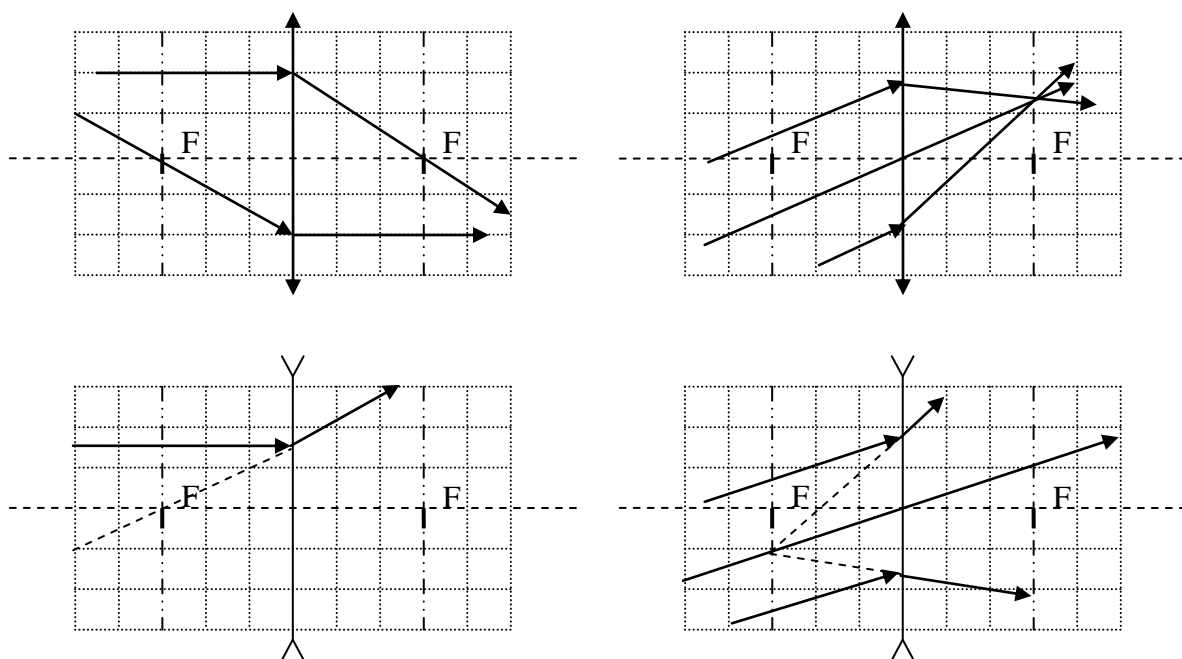


ОПТИКА

Геометрическая оптика

Основные понятия и формулы

1. Абсолютный показатель преломления среды: $n = c/v$, где c – скорость света в вакууме, v – скорость света в данной среде.
2. Относительный показатель преломления 2-х сред: $n_{21} = v_1/v_2$, где v_1 и v_2 – скорости света в первой и во второй средах.
3. Основной закон отражения света: угол падения светового луча на границу раздела двух сред равен углу отражения.
4. Основной закон преломления: $n_1 \cdot \sin \alpha_1 = n_2 \cdot \sin \alpha_2$, где α_1 – угол падения, а α_2 – угол преломления света, n_1 и n_2 – абсолютные показатели преломления первой и второй сред.
5. Формула тонкой линзы: $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$, $(n-1)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right) = \frac{1}{F}$, где d – расстояние от предмета до линзы, f – расстояние от изображения до линзы, F – фокусное расстояние линзы (f и F отрицательны соответственно для мнимого изображения и рассеивающей линзы), n – относительный показатель преломления вещества линзы, R_1 и R_2 – радиусы кривизны поверхностей линзы (отрицательные для вогнутых поверхностей).
6. Оптическая сила линзы: $D = 1/F$ [дптр]
7. Линейное увеличение линзы: $\Gamma = f/d = H/h$, где h – размер предмета, H – размер изображения.
8. Ход лучей, проходящих через рассеивающую и собирающую линзы:



39 Отражение света

39.1 Горизонтальный луч света падает на вертикально расположенное зеркало. Зеркало поворачивают на угол $\alpha = 5^\circ$ около вертикальной оси. На какой угол повернется отраженный луч? (10°)

39.2 Постройте изображение точечного источника света, находящегося на расстоянии a от плоского зеркала.

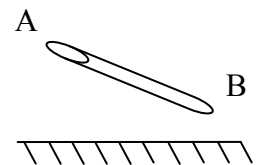
39.3 От источника света на плоское зеркало падает расходящийся под углом α пучок лучей. Определите угол между крайними лучами после их отражения от зеркала. (α)

39.4 Под каким углом к поверхности стола надо расположить плоское зеркало, чтобы получить изображение предмета, лежащего на столе в вертикальной плоскости? Сделайте поясняющий рисунок. (45°)

39.5 Луч лазера составляет с поверхностью стола угол 40° . Как нужно расположить плоское зеркало, чтобы отраженный от него луч был направлен горизонтально? (20° или 70° к поверхности стола)

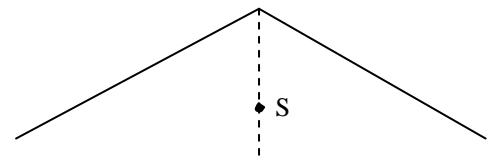
39.6 Требуется осветить дно колодца, направив на него солнечные лучи. Как надо расположить плоское зеркало, если высота солнца над горизонтом 60° ? (75° к горизонту)

39.7 Постройте изображение стержня АВ в плоском зеркале.



39.8 Человек стоял перед плоским зеркалом, затем отошел от него на расстояние 50 см. На сколько при этом увеличилось расстояние между человеком и его изображением? (1 м)

39.9 Какой минимальной высоты должно быть зеркало, чтобы человек ростом 180 см видел себя в полный рост. (90 см)



39.10 Два плоских зеркала установлены под углом 120° друг к другу. На линии симметрии этой системы на расстоянии a от каждого зеркала находится источник света S. Найдите расстояние между его изображениями. ($2a$)

39.11 Предмет помещен между двумя зеркалами, расположенными под углом 60° друг к другу. Покажите построением, сколько получается изображений. (5)

40. Преломление света

40.1 Скорость света в некотором веществе на 10^8 м/с меньше, чем в вакууме. Найти показатель преломления этого вещества. (1,5)

40.2 Найдите разность скоростей света в жидком азоте и кварце, если показатель преломления жидкого азота равен 1,2, а кварца – 1,5. (50 Мм/с)

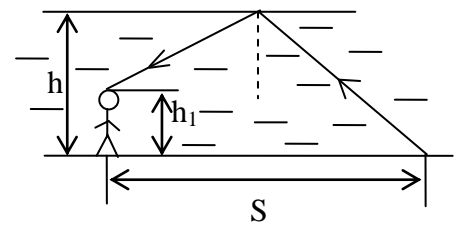
40.3 Скорость света в стекле для красного света равна $v_{кр} = 1,99 \cdot 10^5$ км/с, для фиолетового – $v_{ф} = 1,96 \cdot 10^5$ км/с. Определить на сколько отличаются показатели преломления стекла для красного и фиолетового света? (0,023)

40.4 Скорость распространения света в некоторой жидкости $2,4 \cdot 10^8$ м/с. На поверхность этой жидкости из воздуха падает световой луч под углом 25° . Определите угол преломления луча. (20°)

- 40.5** Скорость распространения света в первой прозрачной среде 225000 км/с, а во второй – 200000 км/с. Луч света падает на границу раздела этих сред под углом 30° и переходит во вторую среду. Определите угол преломления луча ($26,4^\circ$)
- 40.6** На какой угол отклонится луч от первоначального направления, если он падает на поверхность глицерина под углом 45° ? ($16,4^\circ$)
- 40.7** Лучи солнечного света падают на поверхность воды под углом 74° . Под каким углом к горизонту водолаз, опустившийся в воду будет видеть Солнце? ($47,7^\circ$)
- 40.8** На горизонтальном дне водоема лежит плоское зеркало. Какова глубина водоема, если луч, отраженный от зеркала, выходит на поверхность воды на расстоянии $L = 3$ м от места своего вхождения в воду? Угол падения луча $\alpha = 30^\circ$. ($3,7$ м)
- 40.9** Стекланный пакет состоит из двух плотно соприкасающихся плоских пластинок. Коэффициент преломления первой пластинки $n_1 = 1,4205$, второй – $n_2 = 1,5234$. Свет падает на первую пластинку под углом $\alpha = 30^\circ$. Определите угол преломления света во второй пластинке. ($19,2^\circ$)
- 40.10** При падении на плоскую границу двух сред с показателями преломления n_1 и n_2 луч преломляется таким образом, что угол между отраженным и преломленным лучами составляет 90° . Найдите угол падения. ($\alpha = \arctg(n_2/n_1)$)
- 40.11** На поверхности озера находится плот со стороной $a = 8$ м. Определить площадь полной тени от пьота на дне озера при освещении рассеянным светом, если глубина озера $h = 2$ м. ($11,8$ м²)
- 40.12** В дно водоема глубиной $H = 2$ м вертикально вбита свая, выступающая из воды на $h = 0,5$ м. Найдите длину тени от сваи на дне водоема, если высота Солнца над горизонтом $\varphi = 60^\circ$. ($0,1$ м)
- 40.13** Луч падает под углом $i = 60^\circ$ на стеклянную пластинку толщиной $d = 30$ мм. Определите смещение Δx луча после выхода из пластинки. ($15,4$ мм)
- 40.14** На стеклянную призму с преломляющим углом $\theta = 50^\circ$ падает под углом $\alpha = 30^\circ$ луч света. Определите угол отклонения δ луча призмой. ($29,6^\circ$)
- 40.15** Луч света выходит из скипидара в воздух. Предельный угол полного внутреннего отражения $\alpha = 42^\circ$. Определите скорость распространения света в скипидаре. ($2 \cdot 10^8$ м/с)
- 40.16** Луч света переходит из воды в воздух. Угол падения луча равен 45° . Определите угол преломления луча в воздухе и предельный угол падения. ($70,1^\circ$; $\alpha_0 = 48,8^\circ$)
- 40.17** Чему равен предельный угол полного внутреннего отражения при переходе луча из стекла с показателем преломления 1,7 в воду? ($51,5^\circ$)
- 40.18** На дне водоема расположено плоское зеркало так, что луч света, падающий на зеркало под углом $\alpha = 30^\circ$ к его поверхности, претерпевает полное внутреннее отражение на поверхности водоема. Найти угол, который составляет плоскость зеркала с горизонтом. (19°)
- 40.19** На дно сосуда, наполненного водой до высоты 10 см, помещен точечный источник света. На поверхности воды плавает круглая непрозрачная пластинка таким образом, что центр ее находится над источником света. Какой наименьший радиус должна иметь эта пластинка, чтобы ни один луч не мог выйти на поверхность? ($11,4$ см)

40.20 На стакан, наполненный водой, положена стеклянная пластинка. Под каким углом должен падать на пластинку луч света, чтобы от поверхности раздела воды со стеклом произошло полное внутреннее отражение? (***)

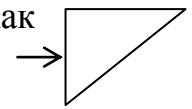
40.21 На какой глубине h под водой находится водолаз, если он видит отраженными от поверхности воды те части горизонтального дна, которые расположены от него на расстоянии не более $S = 15$ м? Рост водолаза $h_1 = 1,5$ м. (7,3 м)



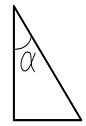
40.22 На торец стеклянного стержня падает под углом α свет. Каким должен быть наименьший показатель преломления стекла, чтобы свет, вошедший в стержень, не мог выйти через его боковую поверхность независимо от угла α ? ($n = \sqrt{2}$)

40.23 Под каким углом α должен падать свет на торец стеклянного стержня с показателем преломления n , чтобы свет не мог выйти через боковую поверхность стержня? ($\alpha \leq \arcsin \sqrt{n^2 - 1}$)

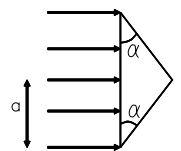
40.24 Луч света падает на стеклянную равнобедренную призму так, как показано на рисунке. Покажите ход луча после выхода из призмы, если показатель преломления стекла равен: 1) $n = 1,5$, 2) $n = 1,35$.



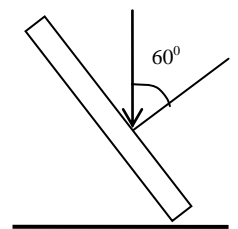
40.25 Световой луч падает нормально на основание прямоугольной призмы, изготовленной из стекла. Под каким углом к направлению первоначального распространения пойдет этот луч при выходе из призмы, если угол при вершине призмы равен а) $\alpha = 60^\circ$, б) $\alpha = 30^\circ$. (19°; 41°)



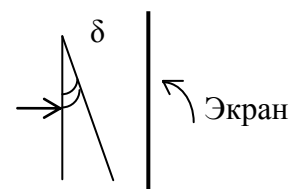
40.26 Равнобедренная стеклянная призма с малыми углами преломления α помещена в параллельный пучок лучей, падающих нормально к ее основанию. Показатель преломления стекла $n = 1,57$, размер основания призмы $2a = 5$ см. Найти угол α , если на экране, расположенном на расстоянии $L = 100$ см от призмы, образуется темная полоса шириной $d = 1$ см. (3°)



40.27 Луч света падает на плоскопараллельную пластинку толщиной $H = 1$ см, сделанную из стекла с показателем преломления $n = 1,73$. Из-за многократных отражений от граней пластинки на экране образуется ряд светлых пятен. Найти расстояние между пятнами, если угол падения равен $\alpha = 60^\circ$ и падающий луч перпендикулярен плоскости экрана. (0,58 см)



40.28 Стеклянный клин не ограниченный по высоте, имеющий угол при вершине $\delta = 10^\circ$ и показатель преломления $n = 1,7$, падает тонкий световой луч перпендикулярно одной из граней. Сколько световых пятен образуется на экране, установленном с другой стороны клина? (2)

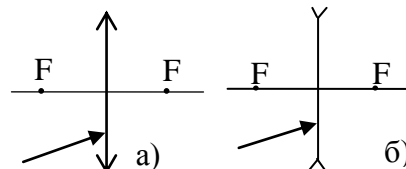


41. Линзы

41.1 Предмет АВ расположен на расстоянии $d = 2,5F$ от собирающей линзы перпендикулярно главной оптической оси. Постройте его изображение. Сделайте то же для $d = 2F$, $d = 1,5F$, $d = 1,1F$, $d = F$, $d = 0,7F$.

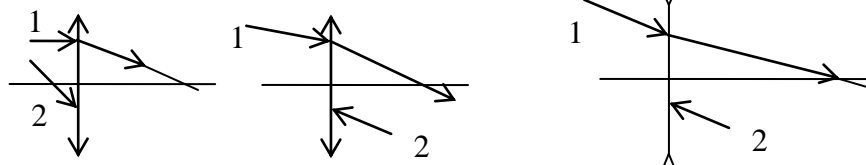
41.2 Предмет АВ расположен на расстоянии $d = 2F$ от мнимого фокуса рассеивающей линзы перпендикулярно главной оптической оси. Постройте его изображение. Сделайте то же самое для $d = F$, $d = 0,7F$.

41.3 Какая это линза и где находится предмет, если линза дает: действительное изображение; мнимое изображение; мнимое увеличенное изображение; мнимое уменьшенное изображение; увеличенное изображение; уменьшенное изображение; уменьшенное действительное изображение.



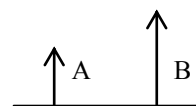
41.4 Покажите ход луча после прохождения им собирающей (а) и рассеивающей (б) линзы.

41.5 Ход луча 1 в линзе известен. Покажите ход луча 2.

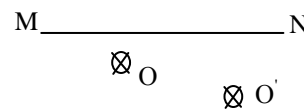


41.6 Постройте изображение точечного источника света, находящегося на главной оптической оси на расстоянии $d = 1,5F$ от: 1) собирающей линзы 2) рассеивающей линзы.

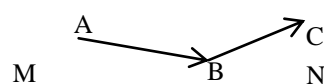
41.7 Увеличенное изображение В предмета А получено с помощью тонкой линзы. Определите построением, где линза расположена, какая она и где ее фокус. Решите эту задачу, если изображение уменьшенное.



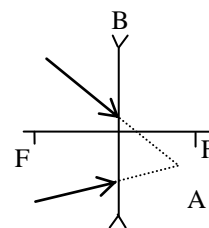
41.8 На рисунке О – точечный источник света, О' - его изображение. Определите построением оптический центр линзы и ее главные фокусы. MN – главная оптическая ось линзы.



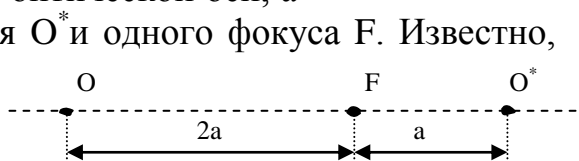
41.9 Дано положение главной оптической оси MN, ход луча АВ, падающего на линзу, и преломленный луч ВС. Найдите построением положения главных фокусов линзы.



41.10 Лучи, сходящегося пучка, встречаются в точке А. На их пути в плоскости В ставится рассеивающая линза. Определите графическим построением положение точки встречи лучей после прохождения линзы. Положение главных фокусов известно.



41.11 На испорченном чертеже оптической системы, состоящей из одной линзы, сохранилось изображение главной оптической оси, а также положения источника О, его изображения О* и одного фокуса F. Известно, что изображение мнимое. Определите положение линзы и фокусное расстояние. Решить эту задачу, предполагая, что изображение действительное.

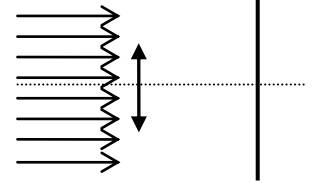


41.12 Плосковыпуклая кварцевая линза имеет оптическую силу 8,2 дптр. Чему равен радиус кривизны выпуклой поверхности этой линзы? Показатель преломления кварца равен 1,54.(6,6 см)

- 41.13** Главное фокусное расстояние двояковыпуклой линзы равно 30 см. Показатель преломления равен 1,533. Определите радиусы кривизны линзы, если один радиус вдвое больше другого.(24 см; 48 см)
- 41.14** Определите оптическую силу двояковогнутой линзы с одинаковыми радиусами кривизны по 25 см, сделанной из стекла с показателем преломления равным 1,6.(-4,8 дптр)
- 41.15** Определите оптическую силу двояковыпуклой линзы из каменной соли с показателем преломления 1,54 и радиусами кривизны по 40 см, находящейся в: 1) сероуглероде с показателем преломления 1,63; 2) в воздухе.(-0,276 дптр; 2) 2,7 дптр)
- 41.16** Двояковыпуклая стеклянная линза с радиусами кривизны 12,5 см и 25 см, погруженная в жидкость, действует как рассеивающая с фокусным расстоянием 1 м. Определите показатель преломления жидкости.(1,636)
- 41.17** Предмет находится на расстоянии 60 см от собирающей линзы с фокусным расстоянием 10 см. На каком расстоянии от линзы получится изображение? Найдите увеличение. Сделайте чертеж.(12 см; 1/5)
- 41.18** Предмет расположен на расстоянии 30 см от собирающей линзы с фокусным расстоянием 60 см. На каком расстоянии от линзы получится изображение предмета? Каким оно будет? Постройте это изображение.(60 см; мнимым)
- 41.19** С помощью линзы, оптическая сила которой $D = 4$ дптр, необходимо получить увеличенное в 5 раз изображение предмета. На каком расстоянии перед линзой нужно поместить этот предмет? Сделайте чертеж.(30 см)
- 41.20** Падающий на тонкую собирающую линзу луч пересекает главную оптическую ось линзы под углом 4° на расстоянии $d = 12$ см от линзы и выходит из нее под углом 8° к главной оптической оси. Найдите фокусное расстояние линзы.($F = 4$ см)
- 41.21** Предмет высотой 16 см находится на расстоянии 80 см от линзы с оптической силой $D = -2,5$ дптр. Как изменится высота изображения, если предмет подвинуть к линзе на 40 см?(увеличится в 1,5 раза)
- 41.22** Определите фокусное расстояние и оптическую силу рассеивающей линзы, если известно, что изображение предмета, помещенного перед ней на расстоянии 50 см, получилось уменьшенным в 5 раз.(12,5 см; 8 дптр)
- 41.23** От предмета высотой 3 см получили с помощью линзы действительное изображение высотой 18 см. Когда предмет передвинули на 5 см, то получили мнимое изображение высотой 9 см. Определите фокусное расстояние и оптическую силу линзы.(10 см; 10 дптр)
- 41.24** Расстояние от предмета до экрана $L = 100$ см. Линза, помещенная между ними, дает четкое изображение предмета при двух положениях, расстояние между которыми $S = 20$ см. Найдите фокусное расстояние линзы.(24 см)
- 41.25** С помощью тонкой линзы получается увеличенное в 2 раза действительное изображение плоского предмета. Если предмет сместить на 1 см в сторону линзы, то изображение будет увеличенным в 3 раза. Чему равно фокусное расстояние линзы?(6 см)
- 41.26** Рассеивающая L_1 и собирающая L_2 линзы установлены так, что их главные оптические оси совпадают, а расстоянием между ними равно 0,8 м. Пучок лучей, распространяющийся параллельно главной оптической оси, падает на линзу L_1 и после прохождения через L_2 собирается в точку на расстоянии 1 м от L_2 . Какова оптическая сила линзы L_2 , если у рассеивающей она равна $D_1 = 5$ дптр? (2 дптр)

41.27 Две линзы – собирающая с фокусным расстоянием $F_1 = 40$ см и рассеивающая $F_2 = 20$ см – установлены на расстоянии 70 см друг от друга так, что их главные оптические оси совпадают. На каком расстоянии от собирающей линзы на главной оптической оси необходимо установить точечный источник света, чтобы изображение, полученное рассеивающей линзой, находилось на расстоянии 10 см от нее?(2 м)

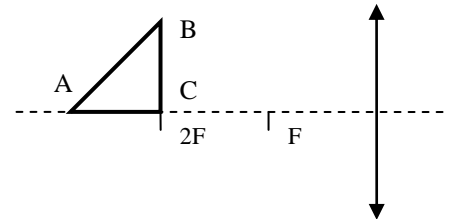
41.28 Пучок параллельных световых лучей падает нормально на собирающую линзу диаметр которой 20 см. За линзой на расстоянии X находится экран. Определите распределение интенсивности света на экране при $X = F/2, F, 2F, 3F$.



41.29 Осветитель, предназначенный для получения направленных световых пучков, состоит из точечного источника света и линзы диаметром 6 см с фокусным расстоянием 15 см. На каком расстоянии от линзы должен быть расположен источник, чтобы лучи, прошедшие через линзу, образовали на экране световое пятно диаметром 4 см? Расстояние от линзы до экрана равно 100 см.(20 см или 15,8 см)

41.30 Высота пламени свечи $h = 5$ см. Линза отбрасывает на экран изображение пламени $H_1 = 15$ см. Не трогая линзы, свечу отодвинули на $L = 1,5$ см дальше от линзы и, передвинув экран, вновь получили резкое изображение пламени высотой $H_2 = 10$ см. Найдите главное фокусное расстояние линзы.($F = 9$ см)

41.31 Равнобедренный прямоугольный треугольник ABC площадью 50 см^2 расположен перед тонкой собирающей линзой так, что его катет AC лежит на главной оптической оси линзы. Фокусное расстояние линзы 10 см. Постройте изображение треугольника и найдите площадь получившейся фигуры. (25 см^2)



41.32 Квадрат со стороной $a = F/4$ находится на главной оптической оси собирающей линзы с фокусным расстоянием $F = 5$ см, причем две стороны квадрата параллельны главной оптической оси. Найдите площадь изображения, если ближайшая к линзе сторона изображения имеет размер $b = F/2$.($37,5 \text{ см}^2$)

41.33 Параллельный пучок лучей падает на собирающую линзу с фокусным расстоянием $F_1 = 15$ см. На каком расстоянии от собирающей линзы надо поставить рассеивающую линзу с фокусным расстоянием $F_2 = 9$ см, чтобы после прохождения двух линз лучи снова шли параллельным пучком?(6 см)

41.34 При одном положении предмета от собирающей линзы она дает действительное изображение с увеличением Γ_1 . Если предмет придвинуть к линзе, то действительное изображение будет иметь увеличение Γ_2 . Какое увеличение даст линза, если предмет поместить посередине между его первым и вторым положениями?($\Gamma = 2\Gamma_1\Gamma_2/(\Gamma_1 + \Gamma_2)$)

41.35 Светящиеся точки расположены на отрезке длиной L вдоль главной оптической оси тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием $F = 20$ см. Середина отрезка находится на расстоянии $d = 30$ см от линзы, и линза дает действительное изображение всех точек, увеличивая отрезок в $\Gamma = 5,33$ раза. Определите длину L отрезка.(10 см)

41.36 Вдоль главной оптической оси собирающей линзы с фокусным расстоянием $F = 5$ см движутся навстречу друг - другу два светлячка, находящиеся по разные стороны линзы. Скорости светлячков одинаковы и равны $V = 2$ см/сек. Через какое

время первый светлячок встретится с изображением второго, если в начальный момент они находились на расстояниях $L_1 = 20$ см и $L_2 = 15$ см от линзы?(3,5 с)

Волновая оптика

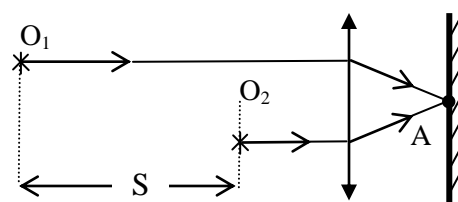
Основные понятия и формулы

1. Электромагнитная волна (ЭМВ) – процесс распространения электромагнитных колебаний. Изменение электрического и магнитного полей в ЭМВ происходит по гармоническому закону в одинаковых фазах и взаимно перпендикулярных плоскостях.
2. Уравнение световой волны: $E = E_0 \sin(\omega t - kr)$, где E - напряженность электрического поля в электромагнитной световой волне, E_0 – ее амплитудное значение. Волны, имеющие одинаковые частоты, называют монохроматическими.
3. Интерференция – наложение волн, приводящее к усилению колебаний в одних точках (максимум) и ослаблению колебаний в других точках (минимум).
4. Когерентными называют монохроматические лучи, имеющие постоянную во времени разность фаз. Такие лучи создают устойчивую интерференционную картину.
5. Оптический путь $L = n \cdot S$, где S – геометрический путь луча, n – показатель преломления среды в которой луч распространяется. Оптическая разность хода двух лучей $\Delta L = L_2 - L_1 = n_2 S_2 - n_1 S_1$.
6. Условия:
 - а) максимума интерференции: $\Delta\varphi = 2k \cdot \pi$ или $\Delta L = 2k \cdot \lambda/2$;
 - б) минимума интерференции: $\Delta\varphi = (2k + 1) \cdot \pi$ или $\Delta L = (2k + 1) \cdot \lambda/2$,
 где $\Delta\varphi$ – разность фаз складываемых световых колебаний, ΔL - оптическая разность хода световых лучей, $k = 0, 1, 2, \dots$
7. Связь между оптической разностью хода ΔL и разностью фаз: $\Delta\varphi = 2\pi \Delta L/\lambda$.
8. Дифракция – огибание волнами препятствий, соизмеримых по размеру с длиной волны.
9. Формула дифракционной решетки (условие главных максимумов): $d \sin \varphi = k\lambda$, где d – период (постоянная) дифракционной решетки: $d = L/N$ (L – ширина решетки, N – число щелей решетки), φ – угол дифракции(угол между нормалью и направлением на дифракционный максимум), $k = 0, 1, 2, \dots$ - порядок (номер) дифракционного максимума.

42. Интерференция волн

42.1 Разность хода двух интерферирующих лучей монохроматического света $\Delta l = 0,3 \cdot \lambda$. Определите разность фаз колебаний.(0,6π)

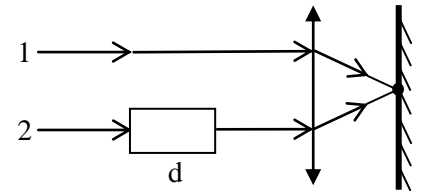
42.2 На сколько минимально надо изменить расстояние S между когерентными источниками света O_1 и O_2 в направлении распространения света, чтобы в точке A на экране интерференционный максимум сменился интерференционным минимумом?



42.3 Найдите все длины волн видимого света (от 0,4 мкм до 0,7 мкм) которые будут: 1) максимально усилены; 2) максимально ослаблены при разности хода интерферирующих лучей $\Delta L = 1,8$ мкм. (0,6 мкм и 0,45 мкм; 0,51 мкм и 0,4 мкм)

42.4 На пути одного из двух когерентных лучей ($\lambda = 0,52$ мкм), распространяющихся параллельно друг другу в воздухе, поставили прозрачную пластину толщиной $d = 7,8$ мкм с показателем преломления $n = 1,5$.

Чему после этого стала равна разность хода лучей 1 и 2? Каким станет результат интерференции лучей 1 и 2? (3,9 мкм; минимум)

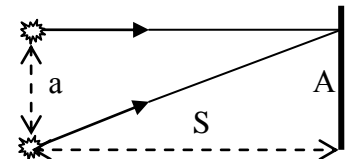


42.5 Две световые волны, уравнения которых имеют вид $E_1 = E_0 \sin 4\pi \cdot 10^6 (3 \cdot 10^8 t - L_1)$ и $E_2 = E_0 \sin 4\pi \cdot 10^6 (3 \cdot 10^8 t - L_2)$, падают в одну точку на экране. Найдите: 1) длину волны и частоту колебаний света; 2) результат интерференции волн, если $L_1 = 40$ мкм, $L_2 = 42$ мкм. (0,5 мкм; $6 \cdot 10^{14}$ 1/с; максимум)

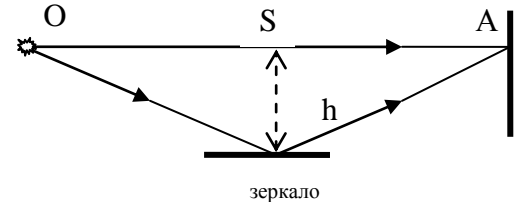
42.6 Два световых источника имеют очень близкие частоты излучения: $\nu_1 = 4,3158 \cdot 10^{14}$ 1/с и $\nu_2 = 4,3156 \cdot 10^{14}$ 1/с. Световые лучи от этих источников, пройдя по 7,5 мм, попадают в одну точку на экране. За какое время минимум интенсивности света в точке наложения заменяется максимумом? Возможно ли в этих условиях наблюдение интерференции? (25 пс; нет)

42.7 В некоторую точку пространства приходят два пучка когерентного излучения с оптической разностью хода 2,1 мкм. Определить произойдет усиление или ослабление в этой точке света с длиной волны 700, 600, 400 нм

42.8 Источники света с длинами волн 0,615 мкм расположены на расстоянии $S = 2$ м от экрана и $a = 4$ мм друг от друга, как показано на рисунке. Определите результат интерференции в точке А. (минимум)

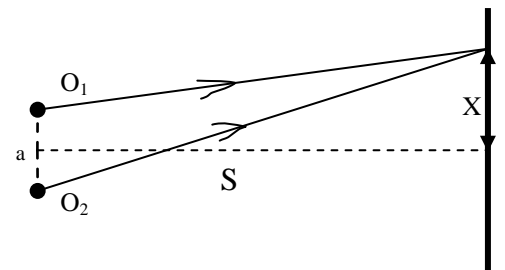


42.9 От источника света с длиной волны $\lambda = 405$ нм выделено два луча, один из которых падает нормально на экран в точку А, другой приходит в ту же точку после отражения от зеркала. При каком минимальном значении h в точке А наблюдается минимум интерференции света? Принять $S = 2$ м.



Учсть, что при отражении от зеркала второй луч меняет фазу световых колебаний на противоположную. (0,64 мм)

42.10 Два когерентных точечных источника света O_1 и O_2 с длиной волны $\lambda = 0,5$ мкм, расстояние между которыми $a = 0,5$ мм расположены параллельно экрану на расстоянии $S = 1$ м от него. На каком расстоянии X от центра экрана возникают 5-ый максимум и 8-ой минимум интенсивности? (5 мм; 8,5 мм)



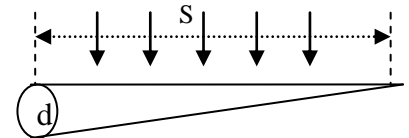
42.11 Для источников света, описанных в **42.10** найдите ширину интерференционной полосы на экране (расстояние между соседними минимумами). (1 мм)

42.12 Какую наименьшую толщину должна иметь пластинка, сделанная из материала с показателем преломления $n=1,54$, чтобы при ее освещении лучами с длиной волны $\lambda=750$ нм, перпендикулярными к поверхности пластинки, она в отраженном свете казалась черной? Красной? (0,24 мкм; 0,12 мкм)

42.13 Тонкая пленка толщиной $h = 0,5$ мкм освещается светом с длиной волны $\lambda = 590$ нм (желтый). Какой будет казаться эта пленка в проходящем свете, если показатель преломления вещества пленки равен $n = 1,48$, а лучи направлены перпендикулярно к поверхности пленки? Что будет происходить с цветом пленки, если ее наклонять относительно световых лучей?(черной, черной или желтой)

42.14 Водяная пленка на поверхности стекла имеет форму клина с длиной 40 мм и с максимальной толщиной 1 мкм. На нее нормально падает свет с длиной волны 0,53 мкм (зеленый). Чему равна ширина интерференционных полос?(0,8 см)

42.15 Для измерения толщины волоса его положили на стеклянную пластинку и сверху прикрыли другой пластинкой. Расстояние от волоса до линии соприкосновения пластинок, параллельной волосу, равно $S = 20$ см. При освещении пластинок красным светом ($\lambda = 750$ нм) расстояние между двумя соседними максимумами составляет 1,25 мм. Определите толщину волоса d . (0,06 мм)



43. Дифракция волн. Дифракционная решетка

43.1 Каков период дифракционной решетки, если при наблюдении в монохроматическом свете с длиной волны 0,6 мкм максимум пятого порядка образуется под углом $8,63^\circ$?(0,02 мм)

43.2 Определите число штрихов на 1 см дифракционной решетки, если максимум второго порядка для света с длиной волны $7 \cdot 10^{-7}$ м наблюдается под углом дифракции 45° .(5050)

43.3 Максимум второго порядка дифракционной решетки наблюдается под углом 17° . Под каким углом наблюдается максимум третьего порядка для той же длины волны?(26°)

43.4 На дифракционную решетку нормально падает пучок света от разрядной трубки, наполненной гелием. На какую линию в спектре 3-го порядка накладывается красная линия гелия ($\lambda = 670$ нм) спектра 2-го порядка?($\lambda = 447$ нм)

43.5 На дифракционную решетку с периодом 0,01 мм падает нормально монохроматический свет с длиной волны 650 нм. Дифракционная картина наблюдается на экране установленном параллельно решетке на расстоянии 1,2 м от нее. На каком расстоянии от центра дифракционной картины наблюдается первый максимум? Каково расстояние между первым и третьим максимумами?(7,8 см; 15,6 см)

43.6 На дифракционную решетку нормально падает пучок света от разрядной трубки. Чему должна быть равна постоянная дифракционной решетки, чтобы в направлении под углом $\varphi = 41^\circ$ к оси пучка совпали максимумы двух линий с длиной волны $\lambda_1 = 656,3$ нм и $\lambda_2 = 410,2$ нм.(5 мкм)

43.7 Найдите наибольший порядок спектра для желтых линий $\lambda_1 = 589$ нм и $\lambda_2 = 505$ нм, если постоянная решетки равна 2 мкм.($k = 3$)

43.8 На дифракционную решетку, содержащую 430 штрихов на 1 мм, падает нормально монохроматический свет ($\lambda = 0,6$ мкм). Найдите общее число максимумов, которое дает эта решетка. Определите угол дифракции для последнего максимума.(7; $\varphi = 50,7^\circ$)

ЭЛЕМЕНТЫ КВАНТОВОЙ И ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

Световые кванты. Фотоэффект

Основные понятия и формулы

1. Энергия кванта свет (фотона) – формула Планка: $E = h\nu = h\frac{c}{\lambda}$, где h – постоянная Планка, ν - частота колебаний световой волны, c – скорость света, λ – длина волны.
2. «Масса» фотона: $m = \frac{E}{c^2} = \frac{h\nu}{c^2} = \frac{h}{c\lambda}$. Импульс фотона: $p = mc = \frac{h}{\lambda}$.
3. Формула Эйнштейна для фотоэффекта: $h\nu = A + E_{\max}$, где A – работа выхода электрона, E_{\max} – максимальная кинетическая энергия фотоэлектрона.
4. Задерживающий потенциал φ – потенциал электрически изолированного тела при котором фотоэффект прекращается $h\nu = A + e\varphi$.
5. Красная граница фотоэффекта: $\nu_0 = \frac{A}{h}$ или $\lambda_0 = \frac{hc}{A}$, где ν_0 и λ_0 – соответственно минимальная частота и минимальная длина волны, при которых еще возможен фотоэффект.
6. Давление света: $p = \frac{W}{c}(1 + \rho)$, где W – энергия света, падающего нормально на единицу некоторой поверхности в единицу времени, ρ - коэффициент отражения света поверхностью.

44. Световые кванты

- 44.1** Найти энергию фотона 1) красного ($\lambda=0,7\text{мкм}$); 2)зеленого ($\lambda=0,55\text{мкм}$); 3)фиолетового ($\lambda=0,4\text{мкм}$); 4)инфракрасного ($\lambda=10\text{мкм}$) излучения. ($2,83 \cdot 10^{-19}$ Дж; $3,6 \cdot 10^{-19}$ Дж; $4,95 \cdot 10^{-19}$ Дж; $0,2 \cdot 10^{-19}$ Дж)
- 44.2** Какая длина волны соответствует фотону, масса которого 10^{-3} а.е.м. ($1,33$ пм)
- 44.3** Энергия фотона 1 МэВ. Определить импульс фотона. ($5,33 \cdot 10^{-22}$ кг·м/с)
- 44.4** Определите длину волны, массу и импульс фотона с энергией 0,1 МэВ. Сравните массу этого фотона с массой электрона. ($\lambda = 12,5$ пм; $m = 1,8 \cdot 10^{-31}$ кг; $p = 5,3 \cdot 10^{-23}$ кг·м/с)
- 44.5** Определите длину волны фотона, импульс которого равен импульсу электрона, имеющего скорость 10^4 км/с (73 пм)
- 44.6** Каков абсолютный показатель преломления среды, в которой свет с энергией фотона $E = 3$ эВ имеет длину волны $\lambda = 0,3$ мкм? ($1,38$)
- 44.7** Во сколько раз масса фотона, соответствующего инфракрасному излучению с длиной волны $\lambda = 800$ нм, меньше массы фотона, соответствующего ультрафиолетовому излучению с частотой $\nu = 10^{15}$ Гц? (в 2,7 раза)
- 44.8** Фотоэлемент облучается светом с длиной волны 0,6 мкм. За некоторое время фотоэлемент поглотил энергию 10^{-5} Дж. Найдите число поглощенных фотонов. ($3 \cdot 10^{13}$)

- 44.9** Средняя длина волны излучения лампочки накаливания составляет 0,6 мкм. Сколько фотонов в минуту излучает стоваттная лампочка? ($1,8 \cdot 10^{22}$)
- 44.10** Рубиновый лазер излучает в импульсе $N = 2 \cdot 10^{19}$ световых квантов с длиной волны $\lambda = 6,68 \cdot 10^{-7}$ м. Чему равна средняя мощность вспышки лазера, если ее длительность $\tau = 2 \cdot 10^{-3}$ с? (3 кВт)
- 44.11** Считая, что мощность лампы рассеивается во все стороны в виде излучения и что средняя длина волны 0,5 мкм, найти число фотонов, которые падают за 1 с на 1 см² зеркальной площадки, поставленной перпендикулярно к лучам на расстоянии 50 см от лампочки и давление оказываемое на эту площадку. Мощность лампы 25 Вт. ($2 \cdot 10^{15}$; 53 нПа)
- 44.12** На зачерненную поверхность площадью $S = 0,6$ м² падает в перпендикулярном направлении 10^{25} фотонов в секунду. Найдите давление света на поверхность, если его частота $5 \cdot 10^{14}$ 1/с. (18,4 мПа)
- 44.13** Электрическая лампа прожектора, образующего световой луч диаметром 50,5 см, имеет мощность 600 Вт. Луч прожектора падает нормально на поверхность тела с коэффициентом отражения 0,6. Вычислите давление света. (16 мкПа)
- 44.14** С поверхности Солнца ежесекундно излучается энергия $\Delta E = 3,8 \cdot 10^{26}$ Дж. Через сколько лет масса Солнца уменьшится на один процент? Сколько фотонов излучает Солнце в одну секунду, если средняя длина волны излучения 0,5 мкм? Сколько фотонов падает ежесекундно на площадку в 1 м², установленную на Земле перпендикулярно солнечным лучам? Какое давление они оказывают, если площадка зачернена? ($1,5 \cdot 10^{11}$ лет; $9,6 \cdot 10^{44}$; $3,4 \cdot 10^{21}$; 45 мкПа)
- 44.15** Рентгеновская трубка, работающая под напряжением $U = 66$ кВ при силе тока $I = 15$ мА, излучает ежесекундно 10^{16} фотонов. Считая длину волны излучения равной 0,1 нм, определите КПД установки. (2%)

45. Фотоэффект

- 45.1** Изобразить на одном рисунке зависимость максимальной скорости электронов от частоты падающего на поверхность металла света при фотоэффекте для двух металлов с разной работой выхода.
- 45.2** Чему равна работа выхода электронов из металла, если фотоэффект для него начинается при частоте падающего света $\nu = 3 \cdot 10^{14}$ Гц? (1,24 эВ)
- 45.3** На поверхность серебряной пластинки падают ультрафиолетовые лучи ($\lambda = 0,3$ мкм). Работа выхода электронов из серебра 4,7 эВ. Будет ли иметь место фотоэффект? (не будет)
- 45.4** Наибольшая длина волны света, при которой может наблюдаться фотоэффект для калия, равна $6,6 \cdot 10^{-7}$ м. Найдите работу выхода электронов из калия. ($3 \cdot 10^{-19}$ Дж)
- 45.5** На поверхность лития падают лучи с длиной волны 250 нм. Определите максимальную скорость фотоэлектронов, если работа выхода из лития равна 2,3 эВ. (965 км/с)
- 45.6** Фотон с длиной волны 0,23 мкм вырывает с поверхности натрия фотоэлектрон, максимальная кинетическая энергия которых равна 3 эВ. Определите работу выхода и красную границу фотоэффекта. (2,38 эВ; 0,52 мкм)

- 45.7** Найдите работу выхода электронов из металла, если при фотоэффекте на металл падает излучение с частотой 10^{15} Гц, а энергия вылетающего электрона $3,4 \cdot 10^{-19}$ Дж. Ответ дайте в электронвольтах.(2 эВ)
- 45.8** Найдите работу выхода и красную границу фотоэффекта для некоторого металла, если при облучении этого металла светом с длиной волны 275 нм максимальная скорость фотоэлектронов равна $9,1 \cdot 10^5$ м/с.(2,15 эВ; 0,58 мкм)
- 45.9** Какой энергией обладают электроны, вырванные из цезия при облучении его светом с длиной волны 0,5 мкм, если при облучении светом с длиной волны 0,62 мкм энергия электронов равна 0,3 эВ?(0,78 эВ)
- 45.10** При освещении металла монохроматическим светом с длиной волны $\lambda_1 = 400$ нм фотоэлектроны приобрели скорость $V_1 = 8,2 \cdot 10^5$ м/с, а при освещении этого же металла монохроматическим светом с длиной волны $\lambda_2 = 600$ нм наибольшая скорость оказалась равной $V_2 = 5,55 \cdot 10^5$ м/с. По этим данным определите значение постоянной Планка.
- 45.11** В процессе фотоэффекта электроны, вырываемые с поверхности металла излучением частотой $\nu_1 = 2 \cdot 10^{15}$ Гц, полностью задерживаются тормозящим полем при разности потенциалов $U_1 = 7,0$ В, а при частоте $\nu_2 = 4 \cdot 10^{15}$ Гц – при разности потенциалов $U_2 = 15,25$ В. По этим данным вычислите постоянную Планка.
- 45.12** Какая доля энергии фотонов расходуется на работу выхода электрона, если красная граница фотоэффекта составляет 0,3 мкм, а кинетическая энергия фотоэлектронов 1 эВ?(80%)
- 45.13** Фотоэлемент освещается световыми квантами с энергией 7,5 эВ. Работа выхода из металла катода равна 4 эВ. Какое наименьшее задерживающее напряжение нужно приложить к фотоэлементу, чтобы ток прекратился?(3,5 В)
- 45.14** При фотоэффекте с поверхности платины величина задерживающего напряжения оказалась равной 0,8 В. Вычислите длину волну используемого света. Работа выхода электронов из платины равна 5,3 эВ. Ответ дать в нм.(203 нм)
- 45.15** При увеличении частоты падающего на металл света в 2 раза задерживающее напряжение для фотоэлектронов увеличивается в 5 раз. Частота первоначально падающего света $\nu = 5 \cdot 10^{14}$ Гц. Определите длину волны (в нм) света, соответствующего красной границе для этого металла.(800 нм)
- 45.16** Алюминиевый шарик облучается светом с длиной волны 0,25 мкм. До какого максимального потенциала зарядится шарик в результате потерь фотоэлектронов? Работа выхода из алюминия равна 3,74 эВ.(1,21 В)
- 45.17** Шар радиусом 1 см, несущий заряд 111 пКл, облучается светом длиной волны 331 нм. Определите на какое расстояние от поверхности шара удалится электрон, если работа выхода из металла, из которого изготовлен шар, равна $2 \cdot 10^{-19}$ Дж.(0,25 мм)
- 45.18** Одна из пластин плоского незаряженного конденсатора освещается ультрафиолетовыми лучами с длиной волны $\lambda = 100$ нм, причем выбитые электроны падают на вторую пластину. Работа выхода электронов из металла, из которого изготовлены пластины конденсатора, равна $1,5 \cdot 10^{-18}$ Дж, площадь пластин 100 см^2 , расстояние между пластинами $d = 3$ мм. Определите максимальный заряд конденсатора.($8,85 \cdot 10^{-11}$ Кл)

Боровская теория атома водорода

Основные понятия и формулы

1. $mVr = n \frac{h}{2\pi}$ - условие квантования Бора, где m – масса электрона, r – радиус стационарной орбиты электрона, V – скорость электрона на этой орбите, h – постоянная Планка, $n = 1, 2, 3 \dots$ (число n – называется главным квантовым числом).
2. $E_n = -\frac{me^4}{8\epsilon_0 h^2} \cdot \frac{1}{n^2} [\text{Дж}] = -\frac{hcR}{n^2} = -\frac{13,6}{n^2} [\text{эВ}]$ – энергия электрона в стационарном состоянии, где e – заряд электрона, ϵ_0 – электрическая постоянная, R – постоянная Ридберга, c – скорость света.
3. $h\nu = E_n - E_k$, где $h\nu$ – энергия фотона, излученного или поглощенного при переходе атома из стационарного состояния с энергией E_n в состояние с энергией E_k .

46. Боровская теория

- 46.1** При переходе электрона в атоме с одной стационарной орбиты на другую излучается фотон с длиной волны $\lambda = 6 \cdot 10^{-7}$ м. Какую энергию теряет при этом атом? ($3,3 \cdot 10^{-19}$ Дж.)
- 46.2** Электрон в невозбужденном атоме водорода получил энергию, равную 12,2 эВ. Свет какой длины волны будет излучен атомом при возвращении его в исходное состояние? ($\lambda = 10^{-7}$ м)
- 46.3** Найти в рамках боровской теории атома водорода возможные значения радиусов стационарных орбит электрона в атоме. ($r_n = 5,3 \cdot 10^{-11} \cdot n^2$ (м))
- 46.4** Вычислите скорости электрона на первых трех орбитах в атоме водорода. (2,2; 1,1; 0,7 (Мм/с))
- 46.5** Каков период обращения электрона на первой и второй орбитах в атоме водорода? ($1,5 \cdot 10^{-16}$ с; $12,3 \cdot 10^{-16}$ с)
- 46.6** Найдите потенциальную энергию электрического взаимодействия ядра атома водорода и электрона, находящегося на первой боровской орбите. (-27,2 эВ)
- 46.7** Вычислите кинетическую энергию, которую может иметь электрон на первой орбите в атоме водорода. (13,6 эВ)
- 46.8** Определите возможные значения энергии электрона в атоме водорода. Отложите их на оси энергии и проанализируйте полученный результат. ($-13,6/n^2$ эВ)
- 46.9** Найдите энергию фотона, излучаемого электроном атома водорода при переходе со второй орбиты на первую. В какой области спектра лежит это излучение? (10,2 эВ; в ультрафиолетовой)
- 46.10** Найдите длины волн фотонов, излучаемых атомом водорода при переходе электрона на вторую орбиту с третьей, четвертой, пятой и шестой. В какой части спектра лежат эти волны? (655; 485; 433; 410 (нм); видимого излучения)

46.11 Может ли при переходе электрона в атоме водорода с какой-либо вышестоящей орбиты на третью возникнуть видимое излучение?(нет)

46.12 Выведите формулу, по которой можно подсчитать длину волны излучаемого фотона при переходе электрона в атоме водорода из стационарного состояния с главным квантовым числом k в состояние с главным квантовым числом n . ($1/\lambda = R(1/n^2 - 1/k^2)$), где R постоянная Ридберга.

46.13 Вычислить наибольшую и наименьшую длины волн для серии Лаймана в спектре излучения водорода (образуется при переходах электрона на первую орбиту). В какой области спектра электромагнитных волн находится эта серия?(121нм; 91 нм)

46.14 Вычислить длины волн света соответствующих границам серии Бальмера в спектре излучения водорода (образуется при переходах электрона с верхних на вторую орбиту). В каких областях спектра электромагнитных волн находится эта серия?(0,36÷0,65 мкм)

Ядерная физика

Основные понятия и формулы

1. Обозначение ядра: ${}^A_Z X$, где X – символ химического элемента, Z (зарядовое число)- количество протонов в ядре, A (массовое число) – количество протонов и нейтронов (нуклонов) в ядре. Заряд ядра $Q = Z \cdot |e|$.
2. Количество нейтронов в ядре: $N = A - Z$.
3. Энергия связи ядра: $E_{св} = c^2 \Delta m$, где Δm - дефект массы ядра, c – скорость света в вакууме.
4. Дефект массы ядра: $\Delta m = [(Zm_p + Nm_n) - M_{я}]$, где m_p – масса протона, m_n – масса нейтрона, $M_{я}$ – масса ядра.
5. Энергетический выход ядерной реакции: $\Delta E = c^2(\sum m_i - \sum m_k)$, где $\sum m_i$ - сумма масс частиц, вступивших в ядерную реакцию, $\sum m_k$ - сумма масс образовавшихся частиц. Если $\Delta m = 1,00000$ а.е.м., то $\Delta E = 931,5$ МэВ.
6. Реакция α – распада: ${}^A_Z X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2} Y + {}^4_2 He$.
7. Реакция β – распада: ${}^A_Z X \rightarrow {}^A_{Z+1} Y + {}^0_{-1} e + \bar{\nu}_0$.
8. Закон радиоактивного распада: $N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$, где N_0 - начальное количество радиоактивных атомов (ядер), N - количество не распавшихся ядер к моменту времени t , T – период полураспада радиоактивного элемента.

47. Состав ядра. Ядерные реакции

47.1 На сколько больше нейтронов содержится в ядре ${}^{238}_{92} U$, чем в ядре ${}^{234}_{92} U$?(на 4)

47.2 Определите количество протонов в ядре, если массовое число ядра равно 205, а нейтронов на 41 больше, чем протонов.(82)

47.3 Во сколько раз число нейтронов в ядре ${}^{63}_{29} Cu$ превышает их число в ядре ${}^{34}_{17} Cl$?(в 2 раза)

47.4 Определите порядковый номер химического элемента в таблице Менделеева, если количество нейтронов в ядре этого элемента в 1,6 раза больше количества протонов, а его массовое число 234. ($Z = 90$)

47.5 Допишите реакцию, подставив вместо X необходимый изотоп. Сколько нейтронов содержится в этом изотопе? ${}^7_3\text{Li} + {}^1_1\text{p} \rightarrow {}^1_0\text{n} + {}^A_Z\text{X}$ (3)

47.6 Напишите недостающие обозначения в ядерной реакции ${}^7_3\text{Li} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + \text{X}$. Найдите отношение числа протонов к числу нейтронов в образовавшемся ядре. (1)

47.7 Изменится ли масса и порядковый номер элемента при испускании γ – кванта? Как изменится массовое число и номер элемента при выбрасывании из ядра протона? Нейтрона?

47.8 Напишите реакцию β – распада ядра стронция – 90.

47.9 Изотопы ${}^{238}\text{U}$ и ${}^{235}\text{U}$ являются α – радиоактивными. Напишите реакции их распада.

47.10 Ядро бериллия ${}^9_4\text{Be}$ захватывает дейтон ${}^2_1\text{H}$, превратившись в ядро бора ${}^{10}_5\text{B}$. Напишите уравнение реакции и определите, какая частица при этом выбрасывается.

47.11 В реакции взаимодействия алюминия ${}^{27}_{13}\text{Al}$ с углеродом ${}^{12}_6\text{C}$ образуется α – частица, нейтрон и ядро некоторого изотопа. определите количество нейтронов в этом ядре. (17)

47.12 Ядро ${}^{216}_{84}\text{Po}$ образовалось после двух последовательных α – распадов. Из какого ядра получился полоний? (${}^{224}_{88}\text{Ra}$)

47.13 Ядро изотопа ${}^{211}_{83}\text{Bi}$ получилось из другого ядра после одного α – и одного β – распада. Что это за ядро? (${}^{215}_{84}\text{Po}$)

47.14 В цепочке радиоактивных превращений ${}^{235}_{92}\text{U}$ в ${}^{207}_{82}\text{Pb}$ происходит несколько α и β – распадов. Сколько всего распадов в этой цепочке? (11)

47.15 При бомбардировке изотопа натрия ${}^{23}\text{Na}$ дейтонами образуется β – радиоактивный изотоп ${}^{24}\text{Na}$. Напишите уравнение обеих реакций.

47.16 При взаимодействии ядер ${}^{27}_{13}\text{Al}$ с x – частицами образуются ядра изотопа ${}^{27}_{12}\text{Mg}$ и y – частицы. При взаимодействии же y – частиц с ядрами ${}^{27}_{13}\text{Al}$ образуются ядра изотопа ${}^{24}_{12}\text{Mg}$ и z – частицы. Какие широко известные частица x , y и z участвуют в этих ядерных реакциях?

48. Энергия связи ядер и энергия ядерных реакций

48.1 Найдите энергию связи ядра гелия ${}^4_2\text{He}$. (28,3 МэВ)

48.2 У какого из ядер ${}^3_2\text{He}$ или ${}^3_1\text{H}$ энергия связи больше? На сколько? Какое из ядер более устойчиво? (7,7 МэВ; 8,5 МэВ)

48.3 Постройте график зависимости энергии связи ядер ${}^4_2\text{He}$, ${}^8_4\text{Be}$, ${}^{12}_6\text{C}$, ${}^{16}_8\text{O}$, ${}^{24}_{12}\text{Mg}$, приходящейся на один нуклон, от общего числа нуклонов в ядре.

48.4 Определите энергия, выделяющуюся при реакции ${}^2_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^3_1\text{H} + {}^1_1\text{H}$. (4,0 МэВ)

48.5 Найдите энергию, выделяющуюся в следующих ядерных реакциях:

${}^2_1\text{H} + {}^3_2\text{He} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_1\text{H}$; ${}^6_3\text{Li} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^4_2\text{He}$; ${}^6_3\text{Li} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^3_2\text{He}$. (18,4 МэВ; 22,4 МэВ; 4,0 МэВ)

- 48.6** Выделяется или поглощается энергия в ядерной реакции ${}^{14}_7\text{N} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{17}_8\text{O} + {}^1_1\text{H}$? Вычислите эту энергию. (1,2 МэВ; поглощается)
- 48.7** В центре Солнца протекает реакция синтеза ${}^4_2\text{He}$, в которой из 4-х протонов образуется ядро гелия. Напишите эту реакцию и найдите ее энергетический выход. (24,7 МэВ)
- 48.8** При взрыве водородной бомбы протекает дейтерий-тритиевая реакция синтеза $({}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H})$, в которой, в частности, образуются нейтроны. Найдите энергию этой реакции. Сколько по массе нужно взять дейтерия и трития для водородной бомбы с тротиловым эквивалентом 100 килотонн (тепловой эффект тротила равен $4,1 \cdot 10^6$ Дж/кг)? (17,6 МэВ; 0,49 кг; 0,73 кг)
- 48.9** Атомный реактор приводит в действие турбогенератор мощностью $2 \cdot 10^8$ Вт. Определите КПД генератора, если в течение суток распадается 0,54 кг ${}^{235}_{92}\text{U}$, а при делении одного ядра этого элемента выделяется энергия равная $3,2 \cdot 10^{-11}$ Дж. ($\eta = 39\%$)
- 48.10** При единичном акте деления ядра урана ${}^{235}_{92}\text{U}$ выделяется энергия 200 МэВ. За какое время первоначальная загрузка урана в реакторе, равная 10 кг уменьшится на 2%? Мощность реактора постоянна и равна 1 МВт. Ответ дать в сутках. (190 суток)

49. Закон радиоактивного распада

- 49.1** Какая часть радиоактивных ядер распадается за время, равное половине периода полураспада? (29%)
- 49.2** Имеется десять радиоактивных ядер. Сколько ядер распадется за время равное двум периодам полураспада?
- 49.3** Во сколько раз уменьшится число атомов одного из изотопов радона за 1,91 суток, если период полураспада этого изотопа равен 3,82 суток? (в 1,4 раза)
- 49.4** Период полураспада радия равен 1600 лет. Через какое время число его атомов уменьшится в 4 раза? (3200 лет)
- 49.5** Определите период полураспада радона (в секундах), если за 1 сутки из $N_0 = 10^6$ атомов распадается $\Delta N = 1,75 \cdot 10^5$ атомов. ($3,1 \cdot 10^5$ с)
- 49.6** Сколько процентов от начального количества радиоактивного актиния ${}^{225}\text{Ac}$ (период полураспада 10 суток) останется через 5 дней, 15 дней? (71%; 35%)
- 49.7** За один год начальное количество радиоактивного элемента уменьшилось в три раза. Во сколько раз оно уменьшится за 2 года? (в 9 раз)
- 49.8** Сколько β -частиц испускается в течение суток при распаде 1мкг изотопа ${}^{32}\text{P}_{15}$ (период полураспада фосфора $T = 14,3$ суток)? ($8,9 \cdot 10^{14}$)
- 49.9** За какое время распадается четверть начального количества ядер радиоактивного элемента, если период его полураспада 24 часа? (10 часов)
- 49.10** За какое время произойдет распад 2 мг ${}^{210}\text{Po}_{84}$ ($T = 138$ суток), если в начальный момент его масса 0,2 г? (2 суток)
- 49.11** Определите период полураспада радиоактивного полония-210, если 1 г этого изотопа образует за год $89,5 \text{ см}^3$ гелия при нормальных условиях. (143,5 суток)
- 49.12** В микрокалориметр с теплоемкостью $C = 1000$ Дж/К помещено $m = 100$ мг изотопа кобальта ${}^{61}\text{Co}$. При распаде одного ядра ${}^{61}\text{Co}$ выделяется энергия $2 \cdot 10^{-19}$

Дж. Через время $\tau = 50$ мин температура калориметра повысилась на $0,06$ К. Найдите период полураспада изотопа кобальта. (95 мин)

49.13 В закрытый сосуд объемом 10 см^3 поместили 1 мг изотопа Po^{210} (период полураспада $0,373$ года). На сколько повысится давление газа в этом сосуде через год? Температура в сосуде $20 \text{ }^\circ\text{C}$. ($0,98 \text{ кПа}$)

ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

Основные понятия и формулы

1. Правило сложения скоростей в релятивистской механике: $V_2 = \frac{V_1 + V}{1 + \frac{V_1 V}{c^2}}$, где V –

скорость некоторой движущейся инерциальной системы отсчета относительно другой – условно неподвижной, V_1 и V_2 – скорости тела соответственно в 1-ой и 2-ой системах отсчета, c – скорость света в вакууме.

2. Релятивистское изменение промежутков времени: $\tau_2 = \frac{\tau_1}{\sqrt{1 - V^2/c^2}}$, где τ_1 и τ_2 –

продолжительность некоторого события, измеренная соответственно в движущейся и условно неподвижной системах отсчета.

3. Релятивистский размер движущегося тела: $l = l_0 \sqrt{1 - V^2/c^2}$, где l_0 – размер неподвижного тела, l – размер движущегося со скоростью V тела (в направлении движения).

4. Масса движущегося тела: $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - V^2/c^2}}$, где m_0 – масса покоящегося тела.

5. Релятивистское выражение для кинетической энергии тела:

$$W = m_0 c^2 \left[\frac{1}{\sqrt{1 - V^2/c^2}} - 1 \right].$$

6. Связь массы и энергии E тела: $E = mc^2$.

50. Специальная теория относительности

50.1 При какой скорости движения релятивистское сокращение длины движущегося тела составит 25%? ($1,98 \cdot 10^8 \text{ м/с}$)

50.2 Какую скорость должно иметь движущееся тело, чтобы его продольные размеры уменьшились в два раза? ($2,6 \cdot 10^8 \text{ м/с}$)

50.3 Во сколько раз увеличивается продолжительность жизни нестабильной частицы (по часам неподвижного наблюдателя), если она начинает двигаться со скоростью, составляющей 99% скорости света? (в 7,1 раза)

50.4 Фотонная ракета движется относительно земли со скоростью $V = 0,6c$. Во сколько раз замедляется ход времени в ракете с точки зрения земного наблюдателя? (в 1,25 раза)

50.5 Покажите, что релятивистское правило сложения скоростей при малых скоростях движения переходит в классическое.

- 50.6** Ион, движущийся в ускорителе со скоростью $0,8c$, испустил фотон в направлении своего движения. Определите скорость движения фотона относительно ускорителя?(c)
- 50.7** В линейном ускорителе движутся навстречу друг другу две частицы со скоростями $0,9c$ относительно ускорителя. Определите относительную скорость сближения частиц с точки зрения наблюдателя, движущегося вместе с одной из частиц.($0,9945c$)
- 50.8** Во сколько раз увеличится масса частицы, если ее скорость составит 80% от скорости света?($1,67$)
- 50.9** При какой скорости масса движущегося электрона вдвое больше его массы покоя?($2,6 \cdot 10^8$ м/с)
- 50.10** На сколько увеличится масса α – частицы при ускорении ее от начальной скорости, равной нулю до скорости равной $0,9$ скорости света?($8,6 \cdot 10^{-27}$ кг)
- 50.11** Постройте графики изменения импульса электрона в зависимости от скорости в рамках классической и релятивистской механики.
- 50.12** Какую ускоряющую разность потенциалов должен пройти электрон, чтобы его скорость составила 95% скорости света?($1,1$ МВ)
- 50.13** Найдите скорость мезона, если его полная энергия в 10 раз больше энергии покоя.($2,985 \cdot 10^8$ м/с)
- 50.14** Электрон движется со скоростью $V = 0,6c$. Определите релятивистский импульс электрона.($2 \cdot 10^{-22}$ кг·м/с)
- 50.15** Какую долю скорости света должна составлять скорость частицы, чтобы ее кинетическая энергия была равна ее энергии покоя?($0,866$)
- 50.16** Электроны, вылетающие из циклотрона, обладают кинетической энергией $0,67$ МэВ. Какую долю скорости света составляет скорость этих электронов?($0,9$)
- 50.17** Масса движущегося электрона вдвое больше его массы покоя. Найдите кинетическую энергию этого электрона.($8,2 \cdot 10^{-14}$ Дж)
- 50.18** Найдите потерю массы, проходящую при образовании 1 кмоль воды, если реакция образования воды такова: $2H_2 + O_2 = 2H_2O + 80,6 \cdot 10^{-20}$ Дж.($2,7 \cdot 10^{-9}$ кг)
- 50.19** Солнце излучает ежеминутно энергию равную $6,5 \cdot 10^{21}$ кВт·ч. Считая излучение Солнца постоянным, найдите за какое время его масса уменьшится в два раза.($7 \cdot 10^{12}$ лет)
- 50.20** На сколько увеличится масса одного килограмма воды при нагревании ее на 10^0 ?($4,7 \cdot 10^{-13}$ кг)

Приложение

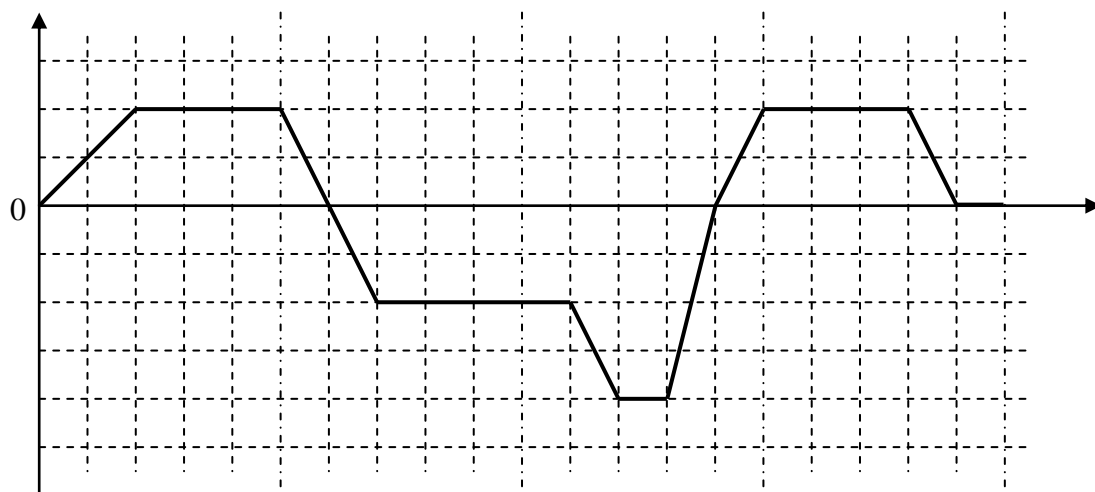


Рисунок А

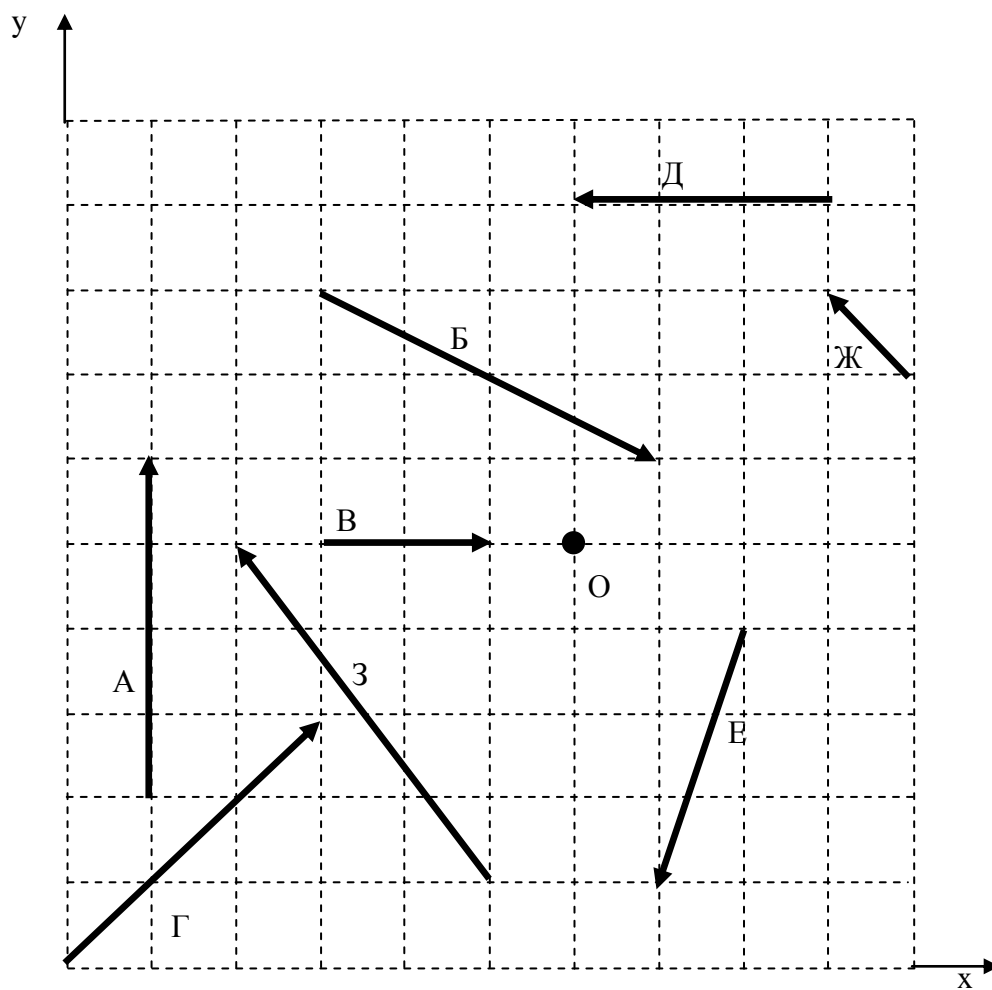


Рисунок Б

СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Основные физические константы

Скорость света в вакууме	$c = 3 \cdot 10^8$ м/с
Гравитационная постоянная	$G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ Н·м ² /кг ²
Ускорение свободного падения	$g = 10$ м/с ²
Число Авогадро	$N_A = 6 \cdot 10^{23}$
Постоянная Больцмана	$k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К
Универсальная газовая постоянная	$R = 8,31$ Дж/(К·моль)
Заряд электрона	$e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл
Электрическая постоянная	$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м
Магнитная постоянная	$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м
Постоянная Фарадея	$F = 9,65 \cdot 10^4$ Кл/моль
Масса электрона	$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг
Масса протона	$m_p = 1,67 \cdot 10^{-27}$ кг
Постоянная Планка	$h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Дж·с
Постоянная Ридберга	$R = 1,1 \cdot 10^7$ м ⁻¹

Некоторые внесистемные физические единицы

1 кГ = 9,8 Н	1 градус = $\pi/180 = 0,01744$ рад
1 л = 10^{-3} м ³ = 10^3 см ³	1 л.с. = 736 Вт
1 атм = 10^5 Па	1 мкм = 10^{-6} м
1 мм.рт.ст = 133,3 Па	1 Å = 10^{-10} м
1 кал = 4,18 Дж	1эВ = $1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж
1 год = $3,11 \cdot 10^7$ с	1 а.е.м. = $1,66 \cdot 10^{-27}$ кг = 931,5 МэВ

нормальные условия	давление 10^5 Па, температура 0^0C
--------------------	---

Физические свойства некоторых веществ

Вещество	Плотность ρ , $\cdot 10^3$ кг/м ³	Удельная тепло- емкость C , Дж/(К·кг)	Температура плавления t , ^0C	Уд. теп- лота плавл. λ , кДж/кг	Уд. теп- лота па- рообр. r , МДж/кг
Алюминий	2,7	880	659	320	
Медь	8,9	380	1083	180	
Свинец	11,3	130	327	25	
Железо	7,8	460	1540	270	
Латунь	8,5	380	900	390	
Олово	7,3	250	232	59	
Сталь	7,8	460	1400	210	
Чугун	7,0	546	1150		
Лед	0,9	2090	0	330	
Вода	1,0	4200			2,26
Керосин	0,8	2140			
Бензин	0,75				
Маш. масло	0,9	2100			
Спирт	0,8	2420			0,85
Ртуть	13,6	139	-39		

Давление насыщенного пара P_n при разных температурах

$t, ^\circ\text{C}$	0	5	10	20	30	50	60	70	80	100
$P_n \cdot 10^3 \text{ Па}$	0,61	0,88	1,28	2,33	4,24	12,3	19,9	31,2	47,3	101,3

Удельная теплота сгорания

Вещество	$q, \text{ МДж/кг}$
Бензин	46
Нефть	46
Керосин	44
Диз.топливо	42
Уголь, кокс	30
Природный газ	35,5

Диэлектрическая проницаемость ϵ

Диэлектрик	ϵ
Воздух	1,00058
Керосин	2,0
Слюда	7,5
Стекло	6,0
Парафин	2,0
Спирт	26
Вода	81

Удельное сопротивление ρ и температурный коэффициент сопротивления α

Проводник	$\rho, \cdot 10^{-9} \text{ Ом}\cdot\text{м} (t = 20^\circ\text{C})$	$\alpha, \cdot 10^{-4} \text{ град}^{-1}$
Медь	16	36
Нихром	400	2
Сталь	100	
Алюминий	25	42
Железо	90	62

Электрохимический эквивалент

Вещество	$k, \cdot 10^{-7} \text{ кг/Кл}$
Алюминий	0,93
Водород	0,1
Медь	3,3
Серебро	11,2

Абсолютный показатель преломления

Вещество	n
Воздух	1,00029
Вода	1,33
Глицерин	1,48
Стекло	1,5
Алмаз	2,42

Астрономические величины

Наименование	Масса, кг	Радиус, м
Солнце	$1,97 \cdot 10^{30}$	$6,95 \cdot 10^8$
Земля	$5,96 \cdot 10^{24}$	$6,37 \cdot 10^6$
Луна	$7,3 \cdot 10^{22}$	$1,74 \cdot 10^6$
Расстояние:		
от Земли до Луны		$3,8 \cdot 10^8$
от Земли до Солнца		$1,5 \cdot 10^{11}$

Массы некоторых атомов, частиц, ядер

	Масса атома, а.е.м.	Масса частицы, ядра, а.е.м.	Энергия покоя ядра, МэВ
${}_{-1}e^0$		$5,486 \cdot 10^{-4}$	0,511
${}_1p^1$		1,007276	938,279
${}_0n^1$		1,008665	939,573
${}_1H^1$	1,007825	1,007276	939,279
${}_1H^2$	2,014102	2,013553	1875,625
${}_1H^3$	3,01605	3,015501	2808,94
${}_2He^3$	3,016030	3,014932	2808,41
${}_2He^4$	4,002603	4,001505	3727,40
${}_3Li^6$	6,015126	6,013479	5601,56
${}_4Be^8$	8,00531	8,003114	7454,90
${}_6C^{12}$	12,000000	11,996706	11174,93
${}_7N^{14}$	14,00307	13,999227	13040,28
${}_8O^{16}$	15,994915	15,991243	14895,84
${}_8O^{17}$	16,999134	16,994742	15830,60
${}_{11}Mg^{24}$	23,98504	23,978452	22335,93

ТАБЛИЦА

1	1 H <i>1,00794</i> водород				
2	3 Li <i>6,941</i> литий	4 Be <i>9,012182</i> бериллий	5 B <i>10,811</i> бор	6 C <i>12,011</i> углерод	7 N <i>14,00674</i> азот
3	11 Na <i>22,98977</i> натрий	12 Mg <i>24,3050</i> магний	13 Al <i>26,981539</i> алюминий	14 Si <i>28,0855</i> кремний	15 P <i>30,973762</i> фосфор
4	19 K <i>39,0983</i> калий	20 Ca <i>40,078</i> кальций	21 Sc <i>44,95591</i> скандий	22 Ti <i>47,88</i> титан	23 V <i>50,9415</i> ванадий
	29 Cu <i>63,546</i> медь	30 Zn <i>65,39</i> цинк	31 Ga <i>69,723</i> галлий	32 Ge <i>72,61</i> германий	33 As <i>74,92159</i> мышьяк
5	37 Rb <i>85,4678</i> рубидий	38 Sr <i>87,62</i> стронций	39 Y <i>88,90585</i> иттрий	40 Zr <i>91,224</i> цирконий	41 Nb <i>92,90638</i> ниобий
	47 Ag <i>107,8682</i> серебро	48 Cd <i>112,411</i> кадмий	49 In <i>114,82</i> индий	50 Sn <i>118,71</i> олово	51 Sb <i>121,75</i> сурьма
6	55 Cs <i>132,90543</i> цезий	56 Ba <i>137,327</i> барий	57 La <i>138,9055</i> лантан	72 Hf <i>178,49</i> гафний	73 Ta <i>180,9479</i> тантал
	79 Au <i>196,9665</i> золото	80 Hg <i>200,59</i> ртуть	81 Tl <i>204,3833</i> таллий	82 Pb <i>207,2</i> свинец	83 Bi <i>208,9804</i> висмут
7	87 Fr <i>223,0197</i> франций	88 Ra <i>226,0254</i> радий	89 Ac <i>227,0278</i> актиний	104 Ku <i>261,11</i> курчатовий	105 Ns <i>262,114</i> нильсборий

58 Ce <i>140,115</i> церий	59 Pr <i>140,908</i> празеодим	60 Nd <i>144,24</i> неодим	61 Pm <i>144,9127</i> прометий	62 Sm <i>150,36</i> самарий	63 Eu <i>151,965</i> европий	64 Gd <i>157,25</i> гадолиний
---	---	---	---	--	---	--

90 Th <i>232,0381</i> торий	91 Pa <i>231,0359</i> протактиний	92 U <i>238,0289</i> уран	93 Np <i>237,048</i> нептуний	94 Pu <i>244,0642</i> плутоний	95 Am <i>243,061</i> америций	96 Cm <i>247,070</i> кюрий
--	--	--	--	---	--	---

МЕНДЕЛЕЕВА

		2 He <i>4,002602</i> гелий		
8 O <i>15,9994</i> кислород	9 F <i>18,9984</i> фтор	10 Ne <i>20,1797</i> неон		
16 S <i>32,066</i> сера	17 Cl <i>35,4527</i> хлор	18 Ar <i>39,946</i> аргон		
24 Cr <i>51,9961</i> хром	25 Mn <i>54,938</i> марганец	26 Fe <i>55,847</i> железо	27 Co <i>58,9332</i> кобальт	28 Ni <i>58,69</i> никель
34 Se <i>78,96</i> селен	35 Br <i>79,904</i> бром	36 Kr <i>83,80</i> криптон		
42 Mo <i>95,94</i> молибден	43 Tc <i>97,9072</i> технеций	44 Ru <i>101,07</i> рутений	45 Rh <i>102,9055</i> родий	46 Pd <i>106,42</i> палладий
52 Te <i>127,60</i> теллур	53 I <i>126,9045</i> иод	54 Xe <i>131,29</i> ксенон		
74 W <i>183,85</i> вольфрам	75 Re <i>186,207</i> рений	76 Os <i>190,2</i> осмий	77 Ir <i>192,22</i> иридий	78 Pt <i>195,08</i> платина
84 Po <i>208,9824</i> полоний	85 At <i>209,9871</i> астат	86 Rn <i>222,0176</i> радон		

65 Tb <i>158,9253</i> тербий	66 Dy <i>162,50</i> диспрозий	67 Ho <i>164,9303</i> гольмий	68 Er <i>167,26</i> эрбий	69 Tm <i>168,934</i> тулий	70 Yb <i>173,04</i> иттербий	71 Lu <i>174,967</i> лютеций
---	--	--	--	---	---	---

97 Bk <i>247,0703</i> берклий	98 Cf <i>251,0796</i> калифорний	99 Es <i>252,083</i> эйнштейний	100 Fm <i>257,095</i> фермий	101 Md <i>258,10</i> менделевий	102 No <i>259,101</i> нобелей	103 Lr <i>260,105</i> лоуренсий
--	---	--	---	--	--	--

ОГЛАВЛЕНИЕ

МЕХАНИКА

Кинематика	4	
1	Кинематика равномерного движения	5
2	Кинематика равнопеременного движения	7
3	Движение в поле силы тяжести	9
4	Вращательное движение	11
Динамика	13	
5	Динамикам поступательного движения	13
6	Динамика вращательного движения	17
7	Закон всемирного тяготения	18
Работа, мощность, энергия. Законы сохранения	20	
8	Работа. Мощность. Энергия	20
9	Закон сохранения импульса	22
10	Закон сохранения энергии	24
Колебания и волны	28	
11	Кинематика и динамика гармонических колебаний	28
12	Маятники	30
13	Волны	32
Статика	33	
14	Статика	33
Гидростатика	37	
15.	Гидростатика	37
МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА		
Молекулярно – кинетическая теория	40	
16.	Характеристики молекул. Основное уравнение МКТ	40
17.	Газовые процессы. Уравнение Менделеева – Клапейрона	41
Термодинамика	46	
18.	Теплообмен. Уравнение теплового баланса	46
19.	КПД. Теплота. Работа	48
20.	Первый закон термодинамики. Циклы	49
21.	Цикл Карно	52
Насыщенный пар. Поверхностное натяжение жидкости	53	
22	Насыщенный пар. Поверхностное натяжение жидкости	53
ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ		
Электростатика	55	
23.	Закон Кулона	56
24.	Напряженность и потенциал электрического поля	58
25.	Работа перемещения заряда в электрическом поле	60
26.	Движение зарядов в электрическом поле	61

27.	Електроемкость. Конденсаторы	63
Постоянный ток		65
28.	Сопротивление проводников и их соединений	66
29.	Законы Ома	67
30.	Законы Кирхгофа	69
31.	Работа и мощность тока. Закон Джоуля – Ленца	69
32.	Электролиз	71
Электромагнетизм		73
33.	Сила Ампера	73
34.	Сила Лоренца	75
35.	Электромагнитная индукция	77
36.	Самоиндукция. Энергия магнитного поля	79
Электромагнитные колебания. Переменный ток.		80
37.	Колебательный контур	81
38.	Переменный ток	82
ОПТИКА		
Геометрическая оптика		84
39.	Отражение света	85
40.	Преломление света	85
41.	Линзы	88
Волновая оптика		91
42.	Интерференция волн	91
43.	Дифракция волн. Дифракционная решетка	93
ЭЛЕМЕНТЫ КВАНТОВОЙ И ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ		
Световые кванты. Фотоэффект		94
44.	Световые кванты	94
45.	Фотоэффект	95
Боровская теория атома водорода		97
46.	Боровская теория	97
Ядерная физика		98
47.	Состав ядра. Ядерные реакции	98
48.	Энергия связи ядер и энергия ядерных реакций	99
49.	Закон радиоактивного распада	100
ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ		101
50.	Специальная теория относительности	101
Приложение		103
Справочные материалы		104
Оглавление		110

Алгебра

$$a^2 - b^2 = (a-b)(a+b) \quad (a \pm b)^2 = a^2 \pm 2ab + b^2$$

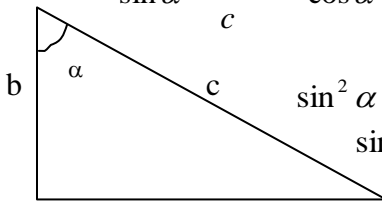
$$x^2 + px + q = 0 \quad x_{1,2} = -\frac{p}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{p}{2}\right)^2 - q}$$

$$ax^2 + bx + c = 0 \quad x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

Геометрия

$$L = 2\pi r \quad S = ab \quad S = \frac{a+b}{2}h \quad S = \pi r^2 \quad S = 4\pi r^2 \quad V = \frac{4}{3}\pi r^3$$

Тригонометрия



$$\sin \alpha = \frac{a}{c} \quad \cos \alpha = \frac{b}{c} \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{b} \quad \operatorname{ctg} \alpha = \frac{b}{a}$$

$$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1 \quad \sin 2\alpha = 2 \sin \alpha \cos \alpha$$

$$\sin(\alpha \pm \beta) = \sin \alpha \cos \beta \pm \cos \alpha \sin \beta$$

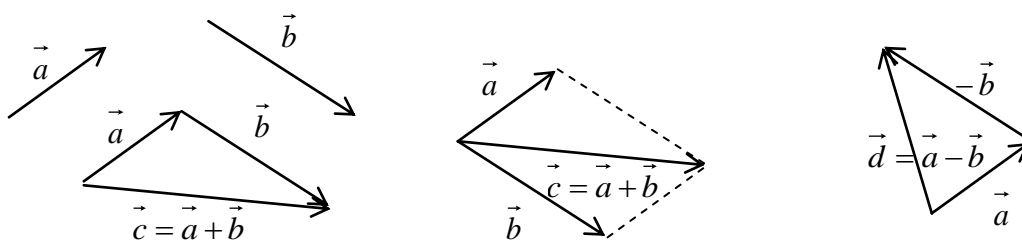
$$\cos(\alpha \pm \beta) = \cos \alpha \cos \beta \mp \sin \alpha \sin \beta$$

$$2 \sin^2 \alpha = 1 - \cos 2\alpha \quad 2 \cos^2 \alpha = 1 + \cos 2\alpha$$

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos \alpha \quad \frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\sin \beta} = \frac{c}{\sin \gamma}$$

Операции с векторами

$$\vec{a} = a_x \cdot \vec{i} + a_y \cdot \vec{j} + a_z \cdot \vec{k} \quad a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$$



Скалярное произведение $\vec{a} \cdot \vec{b} = ab \cos \alpha$ Векторное произведение $|\vec{a} \times \vec{b}| = ab \sin \alpha$

Формулы для приближенных вычислений (при $\alpha \ll 1$)

$$(1 \pm \alpha)^n \approx 1 \pm \alpha \cdot n, \text{ где } n \text{ любое число}$$

$$\ln(1 + \alpha) \approx \alpha \quad e^\alpha \approx 1 + \alpha$$

$$\sin \alpha \approx \alpha; \operatorname{tg} \alpha \approx \alpha; \cos \alpha \approx 1 \quad (\alpha \text{ угол в радианах})$$

Формулы дифференциального исчисления

функция	производная	функция	производная
	$y'_x = \frac{dy}{dx}$		$y'_x = \frac{dy}{dx}$
$y = x^n$	$n \cdot x^{n-1}$	$y = \cos x$	$-\sin x$
$y = \ln x$	$\frac{1}{x}$	$y = \operatorname{tg} x$	$\frac{1}{\cos^2 x}$
$y = \sin x$	$\cos x$	$y = \frac{u}{v}$	$\frac{vu' - v'u}{v^2}$

