Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный аграрный университет»

ТЕТРАДЬ

для

учени класса

школы

Контрольная работа
по физике

Работу выполнила
студентка 1 курса
заочной формы обучения
факультет ФЛХиЭ
по направлению Ландшафтная архитектура
Группа: Б402-02
Багамаева Р.А.
№ зачетной книжки
Проверил:
Валиев А.А.

12 листов

Казань 2021 г.

Контрольная работа

103. Две автомашины движутся по дорогам, угол между которыми $a = 60°$ Скорость автомашин $v_1 = 54$ км/ч и $v_2 = 72$ км/ч. С какой скоростью удаляются машины одна от другой?

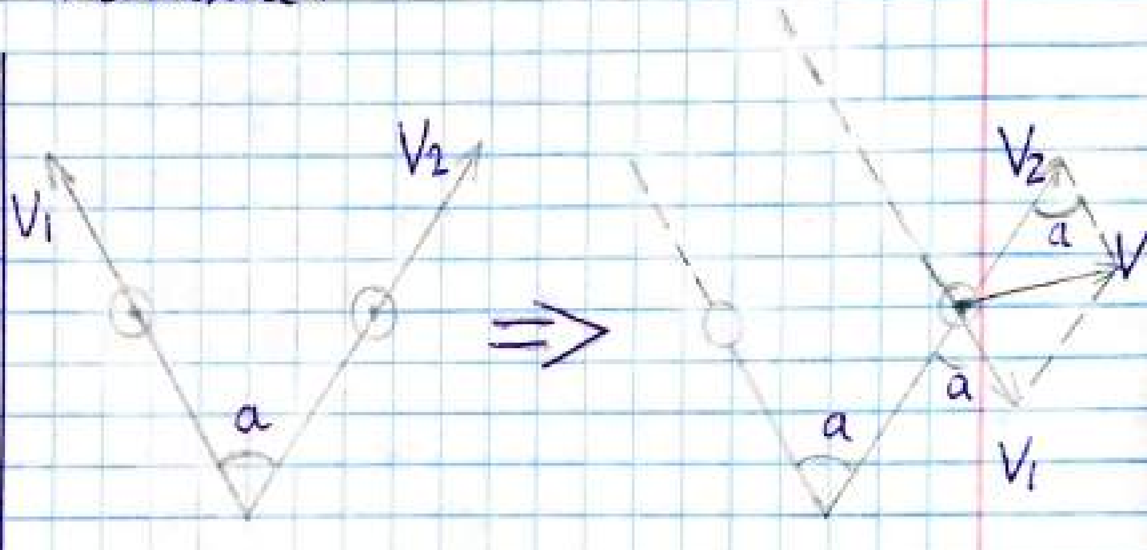
Дано:

$V_1 = 54$ км/ч

$V_2 = 72$ км/ч

$V = ?$

Решение:



Видно, что если поместить начало координат на первой машине, то скорость, с которой вторая машина удаляется от первой равна сумме векторов $-V_1$ и V_2 Причем её модуль, как видно из рисунка, равен

$$V = \sqrt{V_1^2 + V_2^2 - 2 \times V_1 + V_2 \times \cos a}$$

Подставляем числа.

$$V = \sqrt{(54)^2 + (72)^2 - 2 \times 54 \times 72 \times \cos 60^\circ} \text{ км/ч} =$$

$$= 64{,}9 \text{ км/ч} = 18 \text{ м/с}$$

Ответ: $V = 18$ м/с

113. Орудие, жестко закрепленное на железнодорожной платформе, производит выстрел вдоль полотна железной дороги под углом $a = 30°$ к линии горизонта. Определить скорость u_2 отката платформы, если снаряд вылетает со скоростью $u_1 = 480$ м/с. Масса платформы с орудием и снарядами $M = 18$т масса снаряда $m = 60$кг.

Дано:

$m = 60$ кг

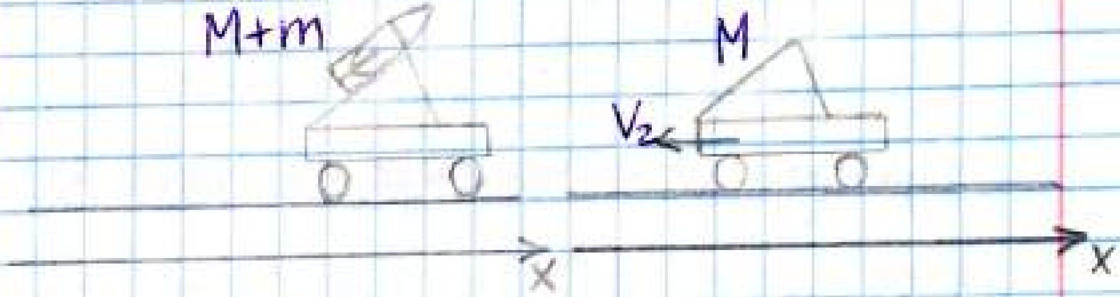
$M = 18000$ кг

$V_1 = 480$ м/с

$a = 30°$

$V_2 = ?$

Решение:



Для определения скорости V_2 воспользуемся законом сохранения импульса: $m \times \bar{V}_1 = M \times \bar{V}_2$, где $m \times \bar{V}_1$ - импульс снаряда, $M \times \bar{V}_2$ - вагона после выстрела.

Проецируем вектора импульсов на ось X и получаем

На ось X: $m \times V_1 \times \cos a = M \times V_2$. Откуда искомая скорость $V_2 = \frac{m \times V_1 \times \cos a}{M}$. Подставляем числа (переводя одновременно все величины в систему СИ).

$$V_2 = \frac{60кг \times 480м/с \times \cos 30^\circ}{18000кг} = 1,39 м/с$$

Ответ: $V_2 = 1,39$ м/с

123. Шар массой $m = 1$ кг движется со скоростью $V_0 = 4$ м/с и сталкивается с шаром массой $M = 2$ кг, движущимся навстречу ему со скоростью $V = 3$ м/с. Каковы скорости V_1 и V_2 шаров после удара? Удар считать абсолютно упругим, прямым, центральным.

Дано:

$m = 1$ кг

$V_0 = 4$ м/с

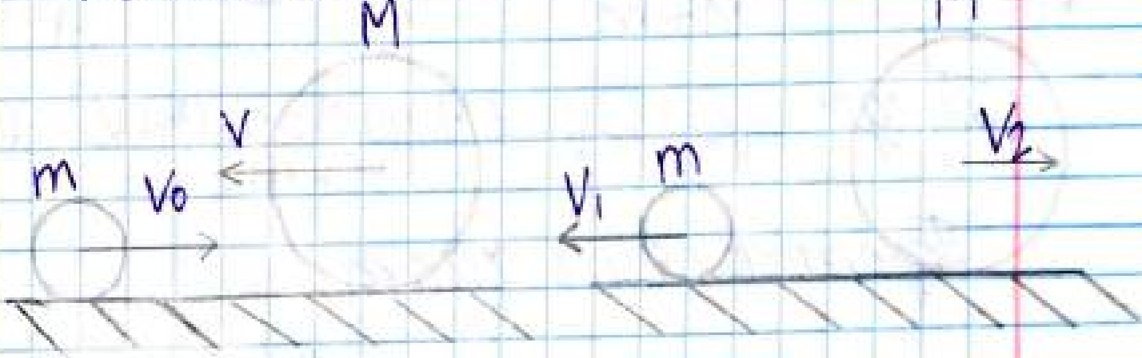
$M = 2$ кг

$V = 3$ м/с

$V_1 = ?$

$V_2 = ?$

Решение:



Из закона сохранения импульса находим: $m \times V_0 - M \times V = M \times V_2 - m \times V_1$

Упрощаем и получаем $m \times (V_0 + V_1) = M \times (V_2 + V)$

Из закона сохранения энергии получаем:

$$\frac{m \times V_0^2}{2} + \frac{M \times V^2}{2} = \frac{m \times V_1^2}{2} + \frac{M \times V_2^2}{2}$$

Упрощаем и получаем $m \times (V_0^2 - V_1^2) = M \times (V_2^2 - V^2)$.

Преобразуем к виду $m \times (V_0 - V_1) \times (V_0 + V_1) = M \times (V_2 - V) \times (V_2 + V)$.

Делим это уравнение на $m \times (V_0 + V_1) = M \times (V_2 + V)$

и получаем: $$\frac{m \times (V_0 - V_1) \times (V_0 + V_1)}{m \times (V_0 - V_1)} = \frac{M \times (V_2 - V) \times (V_2 + V)}{M \times (V_2 - V)}.$$

Откуда получаем $V_0 - V_1 = V_2 - V$

Из этого уравнения находим $V_2 = V_0 + V - V_1$ и подставляем в закон сохранения импульса $m \times V_0 - M \times V = M \times V_2 - m \times V_1 =$
$= M \times (V_0 + V - V_1) - m \times V_1$, откуда скорость первого шара равна:

$$V_1 = -\frac{m \times V_0 - M \times V - M \times (V_0 + V)}{M + m} = \frac{(M-m) \times V_0 + 2 \times M \times V}{M + m}$$

Тогда $V_2 = V_0 + V - \frac{(M-m) \times V_0 + 2 \times M \times V}{M + m} = \frac{(m-M) \times V + 2 \times m \times V_0}{M + m}$

Подставляем числа.

$$V_1 = \frac{(2кг - 1кг) \times 4м/с + 2 \times 2кг \times 3м/с}{2кг + 1кг} = 5{,}33м/с$$

$$V_2 = \frac{(1кг - 2кг) \times 3м/с + 2 \times 1кг \times 4м/с}{2кг + 1кг} = 1{,}67м/с$$

Ответ: $V_1 = 5{,}33м/с$

$V_2 = 1{,}67м/с$

133. Пружина жесткостью $k = 500$ Н/м сжата силой $F = 100$ Н. Определить работу A внешней силы, дополнительно сжимающей пружину ещё на $\Delta x = 2$ см.

Дано:

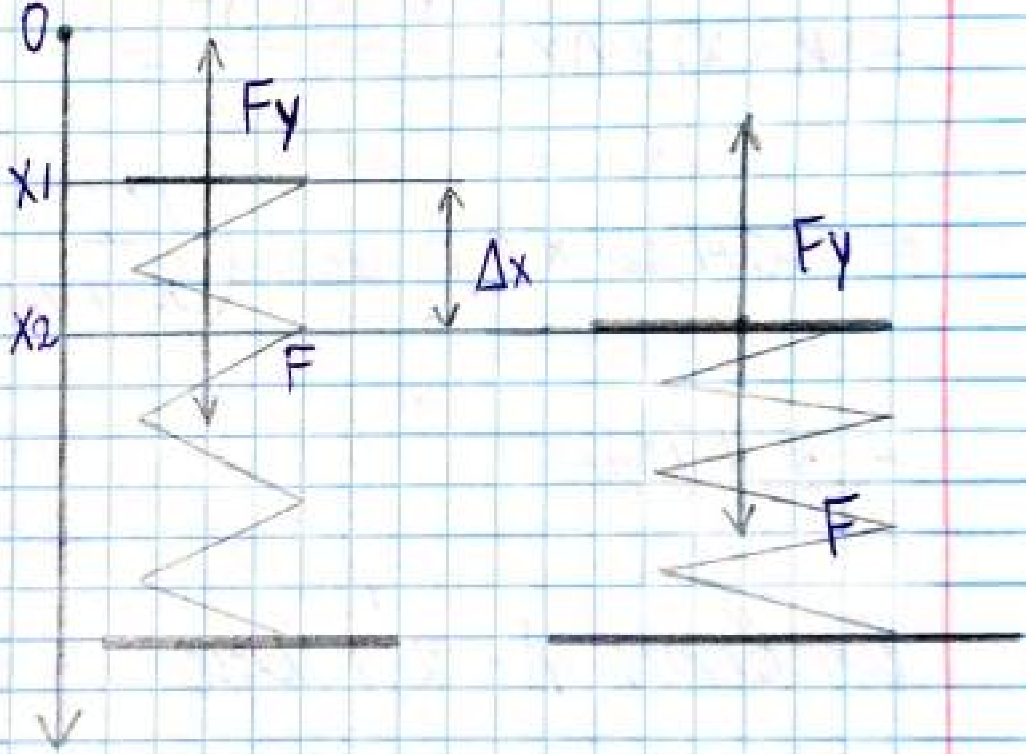
$k = 500$ Н/м

$F = 100$ Н

$\Delta x = 2$ см

$A = ?$

Решение:



По определению сила упругости $F_y = k \times X$, где k – коэффициент жесткости, X – величина деформации. Из третьего закона Ньютона получаем $F = F_y = k \times X_1$

Поэтому $x_1 = \frac{F}{k}$ – начальная деформация пружины.

Конечная деформация пружины будет равна $x_2 = x_1 + \Delta x$

Работа силы $F = F_y = k \times X$ по деформации пружины равна

$$A = \int_{X1}^{X2} F\,dx = \int_{X1}^{X1+\Delta X} kx\,dx = \frac{k \times (X1+\Delta X)^2}{2} - \frac{k \times (X1)^2}{2} =$$

$$= k \times X1 \times \Delta X + \frac{k \times (\Delta X)^2}{2} = k \times \Delta X \times \left(\frac{F}{k} + \frac{\Delta X}{2}\right) =$$

$$= 500 Н/м \times 0{,}0\ м \times \left(\frac{100 Н}{500 Н/м} + \frac{0{,}02 м}{2}\right) =$$

$= 2{,}1$ Дж

Ответ: $A = 2{,}1$ Дж

143. На обод маховика диаметром D=60 см намотан шнур, к концу которого привязан груз массой m=2 кг. Определить момент инерции J маховика, если он, вращаясь равноускоренно под действием силы тяжести груза, за время t = 3 с приобрел угловую скорость ω=9 рад/с.

Дано:

$D=2\times R=60$ см

$m=2$ кг

$t=3$ с

$\omega=9$ рад/с

$J=?$

Решение:

Согласно основному закону динамики вращения $J=\frac{M}{\varepsilon}$, где M – вращающий момент силы T натяжения нити,

$\varepsilon = \frac{a}{R}$ - угловое ускорение вала. Угловая скорость изменяется по закону $\omega = \varepsilon \times t$.
Нам известно, что через время $t = 3с$ угловая скорость $\omega = 9 рад/с$, поэтому $\omega = \varepsilon \times t$, откуда $\varepsilon = \frac{\omega}{t}$. По определению момента силы $M = T \times R$, где $R = D/2$ - радиус маховика.
Т.к. натяжение нити и ускорение груза обусловлены его весом $P = mg$, то из второго закона Ньютона получаем $m\bar{a} = m\bar{g} + \bar{T}$. Проецируем вектора на ось X и получаем: $ma = mg - T$, откуда $T = mg - ma$. Тогда $M = m \times (g - a) \times R$ и $J = \frac{M}{\varepsilon} =$
$= \frac{m \times (g-a) \times R}{\varepsilon}$.
Нам известно, что $\varepsilon = \frac{a}{R}$, откуда $a = \varepsilon \times R$
откуда $J = \frac{m \times (g - \varepsilon \times R) \times R}{\varepsilon}$. Нам также известно, что $\varepsilon = \frac{\omega}{t}$ и $R = D/2$, поэтому

$$J = \frac{m \times \left(g - \frac{\omega}{t} \times \frac{D}{2}\right) \times \frac{D}{2} \times t}{\omega}$$

Подставляем числа

$$J = \frac{2кг \times \left(9{,}81 м/с^2 - \frac{9 рад/с}{3с} \times \frac{0{,}6м}{2}\right) \times \frac{0{,}6м}{2} \times 3с}{9 рад/с} = 1{,}78 кг \times м^2$$

Отв: $J = 1{,}78 кг \times м^2$

153. Платформа в виде диска диаметром $D = 3$ м и массой $m_1 = 180$ кг может вращаться вокруг вертикальной оси. С какой угловой скоростью ω будет вращаться эта платформа, если по ее краю пойдет человек массой $m_2 = 70$ кг со скоростью $v = 1,8$ м/с относительно платформы?

Дано:	Решение:
$D = 3$ м	Обходя платформу по краю со
$m_1 = 180$ кг	скоростью V, человек обладает
$m_2 = 70$ кг	моментом импульса относительно
$V = 1,8$ м/с	оси вращения: $L2 = m_2 \times V \times R = m_2 \times V \times \frac{D}{2}$
$\omega = ?$	Момент импульса диска, вращающ.

с угловой скоростью ω равен $L1 = J \times \omega$, где $J = \frac{m_1 \times D^2}{8}$ – момент инерции диска диаметром D и массой m.

Из закона сохр. момента имп-са имеем $L1 = L2$, откуда

$m_2 \times V \times \frac{D}{2} = J \times \omega = \frac{m_1 \times D^2}{8} \times \omega$ Поэтому угловая скор. =

$\omega = \frac{4 \times m_2 \times V \times D}{m_1 \times D^2} = \frac{4 \times m_2 \times V}{m_1 \times D}$. Подставляем числа

$\omega = \frac{4 \times 70\text{кг} \times 1,8\text{м/с}}{180\text{кг} \times 3\text{м}} = 0,93$ рад/с Ответ: $\omega = 0,93$ рад/с

163. Из бесконечности на поверхность Земли падает метеорит массой $m = 30$кг. Опред. работу A, которая при этом будет совершена силами гравит-го поля Земли. Ускор. своб. падения g у поверхности Земли и ее радиус R считать известными.

Дано:	Решение:
$h = \infty$	На тело действует сила всемирного тяготения со стороны Земли равная
$m = 30$кг	$F = \gamma \frac{m \times M}{(h+R)^2}$, где $\gamma = 6{,}67 \times 10^{-11} Н \times м^2/кг^2$ –
$g = 9{,}81 м/с^2$	– гравитационная постоян-я; M – масса Земли;
$R = 6400$км	R – радиус Земли; h – расстояние от тела до поверхности Земли.
$A = ?$	Рассмотрим второй случай: $h = \infty$

Работа по определению равна $A = \int_{x_1}^{x_2} F(x)dx$, где x_1 – –начальное положение тела $(x_1 = R)$, x_2 – конечное $(x_2 = 0)$, $F(x) = \gamma \frac{m \times M}{(x+R)^2}$, а x – это положение (высота) тела.

Тогда $A = \int_{\infty}^{0} \gamma \frac{m \times M}{(x+R)^2} dx = \gamma \times m \times M \left[-\frac{1}{R} + \frac{1}{(\infty)} \right] = -\frac{\gamma \times m \times M}{R}$

Нам известна напряженность поля на поверхности Земли $g = \gamma \times \frac{M}{R^2}$, поэтому

$A = -m \times g \times R = -30 кг \times 9{,}81 м/с^2 \times 6400 \times 10^3 м =$

$= -1{,}88 \times 10^9$ Дж

Ответ: $A = -1{,}88 \times 10^9$ Дж

173. Точка совершает простые гармонические колебания, уравнение которых $x = A\sin\omega t$, где $A = 5$ см, $\omega = 2\,c^{-1}$. В момент времени, когда точка обладала потенциальной энергией $E_p = 0{,}1$ мДж, на нее действовала возвращающая сила $F = 5$ мН. Найти этот момент времени t.

Дано:

$A = 5$ см

$\omega = 2\,c^{-1}$

$E_p = 0{,}1$ мДж

$F = 5$ мН

$T = ?$

Решение:

Уравнение гармонич. колеб. $x = A\sin(\omega t)$, где x - смещение колеблющ-ся величины, A - амплитуда колебаний, ωt - фаза колебаний, ω - циклическая частота.

Скорость равна $V = \frac{dx}{dt} = \frac{d(A \times \sin(\omega \times t))}{dt} = A\omega \times \cos(\omega \times t)$.

Макс. скорость равна $V_{max} = A \times \omega$. Поэтому полная энергия маятника равна $E = \frac{m \times V^2}{2} = \frac{m \times (A \times \omega)^2}{2}$

Согласно закону сохранения $E = E_p + E_k$ потенц-я энергия равна $E_p = E - E_k$, поэтому $E_p = \frac{m \times (A \times \omega)^2}{2} - \frac{m \times (A \times \omega)^2}{2} \times$ $\times \cos^2(\omega \times T) = \frac{m \times (A \times \omega)^2}{2} \times \sin^2(\omega \times T)$. Ускорение точки, совершающей гармони-е колеб-я $a = \frac{d^2x}{dt^2} = -A\omega^2\sin(\omega t)$. В момент времени $t = T$ ускорение будет равным $a(t = T) =$ $= A \times \omega^2\sin(\omega \times T)$. Тогда сила действ-ая на точку равна по 2-му закону Ньютона: $F = m \times a = -m \times A \times \omega^2\sin(\omega \times T)$. Модуль возвращающей силы равен

$F = m \times A \times \omega^2\sin(\omega \times T)$

Поделим потенциальную энергию на силу и получим:

$$\frac{E_p}{F} = \frac{\frac{m \times (A \times \omega)^2}{2} \times \sin^2(\omega \times T)}{m \times A \times \omega^2 \sin(\omega \times T)} = \frac{A \times \sin(\omega \times T)}{2}$$

Откуда время равно $T = \frac{1}{\omega} \times \arcsin\left(\frac{2 \times E_p}{F \times A}\right)$.

Подставляем числа

$$T = \frac{1}{2 рад/с} \times \arcsin\left(\frac{2 \times 0{,}1 \times 10^{-3} Дж}{5 \times 10^{-3} Н \times 0{,}05 м}\right) = 0{,}46 с$$

Ответ: $T = 0{,}46$ с

203. Вода при температуре $t = 4°C$ занимает объем $V = 1 см^3$. Определить количество вещества ν и число N молекул воды.

Дано:

H_2O

$M = 0{,}018$ кг/моль

$t = 4°C$

$V = 1 см^3$

$\nu = ?$

$N = ?$

Решение:

количество молей в массе вещества m равно $\nu = \frac{m}{M}$, где M — молярная масса вещества.

Масса воды равна $m = \rho \times V$, где $\rho = 1000$ кг/м^3 - плотность воды, V-объем.

Тогда $\nu = \frac{\rho \times V}{M}$. Подставляем числа (переводя одновременно все величины в систему СИ).

$$\nu = \frac{1000 кг/м^3 \times 10^{-6} м^3}{0{,}018 кг/моль} = 0{,}056 моль.$$

Число молекул в ν количестве молей равно $N = N_A \times \nu$, где $N_A = 6{,}023 \times 10^{23}$ моль$^{-1}$ - число Авогадро. Тогда $N = N_A \times \nu = 6{,}023 \times 10^{23}$ моль$^{-1} \times$ $\times 0{,}056$ моль $= 3{,}4 \times 10^{22}$ молекул.

Ответ: $\nu = 0{,}056$ моль $N = 3{,}4 \times 10^{22}$ молекул

213. Баллон вместимость $V = 20$ л заполнен азотом при температуре $T = 400$ К. Когда часть газа израсходовали, давление в баллоне понизилось на $\Delta P = 200$ кПа. Определить массу Δm израсход. газа. Процесс считать изотермическим.

Дано:	Решение:
N_2	Воспользуемся уравнением Кла-
$(M = 0{,}028$ кг/моль$)$	пейрона-Менделеева $PV = \frac{m}{M}RT = \nu RT$
$V_1 = V_2 = V = 20$ л	где P давление, ν - количество
$\Delta P = 200$ кПа	молей, V - объем сосуда, T - темпе-
$T_1 = T_2 = T = 400$ К	ратура газа, $R = 8{,}31$ Дж/(моль·К)
Δm - ?	- молярная газовая постоянная.

В первом случае $P_1 \times V = \frac{m_1}{M} R \times T_1$, откуда $m_1 = \frac{P_1 \times V \times M}{R \times T_1}$; Во втором случае $P_2 \times V = \frac{m_2}{M} R \times T_2$, откуда $m_2 = \frac{P_2 \times V \times M}{R \times T_2}$. Тогда искомая разница

$$\Delta m = m_1 - m_2 = \frac{P_1 \times V \times M}{R \times T_1} - \frac{P_2 \times V \times M}{R \times T_2}$$

Так как температуры равны, то $\Delta m = \frac{(P_1 - P_2) \times V \times M}{R \times T} = \frac{\Delta P \times V \times M}{R \times T}$. Подставляем числа:

$$\Delta m = \frac{200 \times 10^3 \text{ Па} \times 20 \times 10^{-3} \text{ м}^3 \times 0{,}028 \text{ кг/моль}}{8{,}31 \text{ Дж/(моль К)} \times 400 \text{ К}} = 0{,}034 \text{ кг} = 34 \text{ г}.$$

Ответ: $\Delta m = 34$ г.

223. Количество вещества гелия $v = 1,5$ моль, температура $T = 120$ K. Определить суммарную кинетическую энергию $E_к$ поступательного движения всех молекул этого газа.

Дано:

$v = 1,5$ моль

$T = 120$ K

$E_к = ?$

Решение:

Средняя кинетическая энергия поступательного движения одной молекулы равна $\langle \varepsilon_{кин} \rangle = \frac{i}{2} kT$, где $k = 1,38 \times 10^{-23}$ Дж/К – постоянная Больцмана, i – поступательные степени свободы молекулы ($i = 3$ в нашем случае т.к три поступательных движения возможны). Общее молекул в v молей вещества равно $N = N_A \times v$, где $N_A = 6,023 \times 10^{23}$ моль$^{-1}$ – число Авогадро. Поэтому суммарная кинетическая энергия равна $E_к = N \times \langle \varepsilon_{кин} \rangle = N_A \times v \times \frac{i}{2} kT = v \times \frac{i}{2} RT$, где $R = 8,31$ Дж/(К·моль) – газовая постоянная.

Поэтому

$E_к = v \times \frac{i}{2} RT = 1,5 \text{ моль} \times \frac{3}{2} \times 8,31 \text{ Дж/К моль} \times 120 \text{ K} = 2240 \text{ Дж} = 2,24 \text{ кДж}.$

Ответ: $E_к = 2,24$ кДж

233. Определить показатель адиабаты у идеального газа, который при температуре T=350K и давлении P=0,4МПа занимает объем V=300л и имеет теплоемкость Cv=857 Дж/K.

Дано:

$T=350K$
$P=0{,}4МПа$
$V=300л$
$C_v=857 Дж/K$
$\gamma=?$

Решение:

Уравнения адиабаты идеального газа в переменных P и V: $PV^{\gamma}=const$, где $\gamma=\left(1+\frac{R}{C_{\mu v}}\right)$ - показатель адиабаты, R=8,31 Дж/(моль×K) - молярная газовая постоянная, $C_{\mu v}$ - молярная изохорная теплоемкость газа.

Молярная изохорная теплоемкость вычисляется по формуле $C_{\mu v}=C_v\times\frac{M}{m}$, где Cv - изохорная теплоемкость газа, M - молекулярная масса газа. Поэтому $\gamma=\left(1+\frac{R\times m}{C_v\times M}\right)$.

Воспользуемся уравнением Клапейрона - Менделеева $PV=\frac{m}{M}RT=\nu RT$ где P давление, ν - количество молей, V - объем сосуда, T - температура газа, R=8,31 Дж/(моль×K) - молярная газовая постоянная. Откуда $\frac{R\times m}{M}=\frac{P\times V}{T}$. Подставляем в

$$\gamma=\left(1+\frac{R\times m}{C_v\times M}\right)=\left(1+\frac{P\times V}{C_v\times T}\right)$$

Подставляем числа (переводя одновременно все величины в систему СИ)

$$\gamma=\left(1+\frac{0{,}4\times10^6 Па\times300\times10^{-3}м^3}{857 Дж/K\times350K}\right)=1{,}4$$

Ответ: $\gamma=1{,}4$

243. Водород находится под давлением $p = 20$ мкПа и имеет температуру $T = 300$ К. Определить среднюю длину свободного пробега $\langle\lambda\rangle$ молекулы такого газа.

Дано:

$T = 300$ К

$P = 20$ мкПа

H_2

$d = 2{,}3 \times 10^{-10}$ м

$M = 0{,}002$ кг/моль

$\langle\lambda\rangle = ?$

Решение:

Средняя длина свободного пробега молекул вычисляется по формуле $\langle\lambda\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}\pi d^2 n}$, где d – эффективный диаметр молекулы, n – число молекул в единице объема, которое можно найти из уравнения $n = \frac{P}{kT}$, где k – постоянная Больцмана. Поэтому

$$\langle\lambda\rangle = \frac{kT}{\sqrt{2}\pi d^2 p}$$

Подставляем числа

$$\langle\lambda\rangle = \frac{1{,}38 \times 10^{-23}\ \text{Дж/К} \times 300\ \text{К}}{\sqrt{2} \times 3{,}14 \times (2{,}3 \times 10^{-10}\ \text{м})^2 \times 20 \times 10^{-6}\ \text{Па}} = 881\ \text{м}.$$

Ответ: $\langle\lambda\rangle = 881$ м

253. При адиабатном сжатии давление воздуха было увеличено от $p_1 = 50$ кПа до $p_2 = 0,5$ МПа. Затем при неизменном объеме температура воздуха была понижена до первоначальной. Определить давление p_3 газа в конце процесса.

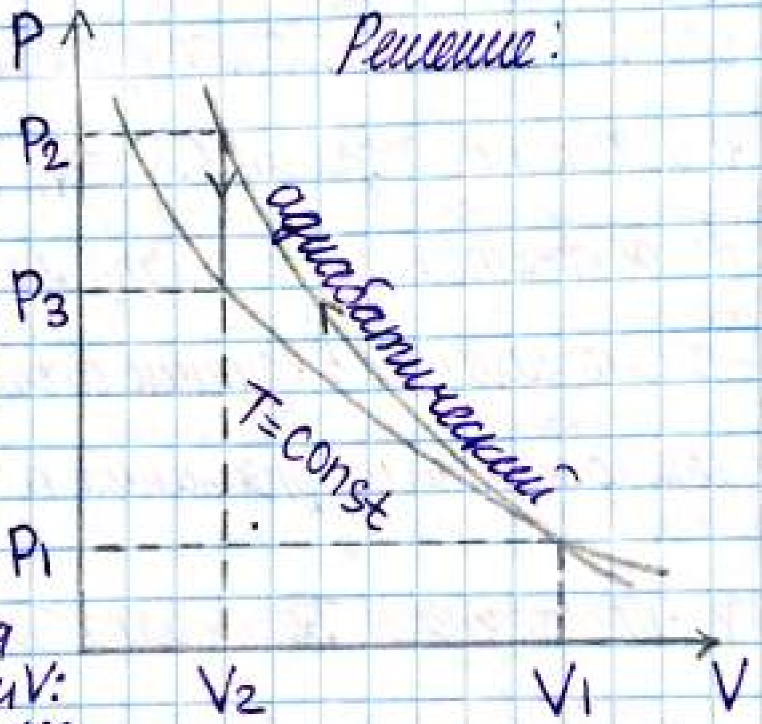
Дано:

$P_1 = 50$ кПа

$P_2 = 0,5$ МПа

$P_3 = ?$

Решение:



Уравнение адиабаты идеального газа в переменных P и V:
$PV^{\gamma} = const$, где
$\gamma = \left(1 + \frac{R}{C_V}\right)$. Молярная изохорная теплоемкость вычисляется по формуле $C_V = \frac{i \times R}{2}$, где i - число степеней свободы молекулы (для воздуха существует 3 поступательные и 2 вращательные степени свободы $i = 3 + 2 = 5$). Поэтому $\gamma = \left(1 + \frac{2R}{5R}\right) = \frac{7}{5}$ и тогда
$p \times V^{7/5} = const$

Так как эта величина константа, то получаем при давлении P_1 и P_2: $P_1 \times V_1^{7/5} = P_2 \times V_2^{7/5}$, откуда $\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{7/5}$. Или же $\frac{V_1}{V_2} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{5/7}$

Так как начальная и конечная точки лежат на изотерме $T=const$ (так как в условии сказано, что начальная и конечная температуры равны), то из уравнения изотермы $PV=const$ получаем: $P_3 \times V_2 = P_1 \times V_1$

Тогда искомое давление $P_3 = P_1 \times \frac{V_1}{V_2}$. Подставляем

$\frac{V_1}{V_2} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{5/7}$ и получаем $P_3 = P_1 \times \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{5/7}$. Подставляем числа (переводя одновременно все величины в систему СИ.).

$$P_3 = 50 \times 10^3 Па \times \left(\frac{0,5 \times 10^6 Па}{50 \times 10^3 Па}\right)^{5/7} = 2,59 \times 10^5 Па = 0,259 МПа.$$

Ответ: $P_3 = 0,259$ МПа

2.63. Определить работу A_{34} изотермического сжатия газа, совершающего цикл Карно, КПД которого $\eta = 0,4$, если работа изотермического расширения равна $A_{12} = 8$ Дж.

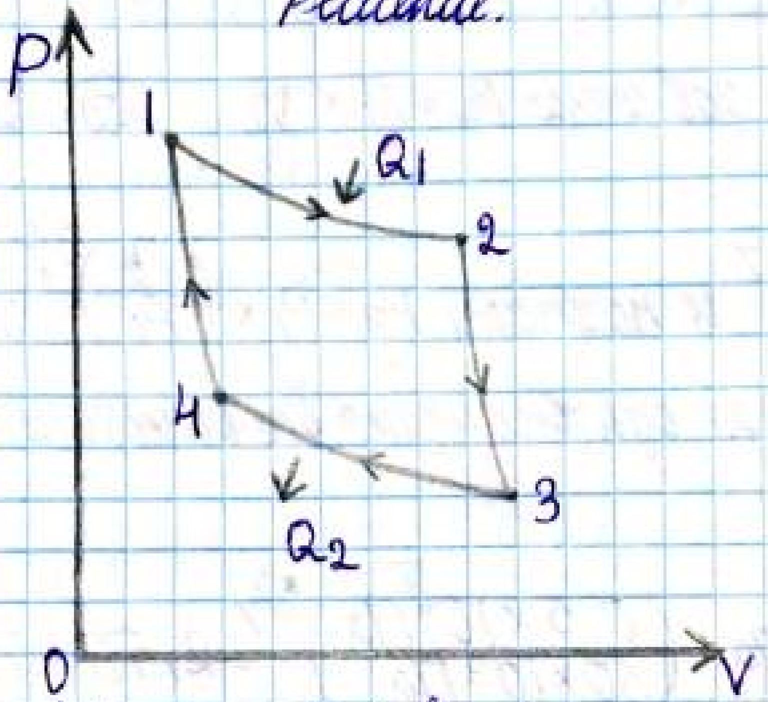
Дано:

$\eta = 0,4$

$A_{12} = 8$ Дж

$A_{34} = ?$

Решение:



КПД тепловой машины равен отношению производимой работы A к количеству тепла Q_1, полученному рабочим телом от нагревателя: $\eta = \frac{A}{Q_1}$. Совершенная работа равна $A = Q_1 - Q_2$, где Q_2 – количество теплоты, переданное холодильнику.

Поэтому $\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$. Полная работа равна сумме работ при изотермическом сжатии (процесс 1-2) и расширении (процесс 3-4): $A = A_{12} + A_{34}$.

С другой стороны $A = A_{12} + A_{34} = \eta \times A_{12}$. Поэтому $A_{34} = (\eta - 1) \times A_{12}$

Подставляем числа. $A_{34} = (0,4 - 1) \times 8$ кДж $= -4,8$ кДж.

Ответ: $A_{34} = -4,8$ кДж.

273. Какая энергия E выделится при слиянии двух капель ртути диаметром $d_1 = 0,8$ мм и $d_2 = 1,2$ мм в одну каплю?

Дано:

$d_1 = 0,8$ мм

$d_2 = 1,2$ мм

$\alpha = 465 \times 10^{-3}$ Н/м

Hg

$E = ?$

Решение:

Коэффициент поверхностного натяжения жидкости равен $\alpha = \frac{\Delta E}{\Delta S}$, где ΔE - изменение энергии при увеличении площади на ΔS. Искомая энергия как раз и равна $E = \Delta E$. Поэтому $\alpha = \frac{E}{\Delta S}$.

Откуда $E = \alpha \times \Delta S$, где ΔS - изменение площади ртути.

Объем шара диаметром d равен $V = \frac{4}{3}\pi \times \left(\frac{d}{2}\right)^3$, а площадь $S = \pi \times \left(\frac{d}{2}\right)^2$. Поэтому $S_1 = \pi \times \left(\frac{d_1}{2}\right)^2$ и $S_2 = \pi \times \left(\frac{d_2}{2}\right)^2$.

Сумма этих площадей - это начальная площадь ртути:

$$S = S_1 + S_2 = \pi \times \left(\frac{d_1}{2}\right)^2 + \pi \times \left(\frac{d_2}{2}\right)^2 = \frac{\pi}{4} \times \left(d_1^2 + d_2^2\right).$$

Полный объем ртути до и после слияния не изменился.

Начальный объем равен объему двух капель:

$$V = V_1 + V_2 = \frac{4}{3}\pi \times \left(\frac{d_1}{2}\right)^3 + \frac{4}{3}\pi \times \left(\frac{d_2}{2}\right)^3$$

Поэтому и конечный объем равен $V' = \frac{4}{3}\pi \times \left(\frac{d_1}{2}\right)^3 + \frac{4}{3}\pi \times \left(\frac{d_2}{2}\right)^3$

Конечный объем капли равен $V' = \frac{4}{3}\pi \times \left(\frac{d'}{2}\right)^3$, а площадь

$s' = \pi \times \left(\frac{d'}{2}\right)^2$. Поэтому $s' = \pi \times \left(\frac{3 \times V'}{4\pi}\right)^{\frac{2}{3}}$. Подставляем сюда найденный объем и получаем

$$s' = \pi \times \left(\frac{3}{4\pi} \times \left(\frac{4}{3}\pi \times \left(\frac{d_1}{2}\right)^3 + \frac{4}{3}\pi \times \left(\frac{d_2}{2}\right)^3\right)\right)^{\frac{2}{3}} =$$

$$= \frac{\pi}{4} \times \left((d_1)^3 + (d_2)^3\right)^{\frac{2}{3}}$$ Тогда изменение площади равно

$$\Delta S = S - S' = \frac{\pi}{4} \times \left((d_1)^3 + (d_2)^3\right)^{\frac{2}{3}} - \frac{\pi}{4} \times \left((d_1)^2 + (d_2)^2\right).$$

Тогда энергия равна $E = \frac{\alpha \times \pi}{4} \times \left[\left((d_1)^2 + (d_2)^2\right) - \left((d_1)^3 + (d_2)^3\right)^{\frac{2}{3}}\right]$

Подставляем числа

$$E = \frac{465 \times 10^{-3} Н/м \times 3,14}{4} \times \left[\left((0,8 \times 10^{-3} м)^2 + (1,2 \times 10^{-3} м)^2\right) - \right.$$

$$\left. - \left((0,8 \times 10^{-3} м)^3 + (1,2 \times 10^{-3} м)^3\right)^{\frac{2}{3}}\right] = 1,34 \times 10^{-7} Дж =$$

$= 0,134$ мкДж

Ответ: $E = 0,134$ мкДж.

303. Две одинаковые круглые пластины площадью $S=400 см^2$ каждая расположены параллельно друг другу. Заряд одной пластины $q_1 = 400 нКл$, другой $q_2 = -200 нКл$. Определить силу F взаимного притяжения пластин, если расстояние между ними: а) $r = 3 мм$; б) $r = 10 м$.

Дано:

$S = 400 см^2$	$4{,}0\cdot10^{-2} м^2$	
$q_1 = 400 нКл$	$4{,}0\cdot10^{-6} Кл$	
$q_2 = -200 нКл$	$-2{,}0\cdot10^{-7} Кл$	
$r_1 = 3 мм$	$3\cdot10^{-3} м$	
$r_2 = 10 м$		
$F = ?$		

Решение:

В первом случае ($r = 3 мм$) размеры пластин существенно больше расстояния между пластинами и силу взаимодействия можно найти по формуле. $|F_1| = |q_2 \cdot E_1| = |q_2 \cdot \frac{q_1}{2\varepsilon_0 S}|$

$$F_1 = \frac{|q_1 \cdot q_2|}{2\varepsilon_0 S} = \frac{|4{,}0\cdot10^{-7} Кл \cdot (-2{,}0)\cdot10^{-7} Кл|}{2\cdot8{,}85\cdot10^{-12} Ф/м \cdot 4{,}0\cdot10^{-2} м^2} \approx 0{,}90 Н$$

Когда $r = 10 м$ размерами пластин можно пренебречь и считать их точечными источниками. Тогда силы рассчит.:

$$F_2 = \frac{|q_1 \cdot q_2|}{r_2^2} = 8{,}988\cdot10^9 \frac{Н\cdot м^2}{Кл^2} \frac{|4{,}0\cdot10^{-7} Кл \cdot (-2{,}0)\cdot10^{-7} Кл|}{(10 м)^2} \approx$$

$$\approx 7{,}19\cdot10^{-6} Н = 7{,}19 мкН$$

Ответ: $F_1 = 0{,}90 Н$, $F_2 = 7{,}19 мкН$

313. На расстоянии $r_1 = 4$ см от бесконечно длинной заряженной нити находится точечный заряд $q = 60$ нКл. Под действием поля заряд перемещается до расстояния $r_2 = 2$ см, при этом совершается работа $A = 5$ мкДж. Найти линейную плотность заряда нити.

Дано:

$r_1 = 4$ см $= 4 \cdot 10^{-2}$ м

$q = 60$ нКл $= 6{,}0 \cdot 10^{-8}$ Кл

$r_2 = 2$ см $= 2 \cdot 10^{-2}$ м

$A = 5$ мкДж $= 5 \cdot 10^{-6}$ Дж

$\tau = ?$

Решение:

Напряженность поля от бесконечной нити. $E = \frac{\tau}{2\pi\varepsilon_0 r}$. Сила действующая на заряд в таком поле $F = E \cdot q = \frac{\tau q}{2\pi\varepsilon_0 r}$

Работа вычисляется: $A = \int_1^2 F(r)\,dr = \int_{r_1}^{r_2} \frac{\tau q}{2\pi\varepsilon_0 r}\,dr =$

$= \frac{\tau q}{2\pi\varepsilon_0} \ln\frac{r_2}{r_1} \Rightarrow \tau = \frac{2\pi\varepsilon_0 A}{q \ln\frac{r_2}{r_1}} = \frac{2 \cdot 3{,}142 \cdot 8{,}85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м} \cdot 5 \cdot 10^{-6} \text{ Дж}}{6{,}0 \cdot 10^{-8} \text{ Кл} \ln\frac{2 \text{ см}}{4 \text{ см}}}$

$\approx -6{,}69 \cdot 10^{-9}$ Кл/м $= -6{,}7$ нКл/м

Ответ: $\tau = -6{,}7$ нКл/м

323. Определить число электронов, проходящих за время $t=1c$ через поперечное сечение площадью $S=1\,мм^2$ железной проволоки длиной $l=20м$ при напряжении на ее концах $U=16B$, если удельное сопротивление железа $\rho=9{,}8\cdot10^{-8}\,Ом\cdot м$.

Дано

$t=1c$

$S=1мм^2=1\cdot10^{-6}м^2$

$l=20м$

$U=16B$

$\rho=9{,}8\cdot10^{-8}\,Ом\cdot м$

$N-?$

Решение:

Сопротивление проволоки.

$$R=\rho\frac{l}{S}$$

Сила тока в проволоке:

$$I=\frac{U}{R}=\frac{U\cdot S}{\rho l}$$

Проходимый через сечение заряд:

$$Q=I\cdot t=\frac{US}{\rho l}t$$

Количество электронов $N=\frac{Q}{e}$, где e – заряд электрона

$$N=\frac{USt}{\rho l e}=\frac{16B\cdot1\cdot10^{-6}м^2\cdot1c}{9{,}8\cdot10^{-8}\,Ом\cdot м\cdot20м\cdot1{,}6\cdot10^{-19}Кл}=$$

$$=5{,}1\cdot10^{19}$$

Ответ: $N=5{,}1\cdot10^{19}$

333. На плитке мощностью 0,5 кВт стоит чайник, в который налит 1 л воды при температуре 16°C. Вода в чайнике закипела через 20 мин после включения плитки. Какое кол. тепла потеряно при этом на нагревание самого чайника, на излучение и т.д?

Дано:

$P = 0,5\,кВт = 5 \cdot 10^2\,Вт$

$V = 1\,л = 1 \cdot 10^{-3}\,м^3$

$t_0 = 16\,°C$

$\tau = 20\,мин = 1200\,с$

$\Delta Q = ?$

Решение:

Тепло, выделенное плиткой $Q_1 = P \cdot t = 5 \cdot 10^2\,Вт \cdot 1200\,с = 6 \cdot 10^5\,Дж$

Тепло, необходимое для доведения воды до кипения $Q_2 = mc\Delta t$

$m = \rho \cdot V$ - масса воды, $\Delta t = t_2 - t_0$ - разность конечной и начальной температур ($t_2 = 100°C$ - температура кипения)

$Q_2 = \rho Vc(t_2 - t_1) = 1,0 \cdot 10^3\,кг/м^3 \cdot 1 \cdot 10^{-3}\,м^3 \cdot 4,19 \cdot 10^3\,Дж/кг \cdot К \cdot (100 - 16)°C = 3,52 \cdot 10^5\,Дж \approx 3,5 \cdot 10^5\,Дж$

Следовательно потерянное тепло $\Delta Q = Q_1 - Q_2 = (6 \cdot 10^5 - 3,5 \cdot 10^5)\,Дж = 2,5 \cdot 10^5\,Дж$

Ответ: $\Delta Q = 2,5 \cdot 10^5\,Дж$

343. Плотность тока в медном проводнике равна 0,1 МА/м^2. Определить объемную плотность тепловой мощности тока.

Дано:

$J = 0{,}1\,МА/м^2 = 1\cdot10^5\,А/м^2$

$w - ?$

Решение:

Мощность тока $P = U\cdot I$

$U = E\cdot L$ (E - напряженность, L - длина проводника)

$I = JS$ (S - площадь сечения проводника)

$P = E\cdot L\cdot J\cdot S = E\cdot J\,V$ (V - объем проводника)

Связь напряженности и плотности тока. $E = J\cdot\rho$

ρ - удельное сопротивление, для меди $\rho = 1{,}75\cdot10^{-8}$ Ом·м

$P = E\cdot JV = J\rho\cdot JV = \rho J^2 V$

$$w = \frac{P}{V} = \rho J^2 = 1{,}75\cdot10^{-2}\,Ом\cdot м\cdot\left(1\cdot10^5\,\frac{А}{м^2}\right)^2 = 1{,}75\,Вт/м^3$$

Ответ: $w = 1{,}75\cdot10^{2}$ Вт/м^3

353. Частица, несущая один элементарный заряд, влетела в однородное магнитное поле с индукцией B=0,2 Т под углом α=30° к направлению линий индукции. Определить силу Лоренца $F_Л$, если скорость частицы $v=10^5$ м/с.

Дано:

$B=0{,}2$ Тл

$\alpha=30°$

$v=10^5$ м/с

$q=1{,}602\cdot10^{-19}$ Кл

$F_Л$ – ?

Решение:

$\vec{F_Л}=q\,[\vec{v}\times\vec{B}]$

$|\vec{F_Л}|=q\,v\cdot B\cdot\sin\alpha=1{,}602\cdot10^{-19}\text{ Кл}\cdot10^5\text{ м/с}\cdot0{,}2\text{ Тл}\cdot\sin30°=1{,}6\cdot10^{-15}\text{ Н}\approx2\cdot10^{-15}\text{ Н}$

Ответ: $F_Л\approx2\cdot10^{-15}$ Н

363. По квадратной рамке со стороной 0,2 м течет ток силой 4 А. Определить напряженность и индукцию магнитного поля в центре рамки.

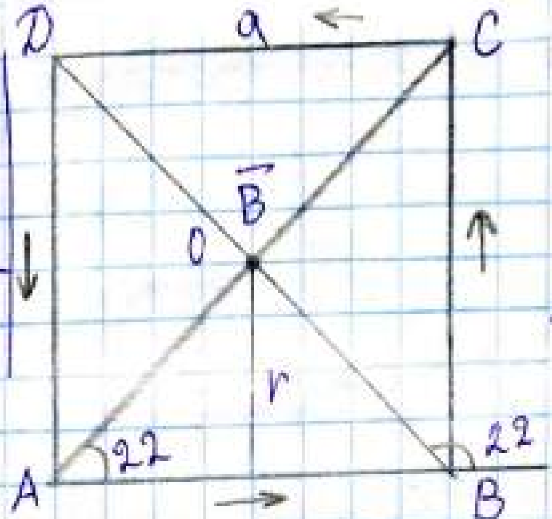
Дано:

$a = 0{,}2$ м

$I = 4$ А

$H, B - ?$

Решение:



Магнитная индукция поля $\vec{B}$ в центре квадрата (т. О) будет вычисляться как сумма магнитных индукций с точками

$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_3 + \vec{B}_4$ Все векторы индукции в точке О направлены „с ним" и из соображений симметрии равны

не $B_1 = B_2 = B_3 = B_4$ Результирующая магн. индукц. $B = 4B_1$

индукция B_1, создаваемая стороной рам. AB вычисляется по формуле: $B_1 = \frac{\mu_0 I}{4\pi r}(\cos\alpha_1 - \cos\alpha_2)$ r, α_1 и α_2 см. рис.

$r = \frac{a}{2}$ $\alpha_1 = \frac{\pi}{4}$ $\alpha_2 = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{\pi}{4} = \frac{3\pi}{4}$

$B_1 = \frac{\mu_0 I}{2\pi a}\left(\cos\frac{\pi}{4} - \cos\frac{3\pi}{4}\right) = \frac{\mu_0 I}{2\pi a}\left(\frac{\sqrt{2}}{2} - \left(-\frac{\sqrt{2}}{2}\right)\right) = \frac{\mu_0 I \sqrt{2}}{2\pi a}$

С учетом $B = 4B_1$ получим

$B = \frac{2\sqrt{2}\,\mu_0 I}{\pi a} = \frac{2\sqrt{2}\, 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 4}{\pi \cdot 0{,}2} = 2{,}3 \cdot 10^{-5}$ Тл $H = \frac{B}{\mu_0} = 18$ А/м

Ответ: $B = 2{,}3 \cdot 10^{-5}$ Тл, $H = 18$ А/м

373. Колебательный контур состоит из параллельного соединенных конденсатора электроемкостью $C = 1$ мкФ и катушку индуктивностью $L = 1$ мГн Активное сопротивление контура пренебрежимо мало. Найти частоту собственных колебаний ν.

Дано:

$C = 1$ мкФ $= 1 \cdot 10^{-6}$ Ф

$L = 1$ мГн $= 1 \cdot 10^{-3}$ Гн

$\nu - ?$

Решение:

$$T = 2\pi\sqrt{LC}$$

$$\nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} =$$

$$= \frac{1}{2 \cdot 3{,}142 \cdot \sqrt{1 \cdot 10^{-3}\,\text{Гн} \cdot 1 \cdot 10^{-6}\,\text{Ф}}}$$

$$\approx 5{,}0 \cdot 10^{3}\ \text{с}^{-1}$$

Ответ: $\nu = 5{,}0 \cdot 10^{3}\ \text{с}^{-1}$ (Гц)

403. Луч света падает под углом $\alpha = 30°$ на плоскопараллельную пластинку и выходит из нее параллельно первоначальному лучу со смещением на $d = 1{,}94$ см. Показатель преломления стекла $n = 1{,}5$. Найти толщину пластинки h.

Дано:

$\alpha = 30°$

$d = 1{,}94$ см

$n = 1{,}5$

$h - ?$

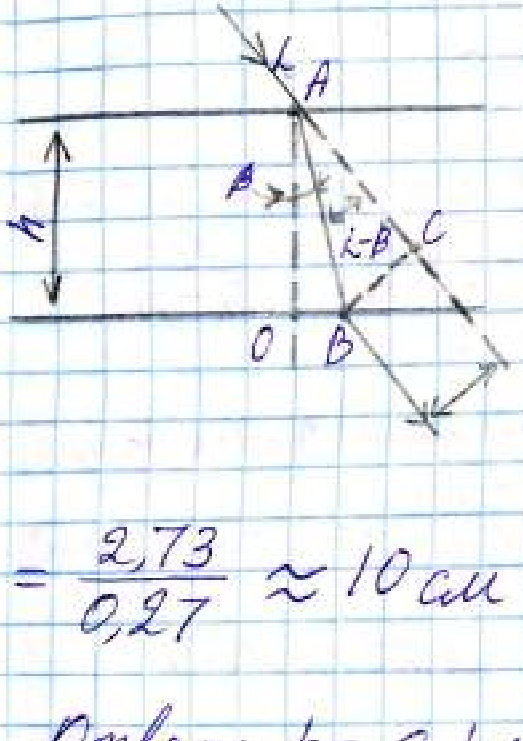
Решение:

Где β - угол преломления $h = AB \cdot \cos\beta$ (из $\triangle ABO$)

по зак-ну преломления $n = \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} \Rightarrow \sin\beta = \frac{\sin\alpha}{n} \Rightarrow$

$\Rightarrow \cos\beta = \sqrt{1 - \frac{\sin^2\alpha}{n^2}}$

Тогда $h = AB \cdot \cos\beta = \frac{d\cos\beta}{\sin\alpha\cos\beta - \cos\alpha\sin\beta} =$



$$= \frac{d \cdot \sqrt{n^2 - \sin^2\alpha}}{\sin\alpha\left(\sqrt{n^2 - \sin^2\alpha} - \cos\alpha\right)} =$$

$$= \frac{1{,}94 \cdot \sqrt{1{,}5^2 - (\sin 30°)^2}}{\sin 30° \left(\sqrt{1{,}5^2 - (\sin 30°)^2} - \cos 30°\right)} =$$

$$= \frac{2{,}73}{0{,}27} \approx 10 \text{ см} = 0{,}1 \text{ м}$$

Ответ: $h = 0{,}1$ м

413. Расстояние между двумя когерентными источниками $d = 0{,}9$ мм. Источники, испускающие монохроматический свет с длиной волны $\lambda = 640$ нм, расположены на расстоянии $L = 3{,}5$ м от экрана. Определите число светлых полос расп-ся на 1 см дл. экр.

Дано:

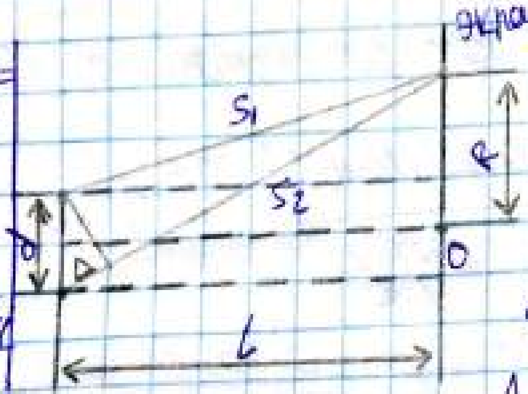
$d = 0{,}9$ мм $= 9 \cdot 10^{-4}$ м

$\lambda = 640$ нм $= 6{,}4 \cdot 10^{-7}$ м

$L = 3{,}5$ м

$x = 1$ см $= 10^{-2}$ м

$K - ?$



Решение: Интенсивность в любой точке экрана на расстоянии x от точки O определяется оптической разностью хода $\Delta = S_2 - S_1$ из рисунка:

$$S_2^2 = L^2 + \left(x + \frac{d}{2}\right)^2, \quad S_1^2 = L^2 + \left(x - \frac{d}{2}\right)^2$$

Тогда $S_2^2 - S_1^2 = (S_2 - S_1) \cdot (S_2 + S_1) = 2dx$ или: $\Delta = S_2 - S_1 = \frac{2dx}{S_2 + S_1}$

Т.к. при $L >> d \Rightarrow S_2 + S_1 = 2L$, то $\Delta = \frac{2dx}{2L} = \frac{dx}{L}$

Подставим значение Δ в условие максимума: $\Delta = K \cdot \lambda$ получим

$$K\lambda = \frac{dx}{L} \Rightarrow K = \frac{dx}{\lambda \cdot L} = \frac{9 \cdot 10^{-4} м \cdot 10^{-2} м}{6{,}4 \cdot 10^{-7} м \cdot 3{,}5 м} \approx 4$$, т.е. на 1 см длины экрана уместится 4 светлых полосы

Ответ: $K = 4$

423. Установка для наблюдения колец Ньютона освещается нормально падающим монохроматическим светом длиной волны 0,62 мкм. Найти радиус кривизны линзы, если диаметр светлого кольца в отраженном свете равен 7,8 мм.

Дано:	Решение:
$\lambda = 0{,}62$ мкм $d = 7{,}8$ мм	Радиусы светлых колец Ньютона в отраженном свете:
$R - ?$	$r_k = \frac{d_k}{2} = \sqrt{(2k-1)\frac{\lambda}{2}R} \Rightarrow d_k = 2\sqrt{(2k-1)\frac{\lambda}{2}R} \Rightarrow$

$$R = \frac{d_k^2}{2(2k-1)\lambda}$$

При $k = 1$: $R = \frac{(7{,}8 \cdot 10^{-3} м)^2}{2(2 \cdot 1 - 1) \cdot 0{,}62 \cdot 10^{-6} м} = 49 м$

Ответ: $R = 49$ м

433. Луч света проходит из воды в алмаз, так что луч, отраженный от границы раздела этих сред, оказывается максимально поляризован. Определите угол между падающим и преломленным лучами.

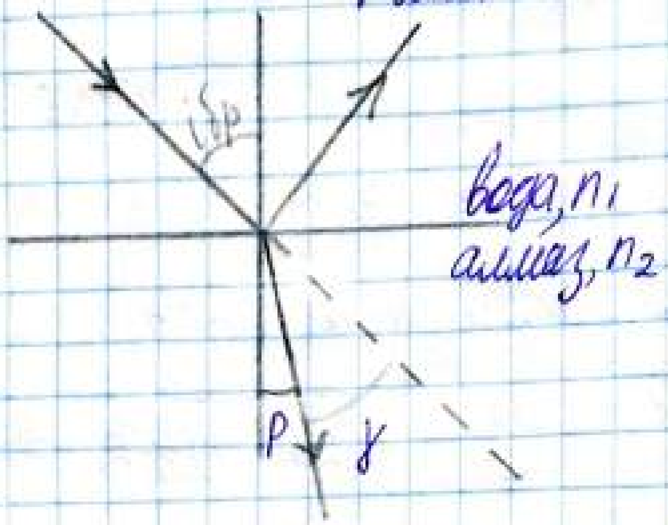
Дано:

$n_1 = 1,33$

$n_2 = 2,42$

γ - ?

Решение:



Из з-на Брюстера: $tg\, i_{бр} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow i_{бр} = arc\,tg \frac{n_2}{n_1} = arc\,tg\, 1,82 \approx 61,2°$

Из закона преломления света $\frac{\sin i_{бр}}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow$

$\Rightarrow \beta = \arcsin\left(\frac{n_1}{n_2} \cdot \sin i_{бр}\right) = \arcsin 0,48 \approx 28,7°$

Из рисунка видно, что $i_{бр} = \beta + \gamma$

Тогда $\gamma = i_{бр} - \beta = 61,2° - 28,7° = 32,5°$

Ответ: $\gamma = 32,5°$

443. Считая, что солнце излучает как черное тело, вычислить, насколько уменьшается его масса за год вследствие излучения (в том числе в проц-х). Темп. поверхн. солнца принять равной 5800К.

Дано:

$t = 1$ год

$T = 5800$ К

$\frac{\Delta M}{M}$ - ?

ΔM - ?

Решение:

Энергия солнечного излучения:

$W = \Delta m \cdot c^2 = N \cdot t$ где t - период времени

$t = 31536000 \approx 3{,}15 \cdot 10^7$ с - секунду в году

N - мощность излучения солнца

$N = 3{,}9 \cdot 10^{26}$ Вт; $c = 3 \cdot 10^8$ м/с - скорость света

m - изменение массы за время t

Тогда $\Delta m = \frac{N \cdot t}{c^2} = \frac{3{,}9 \cdot 10^{26} \text{ Вт} \cdot 3{,}15 \cdot 10^7 \text{ с}}{(3 \cdot 10^8 \text{ м/с})^2} = 1{,}37 \cdot 10^{17}$ кг

Масса Солнца: $M = 1{,}99 \cdot 10^{30}$ кг

$\frac{\Delta M}{M} = \frac{1{,}37 \cdot 10^{17} \text{ кг}}{1{,}99 \cdot 10^{30} \text{ кг}} = 0{,}69 \cdot 10^{-13}$ или $0{,}69 \cdot 10^{-11}$ %.

Ответ: $\Delta m = 1{,}37 \cdot 10^{17}$ кг

$\frac{\Delta M}{M} = 0{,}69 \cdot 10^{-11}$ %.

453. Свет с длиной волны 0,50 мкм нормально падает на зеркальную поверхность и производит на нее давление 10 мкПа. Определить число фотонов, ежесекундно падающих на 1 см^2 этой поверхности.

Дано:

λ - 0,50 мкм

$\rho = 1$

$p = 10$ мкПа

$S = 1\,см^2 = 10^{-4}\,м^2$

$t = 1\,с$

n - ?

Решение:

Т.к. свет падает нормально и поверхность зеркальная, то давление света:

$$p = \frac{E}{c}(1+\rho) = \frac{2E}{c}$$

Число фотонов, падающих на поверхность S за время t: $n = \frac{W}{\varepsilon}$, где

W - суммарная энергия всех фотонов $W = ESt$

ε - энергия одного фотона $\varepsilon = \frac{hc}{\lambda}$

Тогда $n = \frac{ESt \cdot \lambda}{2c} = \frac{p \cdot S \cdot t \cdot \lambda}{2h} =$

$$= \frac{10^{-5}\,Па \cdot 10^{-4}\,м^2 \cdot 1\,с \cdot 5 \cdot 10^{-7}\,м}{6,63 \cdot 10^{-34}\,Дж \cdot с} = 7,5 \cdot 10^{17}$$

Ответ: $n = 7,5 \cdot 10^{17}$

463. Найти длину волны де Бройля для: 1) электрона, летящего со скоростью 10^6 м/с; 2) атома водорода, движущегося со скоростью, равной средней квадратичной скорости при температуре 300К; 3) шарика массой 1г, движущегося со скоростью 1см/с.

Дано:

1) $m_e = 9{,}1 \cdot 10^{-31}$ кг

$V_1 = 10^6$ м/с

2) $m_e = 1{,}67 \cdot 10^{-27}$ кг

$T_2 = 300$ К

3) $m = 10^{-3}$ кг

$V_3 = 0{,}01$ м/с

λ - ?

Решение:

1) Т.к. скорость электрона $V = 10^6$ м/с соизм. со скоростью света, то используем ф-у $\lambda = \frac{h}{mV}\sqrt{1-\frac{V^2}{c^2}} = \frac{6{,}63 \cdot 10^{-34} Дж \cdot с}{9{,}1 \cdot 10^{-31} кг \cdot 10^6 \frac{м}{с}} \cdot \sqrt{1-\left(\frac{10^6 м/с}{3 \cdot 10^8 \frac{м}{с}}\right)^2} \approx 2{,}4 \cdot 10^{-12}$ м

2) Скорость атома водорода $\sqrt{\overline{V_2^2}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}} = 2735$ м/с. Т.К. $V_2 \ll c$, то длину волны де Бройля атома водорода найдем по ф-ле: $\lambda = \frac{h}{mV} = \frac{6{,}63 \cdot 10^{-34} Дж \cdot с}{1{,}67 \cdot 10^{-27} кг \cdot 2735 м/с} \approx 1{,}45 \cdot 10^{-10}$ м

3) Т.к. скорость шарика $V \ll c$, то длина волны де Бройля: $\lambda = \frac{h}{mV} = \frac{6{,}63 \cdot 10^{-34} Дж \cdot с}{10^{-3} кг \cdot 10^{-2} м/с} = 6{,}63 \cdot 10^{-29}$ м

Ответ: 1) $\lambda \approx 2{,}4 \cdot 10^{-12}$ м; 2) $\lambda \approx 1{,}45 \cdot 10^{-10}$ м; 3) $\lambda = 6{,}63 \cdot 10^{-29}$ м

473. Время жизни возбужденного состояния атома в среднем $\Delta t \approx 10^{-8}$ с. Определить ширину спектральной линии, связанной с распадом этого состояния, если ей соответствует длины волны $\lambda = 4 \cdot 10^{-7}$ м.

Дано:	Решение:
$\Delta t = 10^{-8}$ с	Из соотношения неопределенности
$\lambda = 400$ нм	$\Delta E \cdot \Delta t = \frac{h}{2\pi}$ (1)
$\frac{\Delta\lambda}{\lambda}$ - ?	При переходе со второго уровня на первый: $\Delta E = h \cdot (\nu_2 - \nu_1)$, где частоты

$\nu_1 = \frac{c}{\lambda_1}$ и $\nu_2 = \frac{c}{\lambda_2}$

Тогда $\Delta E = h \cdot \left(\frac{c}{\lambda_2} - \frac{c}{\lambda_1}\right) = \frac{h \cdot c \cdot (\lambda_1 - \lambda_2)}{\lambda_1 \cdot \lambda_2} =$

$= \frac{hc \cdot \Delta\lambda}{\lambda_1 \cdot \lambda_2}$ Т.к. средняя длина волны $\lambda \approx \lambda_1 \approx \lambda_2$,

то $\Delta E = \frac{h \cdot c \cdot \Delta\lambda}{\lambda^2}$ подставляем это в ф-лу (1)

получим $\frac{h \cdot c \cdot \Delta\lambda}{\lambda^2} \cdot \Delta t = \frac{h}{2\pi} \Rightarrow \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{\lambda}{2\pi \cdot c \cdot \Delta t} =$

$= \frac{4 \cdot 10^{-7} \text{ м}}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 3 \cdot 10^{8} \text{ м/с} \cdot 10^{-8} \text{ с}} \approx 2{,}1 \cdot 10^{-8}$

Ответ: $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = 2{,}1 \cdot 10^{-8}$