

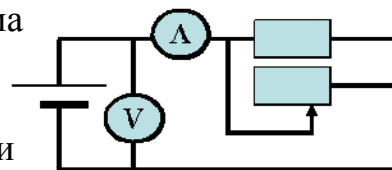
Решения задач уровня С к пособию

«САМОЕ ПОЛНОЕ ИЗДАНИЕ ТИПОВЫХ ВАРИАНТОВ РЕАЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ ЕГЭ» 2010 Физика.

ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ
ОФИЦИАЛЬНЫЙ РАЗРАБОТЧИК ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ
ДЛЯ ЕДИНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭКЗАМЕНА.

В данном решебнике отсутствуют повторяющиеся задания, а также задания, составленные по практической работе.

Задача 1. На рисунке показана принципиальная схема электрической цепи, состоящей из источника тока с отличным от нуля внутренним сопротивлением, резистора, реостата, измерительных приборов – идеального амперметра и идеального вольтметра. Как будут изменяться показания приборов при перемещении движка вправо?



Решение.

При перемещении движка вправо сопротивление реостата уменьшается, и, следовательно, сопротивление внешней цепи тоже уменьшается $R = R_p R_1 / (R_p + R_1)$. Согласно закона Ома для полной цепи $I = \xi / (R + r_0)$, сила тока (показ амперметра) увеличивается.

$\xi = IR + Ir_0$. $\xi = const$, $r_0 = const$, Ir_0 – увеличивается, следовательно, IR (показания вольтметра) уменьшается.

Задача 2. Плотность планеты Плюк равна плотности Земли, а первая космическая скорость для Плюка в 2 раза больше чем для Земли. Чему равно отношение периодов спутников, движущихся по круговым орбитам вокруг Плюка и вокруг Земли?

Решение.

Найдём первую космическую скорость для Земли и Плюка: $v = \sqrt{GM/R}$. $v_n/v_z = \sqrt{(GM_n/Rn)/(GMz/Rz)}$.

$M = \rho V$. $V \sim R^3$, плотности ρ планет одинаковы, следовательно $M \sim R^3$. Получаем $v_n/v_z = Rn/Rz = 2$.

Период обращения спутника $T = 2\pi R/v$ $T_n/T_z = (2\pi R_n/v_n)/(2\pi R_z/v_z) = 1$.

Задача 3. В сосуде с небольшой трещиной находится идеальный одноатомный газ, который может просачиваться сквозь трещину. Во время давления газа уменьшилось в 8 раз, а его абсолютная температура уменьшилась в 4 раза при неизменном объёме. Во сколько раз внутренняя энергия газа в сосуде?

$$PV = \frac{m}{\mu} RT \quad \begin{array}{l} \text{опыта} \\ \text{температура} \\ \text{изменилась} \end{array}$$

Решение. Используя уравнение Менделеева-Клапейрона для каждого состояния газа, находим массу газа в каждом состоянии. Отношение масс газа $m_2/m_1 = 2$.

Используя формулу внутренней энергии идеального газа $U = \frac{3M}{2\mu} RT$, находим внутреннюю энергию газа для каждого состояния. Изменение энергии газа в сосуде $U_2/U_1 = 1/8$.

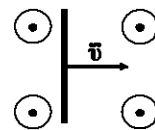
Задача 4. На фотографии представлена установка, в которой электродвигатель с помощью нити равномерно перемещает каретку вдоль направляющей горизонтальной линейки. Путь определяется по координатам датчиков (0,26 м). Время прохождения каретки фиксируется секундомером (3,98 с). Сила трения скольжения каретки по направляющей оказалась равной 0,4 Н. Чему равно напряжение на двигателе, если при

силе тока зафиксированной амперметром ($0,2 \text{ A}$), работа силы упругости составляет 5% от работы источника тока во внешней цепи.

Решение. (В данной задаче необходимо правильно снять показания приборов). Работа силы упругости составляет 5% от работы источника тока во внешней цепи.

Следовательно, $F_{\text{уп}} S = 0,05 UIt$, $U = F_{\text{уп}} S / 0,05It$.

$U = 0,4 \cdot 0,26 / 0,05 \cdot 0,2 \cdot 3,98 = 2,4 \text{ (В)}$.



Задача 5. Горизонтальный проводник движется равноускоренно в вертикальном однородном магнитном поле, индукция которого равна 1 Тл .

Скорость проводника направлена горизонтально, перпендикулярно проводнику. При начальной скорости проводника равной нулю и ускорении 8 м/с^2 он через некоторое время переместился на 1 м . ЭДС индукции на концах проводника в конце перемещения равна 6 В . Какова длина проводника?

Решение. ЭДС индукции в движущихся проводниках $\xi = Bvl$, $v = \sqrt{2aS}$, $l = \xi / B \sqrt{2aS} = 1,5 \text{ м}$.

Задача 6. В сосуде находится разряженный атомарный водород. Атом водорода в основном состоянии ($E_1 = -13,6 \text{ эВ}$) поглощает фотон и ионизируется. Электрон, вылетевший из атома в результате ионизации, движется вдали от ядра со скоростью 1000 км/с . Какова частота поглощенного фотона? Энергией теплового движения атомов водорода пренебречь.

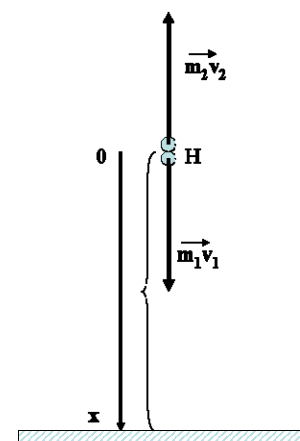
Решение. Энергия фотона $h\nu = E_1 + E_k$, где E_1 – энергия ионизации атома (работа выхода), которая равна энергии атома в основном состоянии, E_k – кинетическая энергия электрона.

$h\nu = E_1 + mv_2^2/2$; $\nu = (E_1 + mv_2^2/2) / h$,
 $\nu = (13,6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-13} + 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 10^6/2) / (6,6 \cdot 10^{-34}) = 4 \cdot 10^{15} \text{ Гц}$.

Вариант 2.

Задача 2. Начальная скорость снаряда, выпущенного из пушки вертикально вверх, равна $v = 500 \text{ м/с}$. В точке максимального подъема снаряд разорвался на два осколка. Первый упал на землю вблизи точки выстрела, имея скорость в два раза больше начальной скорости снаряда, а второй – в этом же месте через 100 с после разрыва. Чему равно отношение массы первого осколка к массе второго осколка. Сопротивлением воздуха пренебречь.

Решение. В верхней точке траектории импульс снаряда равен 0, следовательно, и сумма импульсов осколков, согласно закона сохранения импульсов тел, тоже будет равна 0. Осколки упали в одно и то же место. Это возможно лишь в том случае, если первый осколок полетит вертикально вниз, а второй вертикально вверх. Из этого



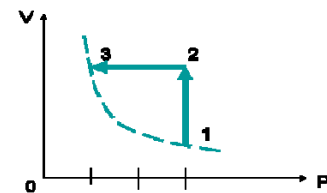
следует $m_1 v_1 = m_2 v_2$, $m_1 / m_2 = v_2 / v_1$. Высота, на которую взлетит снаряд, $H = v^2 / 2g = 12500 \text{ м}$. Найдем скорость первого осколка, используя закон сохранения энергии:

$$m_1 g H + m_1 v_1^2 / 2 = m_1 (2v)^2 / 2,$$

$$v_1^2 = 4v^2 - 2gH, v_1^2 = 750000 \text{ (м/с)}^2, v_1 = 866 \text{ м/с}.$$

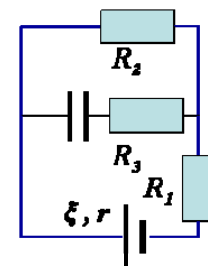
Найдем скорость второго осколка, используя уравнение равноускоренного движения, считая направление оси ox вертикально вниз $H = -v_2 t + gt^2/2$, $v_2 = (gt^2/2 - H) / t = 375 \text{ м/с}$, $m_1 / m_2 = v_2 / v_1 = 378 / 866 = 0,43$

Задача 3. Один моль идеального одноатомного газа сначала нагрели, а потом охладили до первоначальной температуры 300 К, уменьшив давление в 3 раза. Какое количество теплоты сообщено газу на участке 1-2.



Решение. На участке 1-2 газ совершает работу при изобарном процессе. Первый закон термодинамики для данного процесса имеет вид $Q = A + \Delta U = R\Delta T + 3R\Delta T/2 = 5R\Delta T/2$. Изменение температуры найдём используя закон Шарля на участке 2-3: $P_1/T_1 = P_2/T_2$. Давление уменьшилось в 3 раза, следовательно, и температура уменьшилась в 3 раза и стала равной 300К. Отсюда следует, что температура в точке 2 была 900 К, $\Delta T = 600\text{К}$. На участке 1-2 изменение температуры также равно 600 К. $Q = 5R\Delta T/2 = 2,5 \cdot 8,31 \cdot 600 = 12500\text{Дж}$.

Задача 4. Конденсатор ёмкостью 2 мкФ присоединён к источнику постоянного тока с ЭДС 3,6 В и внутренним сопротивлением 1 Ом. Сопротивление резисторов $R_1 = 4\text{ Ом}$, $R_2 = 7\text{ Ом}$, $R_3 = 3\text{ Ом}$. Каков заряд на левой обкладке конденсатора?



Решение. Заряд на обкладках конденсатора отличается только знаком. На левой обкладке он будет положительным, т.к. она подключена к положительному полюсу источника тока и в соответствии с направлением тока зарядки. Чтобы найти величину заряда необходимо найти напряжение на конденсаторе. Конденсатор в цепи постоянного тока является разрывом в цепи. Ток после зарядки конденсатора по участку с конденсатором течь не будет. Следовательно, на R_3 напряжение равно 0, и при расчёте силы тока R_3 не учитывается. Тогда напряжение на конденсаторе будет равно напряжению на R_2 (параллельное соединение). $U_c = U_2 = IR_2$, $I = \xi / (R_1 + R_2 + r) = 3,6 / (4 + 7 + 1) = 0,3\text{А}$, $U_c = U_2 = IR_2 = 0,3 \cdot 7 = 2,1\text{В}$, $Q = CU_c = 4,2\text{мкФ}$.

Задача 5. На экране с помощью тонкой линзы получено изображение стержня с пятикратным увеличением. Стержень и плоскость экрана расположены перпендикулярно главной оптической оси линзы. Экран передвинули на 30 см вдоль главной оптической оси линзы. Затем, при неизменном положении линзы, передвинули стержень так, чтобы изображение снова стало резким. В этом случае получили изображение с трёхкратным увеличением. Определить фокусное расстояние линзы.

Решение. Уменьшение линейного увеличения произойдёт если расстояния от линзы до предмета и, соответственно, от линзы до экрана увеличатся. Следовательно, $f_2 = f_1 + 0,3$, $d_2 = d_1 + x$. Составляя уравнения для тонкой линзы в первом и втором случаях, получим: $f_1 = 5d_1$, $D = 1/f_1 + 1/d_1$, $f_2 = 3d_2$, $D = 1/f_2 + 1/d_2$. Решая систему уравнений, получим, $f_1 + 0,3 = 3(d_1 + x)$, $5d_1 + 0,3 = 3(d_1 + x)$, $x = (2d_1 + 0,3)/3$, $1/f_1 + 1/d_1 = 1/f_2 + 1/d_2$, $1/f_1 + 1/d_1 = 1/(f_1 + 0,3) + 1/(d_1 + x)$, подставляя значение x , получим $d_1 = 0,18\text{ м}$, $f_1 = 0,9\text{ м}$. $F = f_1 d_1 / (f_1 + d_1) = 0,18 \cdot 0,9 / 1,08 = 0,15\text{ м}$

Задача 6. Препарат активностью $A = 1,7 \cdot 10^{11}$ частиц в секунду помещён в медный контейнер массой 0,5 кг. На сколько повысилась температура контейнера за 1 час, если известно, что данное радиоактивное вещество испускает альфа-частицы энергией $E_1 = 5,3\text{ МэВ}$. Считать, что энергия всех альфа-частиц полностью переходит во внутреннюю энергию контейнера. Теплоёмкостью препарата и теплообменом с окружающей средой пренебречь.

Решение. Энергия излучения $W = A \cdot E_1 \cdot 3600 = 1,7 \cdot 10^{11} \cdot 5,3 \cdot 1,6 \cdot 10^{-13} \cdot 3600$

Количество теплоты нагревания $Q = m c \Delta t = 0,5 \cdot 370 \cdot \Delta t$.
 $1,7 \cdot 10^{11} \cdot 5,3 \cdot 1,6 \cdot 10^{-13} \cdot 3600 = 0,5 \cdot 370 \cdot \Delta t$. $\Delta t = 2,7 \text{ К}$.

Вариант 3.

Задача 1. В цилиндрическом сосуде под поршнем длительное время находятся вода и пар. Поршень начинают вдвигать в сосуд. При этом температура воды и пара остаётся неизменной. Как будет при этом меняться масса жидкости в сосуде?

Решение. Масса жидкости будет увеличиваться, так как при постоянной температуре давление насыщенного пара и концентрация молекул остаются неизменными.

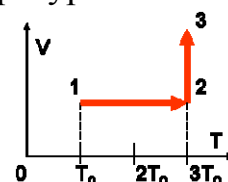
Следовательно, при уменьшении объёма часть молекул из пара будет возвращаться в жидкость.

Задача 2. На гладкой горизонтальной плоскости находится длинная доска массой $M = 2 \text{ кг}$. По доске скользит шайба массой $m = 0,5 \text{ кг}$. Коэффициент трения между шайбой и доской $\mu = 0,2$. В начальный момент времени скорость шайбы $v_0 = 2 \text{ м/с}$, а доска покоится. Сколько времени потребуется для того, чтобы шайба перестала скользить по доске?



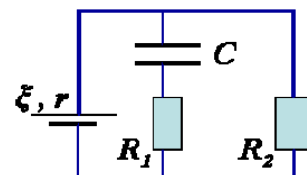
Решение. Используя закон сохранения импульса тел при взаимодействии, получим $m v_0 = (M + m) v$, где v – скорость доски в момент остановки шайбы на доске $v = m v_0 / (M + m)$. Эту скорость доска приобрела за время движения шайбы по доске $v = at$ под действием силы трения шайбы о доску. Сила трения, действующая на шайбу, равна по модулю силе трения, действующей на доску $F = \mu mg$, следовательно, $a = F / M = \mu mg / M$. $t = v / a = M m v_0 / (M + m) \mu mg = 0,8 \text{ с}$.

Задача 3. Один моль одноатомного идеального газа переходит из состояния 1 в состояние 3 в соответствии с графиком зависимости его объёма от температуры. Начальная температура $T_0 = 100 \text{ К}$. на участке 2 – 3 к газу подводят $2,5 \text{ кДж}$ теплоты. Найдите отношение работы газа A_{123} ко всему количеству подведённой к газу теплоты Q_{123} .



Решение. На участке 1-2 процесс изохорный. $A = 0$. $T_2 = 300 \text{ К}$. Первый закон термодинамики для данного процесса $Q_{1-2} = A + \Delta U = 3RAT/2$, т.к. $A = 0$. На участке 2-3 процесс изотермический. Первый закон термодинамики для данного процесса $Q_{2-3} = A = 2,5 \text{ кДж}$, т.к. $\Delta U = 0$. $Q_{123} = Q_{1-2} + Q_{2-3}$. $A_{123} / Q_{123} = Q_{2-3} / (Q_{1-2} + Q_{2-3}) = Q_{2-3} / (3RAT/2 + Q_{2-3}) = 2500 / (3 \cdot 8,32 \cdot 100 + 2500) = 0,5$.

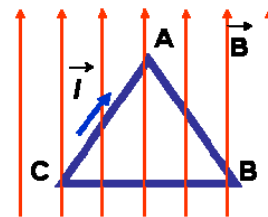
Задача 4. Напряженность электрического поля плоского конденсатора равна 24 кВ/м . Внутреннее сопротивление источника $r_0 = 10 \text{ Ом}$, а ЭДС = 30 В , сопротивление резисторов $R_1 = 20 \text{ Ом}$, $R_2 = 40 \text{ Ом}$. Найдите расстояние между пластинами конденсатора.



Решение. Напряженность электрического поля плоского конденсатора находится по формуле $E = U/d$, $d = U/E$. Необходимо найти напряжение на конденсаторе. Конденсатор в цепи постоянного тока является разрывом в цепи. Ток после зарядки конденсатора по участку с конденсатором течь не будет. Следовательно, на R_1 напряжение равно 0, и при расчёте силы тока R_1 не учитывается. Тогда напряжение на конденсаторе будет равно напряжению на R_2 (параллельное соединение). $U_c = U_2 = IR_2$, $I = \xi / (R_2 + r) = 30 / 50 = 0,6 \text{ А}$, $U_c = U_2 = IR_2 = 0,6 \cdot 40 = 24 \text{ (В)}$.

$$d = U/E = 24/24000 = 1 \text{ мм.}$$

Задача 5. На непроводящей горизонтальной поверхности стола лежит проводящая жёсткая рамка из однородной тонкой проволоки, согнутой в виде равностороннего треугольника ABC со стороной равной a . Рамка, по которой течёт ток I , находится в однородном горизонтальном магнитном поле, вектор индукции которого перпендикулярен стороне BC. Каким должен быть модуль индукции магнитного поля, чтобы рамка начала поворачиваться вокруг стороны BC, если масса рамки m ?



Решение. На рамку с током, помещённую в магнитное поле, действуют силы, создающие **вращающий момент** $M = BIS$, где S площадь рамки ($S = Ha/2$) и момент силы тяжести $M = mgl$, где l – плечо силы тяжести относительно оси BC. Рамка находится в равновесии, если алгебраическая сумма этих моментов $= 0$.

Точка приложения силы тяжести – центр масс рамки. Он находится в точке пересечения медиан. Медиана равна высоте (треугольник равносторонний) и равна $H = a\sqrt{3}/2$, $l = H/3 = a\sqrt{3}/6$. $M = mgl = mg a\sqrt{3}/6$.

$BIS = mg a\sqrt{3}/6$. $B = (mg a\sqrt{3}/6)/IS$. $S = Ha/2 = a^2\sqrt{3}/4$. $B = (mg a\sqrt{3}/6)/(I a^2\sqrt{3}/4) = 2 mg/3 I a$. Рамка начнёт поворачиваться, если $B > 2 mg/3 I a$.

Задача 6. В двух опытах по фотоэффекту металлическая пластинка облучалась светом с длинами волн соответственно $\lambda_1 = 350 \text{ нм.}$ и $\lambda_2 = 540 \text{ нм.}$ Максимальные скорости фотоэлектронов в первом и во втором опытах отличались в 2 раза. Какова работа выхода с поверхности металла?

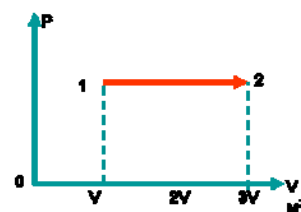
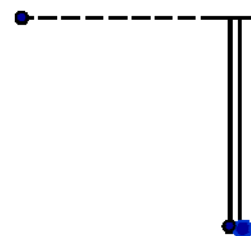
Решение. Т.к. скорости электронов отличались в 2 раза, то их кинетические энергии будут отличаться в 4 раза $v_1 = 2v_2$

т.к. $\lambda_1 < \lambda_2$, то энергия фотонов а, следовательно, и скорость фотоэлектронов в первом случае будет больше. $E_1 = 4E_2$. Записываем уравнение Эйнштейна для фотоэффекта в обоих случаях: $hc/\lambda_1 = A + 4E_2$, $hc/\lambda_2 = A + E_2$. Решая систему этих уравнений относительно работы выхода A , получим $A = 4 hc(1/\lambda_2 - 1/\lambda_1)/3 = 3 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} = 1,9 \text{ эВ.}$

Вариант 4.

Задача 2. Два шарика, массы которых $m = 0,1 \text{ кг}$ и $M = 0,2 \text{ кг}$, висят, соприкасаясь, на вертикальных нитях длиной $l = 1,5 \text{ м.}$ Левый шарик отклоняют на угол 90° и отпускают без начальной скорости. Какое количество теплоты выделится в результате абсолютно неупругого удара шариков?

Решение. При абсолютно неупругом ударе выполняется закон сохранения импульса (шарики после удара движутся как одно целое тело), но не выполняется закон сохранения энергии; часть механической энергии переходит во внутреннюю. Изменение внутренней энергии равно выделившемуся количеству теплоты $Q = \Delta U = \Delta E$. На основании закона сохранения энергии для первого шарика имеем $E_1 = mv^2/2 = mgh$, $h = l$, $v^2 = 2gh$. $E_2 = (M+m)u^2/2$, u – скорость шариков после удара. На основании закона сохранения импульса имеем $mv = (M+m)u$, $u = mv/(M+m) = m\sqrt{2gl}/(M+m)$. $Q = \Delta E = mv^2/2 - (M+m)u^2/2 = mgl - ((M+m)(m^2 2gl)/(M+m)^2)/2 = 0,1 \cdot 10 \cdot 1,5 - (0,3(0,3/0,09))/2 = 1 \text{ Дж.}$

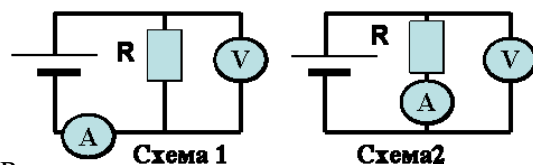


Задача 3. На рисунке изображено изменение состояния 1 моля идеального одноатомного газа. Начальная температура газа 27°C . Какое количество теплоты сообщено газу в этом процессе?

Решение. Начальная температура 300 K . Процесс изобарный $V_1/T_1 = V_2/T_2$, $V_1/V_2 = T_1/T_2$.

Т.к. объём увеличился в 3 раза, то и температура увеличилась в 3 раза, след. $T_2 = 900\text{ K}$. Для изобарного процесса, в случае, когда газ совершает работу, первый закон термодинамики имеет вид $Q = A + \Delta U = R\Delta T + 3R\Delta T/2 = 5/2 \cdot 8,31 \cdot 600 = 12,465\text{ кДж}$.

Задача 4. Одни и те же элементы соединены в электрическую цепь сначала по схеме 1, а затем по схеме 2. Сопротивление резистора R , сопротивление амперметра $R/100$, сопротивление вольтметра $9R$. Найдите отношение показаний амперметра во второй и первой схемах. Внутренним сопротивлением источника и сопротивлением проводов пренебречь.



Решение. Согласно закона Ома для полной цепи имеем $I = \xi / (R + r)$

Для первой схемы $I_1 = \xi / R_1$, $R_1 = (Ra + R Rb / (R + Rb)) = (0,01R + 9R^2 / (10R)) = 0,91R$.

Для второй схемы $I_2 = \xi / R_2$, $R_2 = (Ra + R) Rb / ((Ra + R) + Rb) = (0,01R + R) 9R / ((0,01R + R) + 9R) = 9,09 R^2 / 10,01 R = 9,09 R / 10,01$.

$I_2 / I_1 = R_1 / R_2 = 0,91R / (9,09 R / 10,01) = 0,91R \cdot 10,01 / 9,09 R = 0,9$.

Задача 5. Простой колебательный контур содержит конденсатор ёмкостью $C = 1\text{ мкФ}$ и катушку индуктивностью $L = 0,01\text{ Гн}$. Какой должна быть ёмкость конденсатора, чтобы циклическая частота колебаний энергии конденсатора в контуре увеличилась на $2 \cdot 10^4\text{ с}^{-1}$?

Решение. Циклическая частота изменения заряда, тока, напряжения в колебательном контуре определяется по формуле $\omega^2 = 1/LC = 1 / (10^{-2} \cdot 10^{-6}) = 10^8\text{ 1/с}^2$. $\omega = 10^4\text{ 1/с}$.

Частота изменений энергии конденсатора будет в 2 раза больше, т. к. за период **МОДУЛИ** напряжения, силы тока и заряда достигают максимума 2 раза. Частота изменения энергии в первом случае будет $2 \cdot 10^4\text{ 1/с}$, а во втором $\omega_{\text{н}} = 4 \cdot 10^4\text{ 1/с}$. Следовательно, циклическая частота контура во втором случае $\omega = 2 \cdot 10^4\text{ 1/с}$, $\omega^2 = 1/LC_2$, $C_2 = 1 / \omega^2 L = 1 / (4 \cdot 10^8 \cdot 10^{-2}) = 0,25 \cdot 10^{-6}\text{ Ф}$.

Задача 6. Для увеличения яркости изображения слабых источников света используется вакуумный прибор – электронно-оптический преобразователь. В этом приборе фотоны, падающие на катод, выбивают из него фотоэлектроны, которые ускоряются разностью потенциалов $U = 15000\text{ В}$ и бомбардируют флюоресцирующий экран, рождающий вспышку света при попадании каждого электрона. Длина волны падающего на катод света $\lambda_1 = 820\text{ нм}$, а света, излучаемого экраном, $\lambda_2 = 410\text{ нм}$. Во сколько раз N прибор увеличивает число фотонов, если 1 фотоэлектрон рождается при попадании на катод в среднем $k = 10$ фотонов? Работу выхода электронов принять равной 1 эВ . Считать, что энергия падающих на экран электронов переходит в энергию света без потерь.

Решение. $1\text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{ Дж}$. Из уравнения Эйнштейна для фотоэффекта имеем $hc/\lambda_1 = A + E_{\text{к}}$

E_k - кинетическая энергия фотоэлектронов. $E_k = hc/\lambda_1 - A = (6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 / 820 \cdot 10^{-9}) - 1,6 \cdot 10^{-19} = (2,4 - 1,6) 10^{-19} = 0,8 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$. Кроме этой энергии электроны получают энергия в электрическом поле $E_1 = Uq = 15000 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} = 24 \cdot 10^{-16} \text{ Дж}$. Полная энергия электрона $E_{эл} = E_1 + E_k = 2400,8 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$

Вся эта энергия переходит в энергию фотонов без потерь. Энергия одного излучённого экраном фотона $E_\phi = hc/\lambda_2 = 6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 / 410 \cdot 10^{-9} = 0,048 \cdot 10^{-17} \text{ Дж}$. За счёт энергии одного электрона родится n фотонов $n = E_{эл} / E_\phi = 2400,8 \cdot 10^{-19} / 0,048 \cdot 10^{-17} \approx 5000$. Т.к. для выбивания одного электрона с катода требуется 10 фотонов, то прибор увеличивает число фотонов в $N = 5000/10 = 500$ раз.

(Примечание: энергия, полученная электроном при фотоэффекте, пренебрежимо мала (при грубых подсчётах) по сравнению с энергией электрона, полученной в электрическом поле при высоких напряжениях, следовательно, расчёт можно упростить, учитывая только энергию, полученную электроном в электрическом поле).

Вариант 5

Задача 1. Около небольшой металлической пластинки, закреплённой на изолирующей подставке, подвесили на шёлковой нити лёгкую металлическую незаряженную гильзу. Когда пластинку подсоединили к клемме высоковольтного выпрямителя, подав на неё положительный заряд, гильза пришла в движение. Опишите движение гильзы и объясните его.

Решение. В результате электростатической индукции часть свободных электронов в гильзе переместится на ближайшую к пластинке сторону гильзы. Гильза притянется к пластине, прикоснётся к ней, получит положительный заряд, оттолкнётся от неё и зависнет в положении, в котором сумма всех сил, действующих на гильзу, будет равна нулю.

Задача 2. Два шарика, массы которых отличаются в 3 раза, висят, соприкасаясь на вертикальных нитях. Лёгкий шарик отклоняют на угол 90° и отпускают без начальной скорости. Каким будет отношение кинетических энергий тяжёлого и лёгкого шариков тотчас после их абсолютно упругого удара?

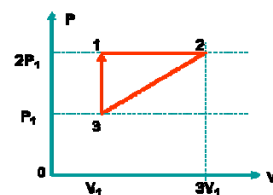
Решение. До удара энергией будет обладать только лёгкий шарик, сначала потенциальной $E_p = mgh$, (где h = длине нити, т. к. угол прямой) а затем кинетической $E_k = mv^2/2$. Т. к. в системе действуют только потенциальные силы, и удар абсолютно упругий, то можно применить и закон сохранения импульса и закон сохранения механической энергии: $mv = mv_1 + 3mv_2$, $v_2 = (v - v_1)/3$. $mv^2 = mv_1^2 + 3mv_2^2$, $v_2^2 = (v^2 - v_1^2)/3$, $(v^2 - v_1^2)/3 = (v - v_1)^2/3^2$, $(v + v_1) = (v - v_1)/3$, $v_1 = -v/2$. $v_2 = (v + v/2)/3 = v/2$.

Для тяжёлого шарика $E_1 = 3mv^2/8$, для лёгкого $E_2 = mv^2/8$. $E_1/E_2 = 3$.

Задача 3. Одноатомный идеальный газ неизменной массы совершает циклический процесс. За цикл газ получает от нагревателя 8 кДж теплоты. Чему равна работа газа за цикл?

Решение. Газ получал теплоту на участках 1-2 и 3-1. На участке 2-3 газ теплоту отдавал (пользуясь объединённым газовым законом $2P_1 \cdot 3V_1/T_2 = P_1 \cdot V_1/T_3$, находим, что температура уменьшилась в 6 раз, $\Delta U < 0$, $|\Delta U| = |3A/2|$. $\Delta U = A + Q_{2-3}$, $Q_{2-3} = \Delta U - A$, $Q_{2-3} < 0$.

$Q_{1-2} = A + \Delta U = 4P_1V_1 + 3A/2 = 4P_1V_1 + 6P_1V_1 = 10P_1V_1$ (процесс изобарный).



$Q_{3-1} = A + \Delta U = \Delta U = 3V\Delta P/2 = 3V_1 P_1/2$ (процесс изохорный, работа не совершается). $Q = 11.5V_1 P_1 = 8000$ Дж. Работа за цикл равна площади фигуры, ограниченной графиком цикла (в координатах PV)

$$A = S_{\Delta} = 2V_1 P_1/2 = V_1 P_1. V_1 P_1 = 8000/11,5 = 700 \text{ Дж. } A = 700 \text{ Дж.}$$

Задача 4. Электрическая цепь состоит из источника тока и реостата. ЭДС источника тока равна 6 В, его внутреннее сопротивление равно 2 Ом. Сопротивление реостата можно изменять от 1 Ом до 5 Ом. Чему равна максимальная мощность, выделяемая на реостате?

Решение. Максимальная мощность выделяется на потребителе в случае, если сопротивление потребителя равно сумме сопротивления подводящих проводов и сопротивления источника тока. След. $R = r. P = I^2 R. I = \xi / (R + r) = 1.5 \text{ А. } P = 2,25 \cdot 2 = 4,5 \text{ Вт.}$

Задача 5. Медное кольцо, диаметр которого $d_1 = 20$ см, а диаметр провода кольца $d_2 = 2$ мм, расположено в однородном магнитном поле. Плоскость кольца перпендикулярна вектору магнитной индукции. Определите модуль скорости изменения магнитной индукции со временем, если при этом в кольце возникает индукционный ток 10 А. Удельное сопротивление меди равно $1,72 \cdot 10^{-8}$ Ом м.

Решение. На основании закона Ома $I = \xi / R$. Используя закон электромагнитной индукции, находим $\xi = |\Delta\Phi/\Delta t|$.

$$I = \xi / r = |\Delta\Phi/\Delta t R|, \text{ где } R = \rho l/S_2 = \rho 2\pi r_1/\pi r_2^2, \Delta\Phi = \Delta B S_1 = \Delta B \pi r_1^2. I = (|\Delta B| \pi r_1^2) / \Delta t (\rho 2\pi r_1/\pi r_2^2), \text{ отсюда } |\Delta B / \Delta t| = I / (\pi r_1^2 / (\rho 2\pi r_1/\pi r_2^2)) = (I \rho 2\pi r_1) / (\pi r_1^2 \cdot \pi r_2^2) = 1 \text{ Тл.}$$

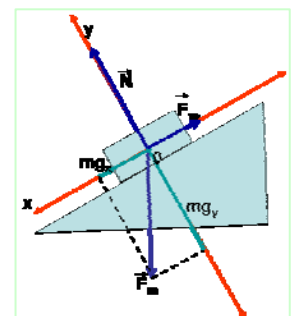
Задача 6. Уровни энергии электрона в атоме водорода задаются формулой $E_n = -13,6/n^2$ эВ, где $n = 1, 2, 3, \dots$. При переходе атома из состояния E_2 в состояние E_1 , атом испускает электрон. Попав на поверхность фотокатода, фотон выбивает фотоэлектрон. Длина волны света, соответствующая красной границе фотоэффекта для материала поверхности фотокатода равна 300 нм. Чему равна максимальная возможная скорость фотоэлектронов?

Решение. Скорость фотоэлектронов найдём, определив их кинетическую энергию, которую вычислим, используя формулу Эйнштейна для фотоэффекта: $E_k = E_\phi - A = E_\phi - hc/\lambda_1$. Энергия фотона равна разности энергетических состояний атома $E_\phi = E_1 - E_2 = 13,6 - 13,6/4 = 10,2 \text{ эВ} = 10,2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = 16,32 \cdot 10^{-19} \text{ Дж. } mv^2/2 = E_\phi - hc/\lambda_1.$
 $v^2 = 2(E_\phi - hc/\lambda_1) / m = 2 (16,32 \cdot 10^{-19} - 6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 / 3 \cdot 10^{-7}) / 9,1 \cdot 10^{-31} = 2,14 \cdot 10^{12},$
 $v = 1,46 \cdot 10^6 \text{ (м/с)}$

Вариант 6.

Задача 1. Брусок массой m кладут на плоскость, наклонённую под углом α к горизонту, и отпускают с начальной скоростью равной нулю. Коэффициент трения между бруском и плоскостью равен μ . При каких α брусок будет съезжать по плоскости? Чему равна при этом сила трения бруска о плоскость?

Решение. При равномерном скольжении $F_{mp} = mg_x = mg \sin \alpha$, $mg_y = N$, $F_{mp} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$. $mg \sin \alpha = \mu mg \cos \alpha$, $\mu = \sin \alpha / \cos \alpha$, $\alpha = \text{arctg } \mu$. Брусок начнёт съезжать с наклонной плоскости при условии $\alpha > \text{arctg } \mu$.



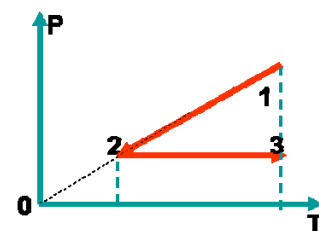
Сила трения равна $F_{тр} = \mu mg \cos \alpha$.

Задача 2. На космическом аппарате, находящемся вдали от Земли, начал работать реактивный двигатель. Из сопла ракеты ежесекундно выбрасывается $m_1 = 2 \text{ кг}$ газа со скоростью $v = 500 \text{ м/с}$. Исходная масса аппарата $M = 500 \text{ кг}$. Какую скорость приобретёт аппарат, пройдя расстояние $S = 36 \text{ м}$? Начальную скорость аппарата принять равной нулю. Изменением массы аппарата за время движения пренебречь.

Решение. При реактивном движении выполняется закон сохранения импульса. До включения двигателя импульс ракеты был равен нулю. Следовательно, после включения двигателя сумма импульсов ракеты и горючего тоже будет равна нулю.

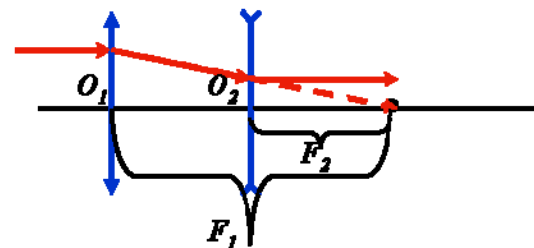
$M v_p = m v_s$, $m = t \cdot m_1$. Используя формулу кинематики $S = t v_{cp} = t v_p / 2$, находим время $t = 2S/v_p$. $M v_p = m_1 v_s \cdot 2S/v_p$. $v_p^2 = m_1 v_s^2 2S/M = 2 \cdot 2 \cdot 36 \cdot 500/500 = 144$, $v_p = 12 \text{ (м/с)}$.

Задача 3. 1 моль идеального одноатомного газа сначала охладил, а затем нагрели до первоначальной температуры 300 К , увеличив объём газа в 3 раза. Какое количество теплоты отдал газ на участке 1-2?



Решение. На участке 2-3 процесс изобарный – при увеличении объёма в три раза, температура возрастает тоже в три раза, следовательно $T_2 = 100 \text{ К}$, т. к. $T_3 = 300 \text{ К}$, и $T_2 = 300 \text{ К}$. На участке 1-2 процесс изохорный, следовательно, 1-з-н термодинамики имеет вид $Q_{1-2} = \Delta U = 3R\Delta T/2 = 1,5 \cdot 8,31 \cdot 200 = 2,5 \text{ кДж}$.

Задача 5. На оси Ox в точке $x_1 = 0$ находится оптический центр тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием $F_1 = 30 \text{ см}$, а в точке $x_2 = 15 \text{ см}$ – тонкой рассеивающей линзы. Главные оптические оси обеих линз лежат на оси Ox . На собирающую линзу по оси Ox падает параллельный пучок света из области $x < 0$. Пройдя оптическую систему, пучок остаётся параллельным. Найдите фокусное расстояние F_2 рассеивающей линзы.



Решение. Луч, падающий на собирающую линзу параллельно главной оптической оси, после преломления пройдёт через фокус линзы. На пути преломлённого луча находится рассеивающая линза. Так как, пройдя рассеивающую линзу, луч идёт параллельно, следовательно, продолжение падающего на рассеивающую линзу луча пройдёт через фокус этой линзы. Эта точка является одновременно и фокусом собирающей линзы. $F_1 = 30 \text{ см}$, $O_1O_2 = 15 \text{ см}$, следовательно, $F_2 = -15 \text{ см}$.

Задача 6. Ядро покоящегося нейтрального атома, находясь в однородном магнитном поле индукцией B , испытывает α -распад. При этом рождается α -частица и тяжёлый ион нового элемента. Трек тяжёлого иона находится в плоскости, перпендикулярной направлению магнитного поля. Начальная часть трека напоминает дугу окружности радиусом R . Выделившаяся при α -распаде энергия ΔE целиком переходит в кинетическую энергию продуктов распада. Масса α -частицы равна m_α , её заряд $2e$. Найти модуль отношения заряда к массе $|q/M|$ для тяжёлого иона.

Решение. 1. На основании закона сохранения зарядов модули зарядов продуктов распада будут равны $q_u = q_\alpha = q$.

2. Так как нейтральный атом в начале покоился, то его импульс равен нулю, следовательно, и суммарный импульс продуктов распада тоже равен нулю (основание – закон сохранения импульса). Отсюда следует, что модули импульсов продуктов распада будут равными. $m_a v_a = M v_u$.

3. Ион под действием силы Лоренца начинает двигаться по дуге радиусом R . Сила Лоренца сообщает иону центростремительное ускорение: $q_u B v = M v^2 / R$, $q_u B R = M v_u$.

4. А также по условию имеем $\Delta E = E_a + E_u$, $2 \Delta E = m_a v_a^2 + M v_u^2$

Решая систему уравнений (выделены красным), получим: $v_a = M v_u / m_a$, $v_u = q_u B R / M$, $v_a = q_u B R / m_a$. Подставляя значение скоростей продуктов распада в 4-е уравнение, получим $2 \Delta E = m_a (q_u B R / m_a)^2 + M (q_u B R / M)^2$,

$2 \Delta E = q^2 B^2 R^2 / m_a + q^2 B^2 R^2 / M$, $q / M = (2 \Delta E - q^2 B^2 R^2 / m_a) / q B^2 R^2$. Умножив числитель и знаменатель на q и, выполнив ряд алгебраических преобразований, получим $q / M = (q / m_a) (2 \Delta E m_a / q^2 B^2 R^2 - 1)$,

$$q / M = (2e / m_a) (2 \Delta E m_a / 4e^2 B^2 R^2 - 1)$$

Вариант 7

Задача 1. Цветок в горшке стоит на подоконнике. Цветок полили водой и накрыли стеклянной банкой. Когда показалось Солнце, на внутренней поверхности банки появилась роса. Почему?

Ответ. За счёт парникового эффекта насыщенный пар под банкой нагревается и, соприкасаясь с холодной поверхностью банки, конденсируется. Появляется роса.

Задача 2. Шар, массой $M = 1$ кг, подвешенный на нити длиной $l = 90$ см, отводят от положения равновесия на угол 60° и отпускают.

В момент прохождения шаром положения равновесия в него попадает пуля массой $m = 10$ г, летящая навстречу шару. Она пробивает его и продолжает двигаться горизонтально. Определите изменение скорости пули в результате попадания в шар, если он, продолжая движение в прежнем направлении, отклоняется на угол 39° .

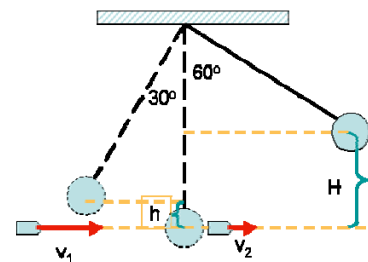
(Массу шара считать неизменной, диаметр шара пренебрежимо малым по сравнению с длиной нити, $\cos 39^\circ = 7/9$.)

Решение. Изменение скорости пули находится при помощи закона сохранения импульса: $M u_1 - m v_1 = M u_2 - m v_2$ (пуля летит навстречу шару, поэтому проекции её импульсов отрицательны). $(v_2 - v_1) = \Delta v = M(u_2 - u_1) / m$. Скорости шара u_1 и u_2

находим используя закон сохранения энергии. Для шара, поднятого на высоту H : $M u_1^2 = 2MgH$, $u_1 = \sqrt{2gH}$, $H = l - l \cos 60 = l(1 - \cos 60)$.

Для шара, поднятого на высоту h : $M u_2^2 = 2Mgh$, $u_2 = \sqrt{2gh}$, $h = l - l \cos 30 = l(1 - \cos 30)$.

$$\Delta v = M(u_2 - u_1) / m = (M/m)(\sqrt{2g l(1 - \cos 30)} - \sqrt{2g l(1 - \cos 60)}) = 100(\sqrt{18 \cdot 0,5} - \sqrt{18 \cdot 0,87}) \approx -100 \text{ (м/с)}.$$



Задача 3. Воздушный шар объёмом 2500 м^3 с массой оболочки 400 кг имеет внизу отверстие, через которое воздух в шаре нагревается горелкой. Чему равна максим. масса груза, который может поднять шар, если воздух в нём нагреть до температуры $T_2 = 77^\circ \text{C}$. Температура окружающего воздуха $T_1 = 7^\circ \text{C}$, его плотность $\rho = 1,2 \text{ кг/м}^3$.

Оболочка шара нерастяжима.

Решение. Условие равномерного подъёма шара – сумма всех сил, действующих на шар равна нулю. На шар действуют силы: сила Архимеда - вверх, и силы тяжести оболочки, воздуха и груза вниз $\rho g V = g m_{об} + g m_{зр} + g m_{г}$ Чтобы найти массу

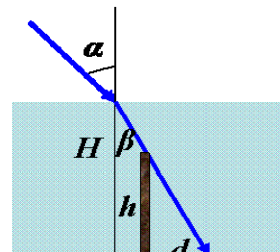
нагретого воздуха в оболочке $m_g = \rho_2 V$, нужно найти его плотность ρ_2 при температуре 77° . Для этого используем закон Менделеева-Клапейрона $PV = mRT/\mu$, $P = \rho RT/\mu$. Давление внутри шара и снаружи одинаковы и объём в обоих случаях одинаков (оболочка нерастяжима). Для T_1 имеем $P = \rho_1 RT_1/\mu$, для T_2 имеем $P = \rho_2 RT_2/\mu$. Разделив уравнения друг на друга, получим $\rho T_1 = \rho_2 T_2$, $\rho_2 = \rho T_1/T_2$. $\rho g V = gm_{об} + gm_{zp} + V g \rho T_1/T_2$.

$$m_{zp} = (\rho g V - gm_{об} - V g \rho T_1/T_2)/g = \rho V - m_{об} - V \rho T_1/T_2 = 3000 - 400 - 2500 \cdot 1,2 \cdot 280/350 = 3000 - 400 - 2400/200 \text{ (кг)}.$$

Задача 4. К концам однородного медного цилиндрического проводника длиной **10 м** приложили разность потенциалов **1 В**. Определите промежуток времени t , в течение которого температура проводника повысится на $\Delta t = 10 \text{ К}$. Изменением сопротивления проводника и рассеянием тепла при его нагревании пренебречь. (Уд. сопроп. меди $\rho_c = 1,7 \cdot 10^{-8} \text{ Ом м}$.)

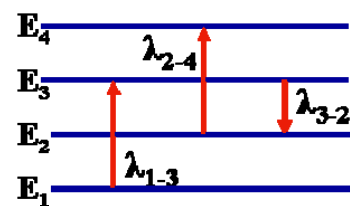
Решение. По закону Джоуля-Ленца $Q = I^2 R t = U^2 t/R$? $R = \rho_c l/s$, $Q = mc\Delta t$, $m = \rho V = \rho ls$,
 $U^2 t/(\rho_c l/s) = \rho ls c\Delta t$; $t = \rho ls c\Delta t \rho_c l/s U^2 = \rho l c\Delta t \rho_c l/U^2 = 8900 \cdot 10 \cdot 380 \cdot 10 \cdot 1,7 \cdot 10^{-8} \cdot 10/1 = 57 \text{ (с)}$.

Задача 5. В дно водоёма глубиной **3 м** вертикально вбита свая, скрытая под водой. Свая отбрасывает на дно водоёма тень длиной $d = 0,75 \text{ м}$. Высота сваи $H = 2 \text{ м}$. Определите угол падения солнечных лучей на поверхность воды. Показатель преломления воды $n = 4/3$.



Решение. Построим ход лучей для данного случая. Чтобы найти угол падения α , нужно вычислить угол преломления β , который легко определить, зная высоту сваи и её тень: $tg \beta = d/H$, $\beta = \text{arctg } d/H = \text{arctg}(3/8)$, $\beta = 20,56^\circ$, $\sin \alpha / \sin \beta = n$, $\sin \alpha = n \sin \beta$,
 $\alpha = \text{arcsin}(n \sin \beta) = \text{arcsin}(4/3 \sin 20,56) = \text{arcsin}(4/3 \cdot 0,36) = \text{arcsin} 0,48 = 28^\circ$.

Задача 6. На рисунке изображены несколько энергетических уровней электронной оболочки атома и указаны длины волн фотонов, излучаемых и поглощаемых при переходах с одного уровня на другой. Чему равна длина волны фотонов, излучаемых при переходе с уровня E_4 на уровень E_1 , если $\lambda_{1-3} = 400 \text{ нм}$, $\lambda_{2-4} = 500 \text{ нм}$, $\lambda_{3-2} = 600 \text{ нм}$?



Решение. Согласно постулату Бора энергия фотона $h\nu = E_4 - E_1$. Из рисунка видно, что $E_{4-1} = E_{2-4} + E_{1-3} - E_{2-3}$.

$$h\nu = hc/\lambda. \quad hc/\lambda_{4-1} = hc/\lambda_{2-4} + hc/\lambda_{1-3} - hc/\lambda_{2-3}.$$

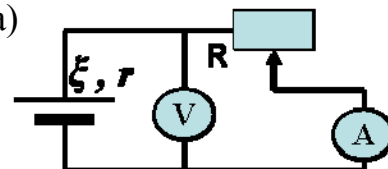
$$1/\lambda_{4-1} = 1/\lambda_{2-4} + 1/\lambda_{1-3} - 1/\lambda_{2-3} = 1/500 + 1/400 - 1/600 = 34/12000, \quad \lambda_{4-1} = 352 \text{ (нм)}.$$

Вариант 8.

Задача 1. В схеме, предложенной на рисунке, вольтметр и амперметр можно считать идеальными, а источник тока имеет конечное сопротивление. Движок реостата передвинули, и показания амперметра увеличились. Куда передвинули движок реостата и как изменились показания амперметра?

Решение. При перемещении движка сила тока (показ амперметра) увеличивается $I = \xi / (R + r_0)$, следовательно сопротивление реостата уменьшается, движок перемещается влево.

$\xi = IR + Ir_0$. $\xi = const$, $r_0 = const$, Ir_0 – увеличивается, следовательно, IR (показания вольтметра) уменьшается.



Задача 2. Брусок массой $m_1 = 500$ г соскальзывает по наклонной плоскости с высоты $h = 0,8$ м и, двигаясь по горизонтальной поверхности, сталкивается с неподвижным бруском массой $m_2 = 300$ г. Считая столкновение абсолютно неупругим, определите изменение кинетической энергии первого бруска в результате столкновения. Трением при движении пренебречь. Считать, что наклонная плоскость плавно переходит в горизонтальную.

Решение. В замкнутой системе брусок – наклонная плоскость действуют только потенциальные силы, следовательно, выполняется закон сохранения энергии $m_1 v^2 / 2 = m_1 g h$, отсюда найдём скорость первого бруска перед столкновением со вторым $v^2 = 2gh$, $v = 4$ м/с.

При неупругом столкновении выполняется только закон сохранения импульса; после столкновения бруски движутся вместе; проекции импульсов положительны и равны модулям векторов импульсов, следовательно: $m_1 v = (m_1 + m_2) u$, $u = m_1 v / (m_1 + m_2) = 2,5$ м/с. $\Delta E = (m_1 u^2 - m_1 v^2) / 2 = 0,5(6,25 - 16) / 2 = -2,44$ Дж.

Задача 3. Воздушный шар имеет газонепроницаемую оболочку массой 400 кг и содержит 100 кг гелия. Какой груз он сможет удерживать на высоте, где температура воздуха 17°C , а давление 10^5 Па? Считать, что оболочка шара не вызывает сопротивления изменению объёма шара.

Решение. Условие равномерного подъёма шара – сумма всех сил, действующих на шар равна нулю. На шар действуют силы: сила Архимеда – вверх, и силы тяжести оболочки, гелия и груза вниз $\rho_g g V = g m_{об} + g m_{гп} + g m_2$.

Чтобы найти объём оболочки используем закон Менделеева-Клапейрона $PV = m_2 RT / \mu_2$, $V = m_2 RT / P \mu_2$.

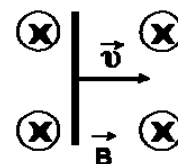
Чтобы найти плотность воздуха в данных условиях, снова применим закон Менделеева-Клапейрона $PV = m_g RT / \mu_g$

$P = m_g RT / \mu_g V$, $P = \rho_g RT / \mu_g$, $\rho_g = P \mu_g / RT$. Подставляя значения объёма и плотности воздуха в первое уравнение, получим $\mu_g g m_2 / \mu_2 = g m_{об} + g m_{гп} + g m_2$, $\mu_g m_2 / \mu_2 = m_{об} + m_{гп} + m_2$,

$m_{гп} = \mu_g m_2 / \mu_2 - m_{об} - m_2$. $m_{гп} = 2900 / 4 - 400 - 100 = 225$ кг.

Задача 5. Горизонтальный проводник длиной 1 м движется равноускоренно в вертикальном однородном магнитном поле. Скорость проводника направлена горизонтально перпендикулярно проводнику.

При начальной скорости равной нулю и ускорении 8 м/с² он через некоторое время переместился на 1 м. Чему равен модуль индукции магнитного поля, в котором движется проводник, если ЭДС индукции на концах проводника в конце движения равна 2 В?



Решение. ЭДС индукции в движущихся проводниках $\xi = Bvl$, $v = \sqrt{2as}$, $B = \xi / (l \sqrt{2as}) = 2 / (1 \sqrt{16}) = 0,5$ Тл.

Задача 6. Фотокатод облучают светом длиной волны $\lambda_1 = 300 \text{ нм}$. Красная граница фотоэффекта для вещества фотокатода $\lambda_2 = 450 \text{ нм}$. Какое напряжение между анодом и катодом нужно создать, чтобы фототок прекратился?

Решение. Из уравнения Эйнштейна для фотоэффекта имеем $h\nu = A_e + E_k$, где A_e – работа выхода, $A_e = h\nu_0 = hc/\lambda_2$, $h\nu$ – энергия фотона $h\nu = hc/\lambda_1$, E_k – кинетическая энергия электрона, которая равна работе задерживающего поля $E_k = Uq$. $hc/\lambda_1 = hc/\lambda_2 + Uq$.

$$U = (hc/\lambda_1 - hc/\lambda_2)/q = (hc/q)(1/\lambda_1 - 1/\lambda_2).$$

$$U = (6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 / 1,6 \cdot 10^{-19})(1/900 \cdot 10^{-9}) = 1,375 \text{ В}.$$

Вариант 9

Задача 1. Лёгкая трубочка из тонкой алюминиевой фольги подвешена к штативу на тонкой шёлковой нити. Что произойдёт с трубочкой, когда вблизи неё окажется отрицательно заряженный шар, Трубочка не заряжена. Длина нити не позволяет трубочке коснуться шара.

Решение. В результате электростатической индукции часть свободных электронов в трубочке переместится на противоположную от шара сторону трубочки. Трубочка притянется, но не дотянется до шара (не хватит нити) и зависнет в этом положении, в котором сумма всех сил, действующих на гильзу, будет равна нулю.

Задача 2. Кусок пластилина сталкивается со скользящим навстречу по горизонтальной поверхности стола бруском и прилипает к нему. Скорости пластилина и бруска перед центральным ударом направлены взаимно противоположно и равны $v_n = 15 \text{ м/с}$ и $v_b = 5 \text{ м/с}$. Масса бруска в 4 раза больше массы пластилина. Коэффициент трения скольжения между бруском и столом $\mu = 0,17$. На какое расстояние переместятся слипшиеся брусок с пластилином к моменту, когда их скорость уменьшится на 30%?

Решение. Направим ось ОХ вдоль направления движения бруска. При неупругом столкновении выполняется закон сохранения импульса $m_b v_b - m_n v_n = (m_b + m_n)u$, $u = (m_b v_b - m_n v_n)/(m_b + m_n) = (4m_n v_b - m_n v_n)/(4m_n + m_n)$, Проекция импульса пластилина будет отрицательной, т.к. он движется навстречу бруску.

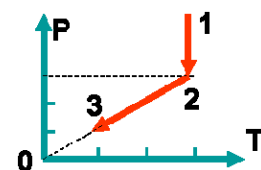
$u = 5m_n/5m_n = 1 \text{ (м/с)}$. Сила трения $F = -\mu N = -\mu(m_b + m_n)g$ сообщает бруску с пластилином отрицательное ускорение $F = (m_b + m_n)a$, $\mu(m_b + m_n)g = (m_b + m_n)a$, $a = \mu g$. По условию конечная скорость $v = 0,7u$.

Используя формулу перемещения для равноускоренного движения $S = (v^2 - u^2)/2a = (0,49u^2 - u^2)/2\mu g$, $S = -0,51/(-3,4) = 1,5 \text{ (м)}$.

Задача 3. Один моль одноатомного идеального газа сначала изотермически расширился ($T_1 = 300 \text{ К}$). Затем газ охладили, понизив давление в 3 раза. Какое количество теплоты газ отдал на участке 2-3?

Решение. На участке 2-3 процесс изохорный – при уменьшении давления в 3 раза в три раза, температура уменьшается тоже в три раза, следовательно $T_2 = 100 \text{ К}$, т. к. $T_1 = 300 \text{ К}$,

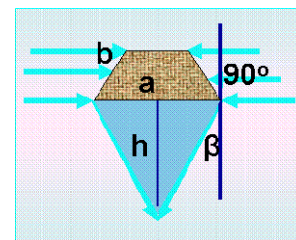
и $T_2 = 300 \text{ К}$, т.к. на участке 1-2 процесс изотермический. На участке 2-3 процесс изохорный, следовательно, 1-3-н термодинамики имеет вид $Q_{2-3} = \Delta U = 3RT/2 = 1,5 \cdot 8,31 \cdot 200 \approx 2,5 \text{ кДж}$.



Задача 4. Полый металлический шарик *массой 2 г* подвешен на шёлковой нити *длиной 50 см*. Шарик имеет положительный *заряд 10^{-8} Кл* и находится в однородном электрическом поле *напряжённостью 10^6 В/м*, направленном вертикально вниз. Чему равен период малых колебаний шарика?

Решение. Металлический шарик на нити можно принять за математический маятник., период колебаний которого определяется по формуле $T = 2\pi\sqrt{l/g}$, в случае, если на шарик действует только сила тяжести $F_m = mg$. Однако, шарик находится в электриком поле, которое действует на него с постоянной, т.к. поле однородное, силой $F = qE$ и сообщает ему ускорение $a = qE/m$, направленное также, как и ускорение свободного падения, вниз. Следовательно период колебания шарика будет равен $T = 2\pi\sqrt{l/(g+a)} = 2\pi\sqrt{l/(g+qE/m)} = 2 \cdot 3,14 \cdot \sqrt{0,5 / (9,8 + 10^{-8} \cdot 10^6 / 0,002)} = 1,15$ (с).

Задача 5. На поверхности воды плавает надувной плот шириной 4 м и длиной 6 м. Небо затянуто сплошным облачным покровом, полностью рассеивающим солнечный свет. Определите глубину тени под плотом. Глубиной погружения плота и рассеиванием света водой пренебречь. Показатель преломления воды относительно воздуха равен $n = 4/3$.



Решение. Свет полностью рассеивается. Следовательно, углы падения лучей на плот от 0 до 90° . В область абсолютной тени под плотом не попадут лучи, падающие на плот, угол падения которых менее 90° . Следовательно, область тени, доходящая до глубины h , сформируется лучами, падающими на большие стороны плота под углом, близким к 90° . Все остальные лучи, а также лучи, падающие на обе меньшие стороны плота, в область тени не попадут.

Используя закон преломления света, найдём угол преломления лучей, падающих под углом близким к 90° .

$$\sin 90^\circ / \sin \beta = n, \beta = \arcsin(1/n) = \arcsin(3/4) = 48,59^\circ. H = 0,5a \operatorname{tg}(90 - \beta) = 2 \cdot 0,88 = 1,76$$

(м)

Задача 6. Электромагнитное излучение с длиной волны $\lambda = 3,3 \cdot 10^{-7}$ м используется для нагревания воды массой 1 кг. Сколько времени потребуется для нагревания воды на $\Delta t^\circ = 10^\circ \text{C}$, если источник за 1 с излучает $N = 10^{20}$ фотонов? Считать, что излучение полностью поглощается водой.

Решение. Теплота нагревания воды $Q = mc_e \Delta t^\circ$, энергия излучения $U = hvNt$.

Излучение полностью поглощается водой, следовательно, $mc_e \Delta t^\circ = hvNt$, $t = mc_e \Delta t^\circ / hvN$. $v = c/\lambda$.

$$t = mc_e \Delta t^\circ \lambda / hcN = 1 \cdot 4200 \cdot 10 \cdot 3,3 \cdot 10^{-7} / 6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot 10^{20} = 4200/6 = 700$$
 (с).

Вариант 10.

Задача 1. Две одинаковые металлические пластинки заряжены противоположными зарядами Q и $-Q$. Пластины установлены параллельно друг другу, площадь каждой пластины равна S . Расстояние между пластинами и их толщина много меньше их длины и ширины. Чему равен заряд на нижней стороне нижней пластины?

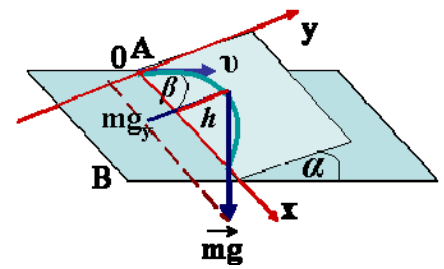
Ответ: Пластины одинаковы, заряд на них по модулю одинаков.

Заряды, под действием кулоновских сил переместятся на

внутренние стороны пластин. На внешних сторонах пластин заряд будет равен 0.



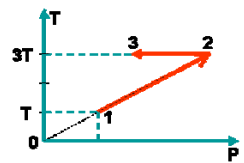
Задача 2. Наклонная плоскость пересекается с горизонтальной плоскостью по прямой AB . Угол между плоскостями $\alpha = 30^\circ$. Маленькая шайба скользит вверх по наклонной плоскости из точки A с начальной скоростью $v = 2 \text{ м/с}$, направленной под углом $\beta = 60^\circ$ к прямой AB . Найдите максимальное расстояние, на которое шайба удалится от прямой AB в ходе подъёма по наклонной плоскости. Трением между шайбой и наклонной плоскостью пренебречь.



Решение. Свяжем систему отсчёта с шайбой. Максимальное расстояние h , на которое шайба удалится от прямой AB равно координате y . Если бы плоскости были взаимно

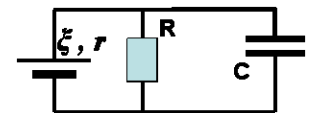
перпендикулярны, то на шайбу во время её движения действовала бы сила тяжести mg . В данной задаче на шайбу при её движении вдоль oy действует сила, равная $mg \sin \alpha$, а ускорение будет равно $g \sin \alpha$. Следовательно, уравнение движения шайбы вдоль oy будет иметь вид $y = h = v_y^2 / 2g_y = (v \sin \beta)^2 / 2g \sin \alpha = 4 \cdot 0,75 / (2 \cdot 10 \cdot 0,5) = 0,3 \text{ (м)}$.

Задача 3. Один моль идеального одноатомного газа совершает процесс 1-2-3. $T_0 = 100 \text{ К}$. На участке 2-3 к газу подводят количество теплоты $Q_{2-3} = 2,5 \text{ кДж}$. Найдите отношение работы A_{1-2-3} , совершаемой газом в ходе процесса, к количеству теплоты Q_{1-2-3} , поглощённому газом.



Решение. На участке 1-2 процесс изохорный. Следовательно, первый закон термодинамики будет иметь вид $Q_{1-2} = \Delta U = 3R\Delta T/2$. $T_2 = 300 \text{ К}$ (по условию). $Q_{1-2} = 1,5 \cdot 8,31 \cdot 200 \approx 2,5 \text{ кДж}$. На участке 2-3 процесс изотермический $T_3 = T_2 = 300 \text{ К}$, первый закон термодинамики будет иметь вид $Q_{2-3} = A$
 $A / Q_{1-2-3} \approx 2,5 / (2,5 + 2,5) \approx 0,5$.

Задача 4. Чему должна быть равна ЭДС источника тока, чтобы напряженность электрического поля в плоском конденсаторе была равна $E = 2 \text{ кВ/м}$, если внутреннее сопротивление источника тока $r = 2 \text{ Ом}$, сопротивление резистора $R = 10 \text{ Ом}$, расстояние между пластинами конденсатора $d = 2 \text{ мм}$?

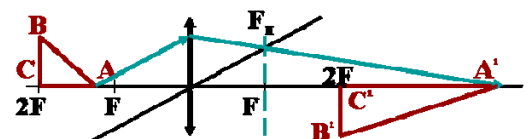


Решение. Конденсатор в цепи постоянного тока является разрывом в цепи. Ток после зарядки конденсатора по участку с конденсатором течь не будет. Следовательно, участок с конденсатором при расчёте силы тока не учитывается. Напряжение на конденсаторе будет равно напряжению на R , $U_c = U$ (параллельное соединение). $U_c = dE$, $U = IR$,

$I = \xi / (R + r)$. $\xi = I(R + r)$. $I = U/R = dE/R$. $\xi = (dE/R)(R + r) = (0,002 \cdot 2000/10)12 = 4,8 \text{ В}$.

Задача 5. 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 50 см . Вершина прямого угла C лежит дальше от центра линзы, чем вершина острого угла A . Расстояние от центра линзы до точки C равно удвоенному фокусному расстоянию линзы. Постройте изображение треугольника и найдите площадь получившейся фигуры

Решение. Сторона BC находится на двойном фокусном расстоянии от линзы. Её изображение будет равным $BC = B'C'$, действительным и перевёрнутым и также на



двойном фокусном расстоянии по другую сторону линзы. Чтобы найти изображение точки A , необходимо построить дополнительную оптическую ось, найти побочный фокус, провести из точки A луч параллельный этой оси. Преломившись, он пойдёт через побочный фокус. В точке пересечения луча с главной оптической осью будет изображение точки A . $S = B'C' \cdot A'C' / 2$. $B'C' = BC$. $A'C' = f - 2F$. $1/F = 1/d + 1/f$, $f = dF / (d - F)$, $d = 2F - AC$. $S = AC^2 / 2$. $AC = BC = \sqrt{S \cdot 2} = 0,1$ (м). $d = 1 - 0,1 = 0,9$ (м). $f = 0,9 \cdot 0,5 / 0,4 = 1,125$ (м). $A'C' = 1,125 - 1 = 0,125$ (м). $S = 0,1 \cdot 0,125 / 2 = 0,0625$ (м²) = 62,5 (см²).

Задача 6. Предположим, что схема энергетических уровней атома некоего элемента имеет вид, показанный на рисунке и атомы находятся в состоянии с энергией $E^{(1)}$. Электрон, столкнувшись с одним из таких атомов, в результате столкновения получил некоторую дополнительную энергию. Импульс электрона после столкновения с покоящимся атомом оказался равным $1,2 \cdot 10^{-24}$ кгм/с. Определите кинетическую энергию электрона перед столкновением. Возможностью испускания света атомом при столкновении с электроном пренебречь.

Решение. Возбуждённый атом отдаёт свою энергию E_a электрону. Из рисунка $E_a = (8,5 - 5) \text{ эВ} = 3,5 \cdot 10^{-19}$ Дж. Из закона сохранения энергии имеем $E_1 = E_2 - E_a$. $E_2 = mv^2 / 2$. $P = mv$. $v = P / m$. $E_2 = P^2 / 2m$. $E_1 = P^2 / 2m - E_a$. $E_1 = 1,44 \cdot 10^{-48} / (2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31}) - 3,5 \cdot 10^{-19} = (7,91 - 5,6) \cdot 10^{-19}$ Дж = $2,3 \cdot 10^{-19}$ Дж.

