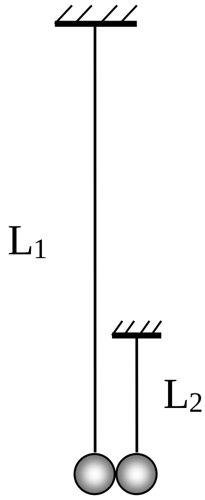
Решение типового варианта

Задача 1 (10 баллов)



1) Период колебаний первого маятника $T_1 = 2\pi\sqrt{\dfrac{L_1}{g}}$.

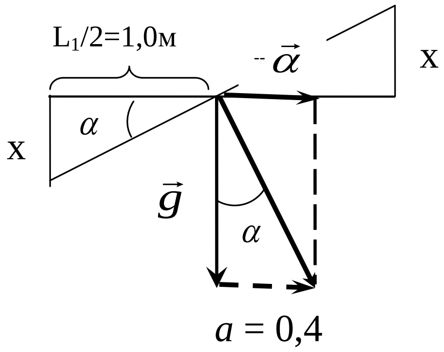
2) Период колебаний второго маятника $T_2 = 2\pi\sqrt{\dfrac{L_2}{g}}$.

Поскольку $L_1 = 4\,L_2$, то $T_1 = 2T_2$;

За время, равное 4 с , произойдёт пять столкновений шариков.

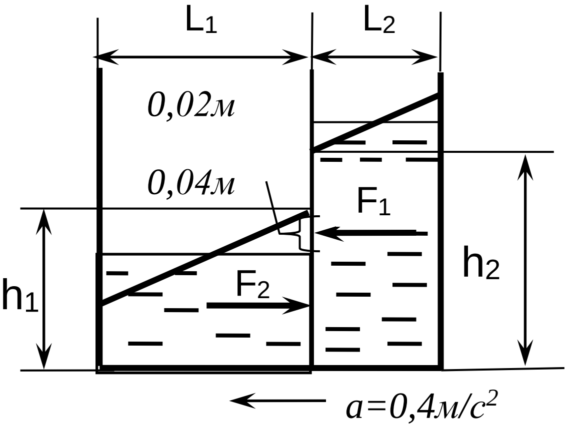
Ответ: Произошло 5 столкновений.

Задача 2 (12 баллов)



$$\frac{a}{g} = \frac{x}{L/2}\,; \quad \text{откуда}$$

$$x = \frac{a \cdot \dfrac{L}{2}}{g} = \frac{0{,}4 \cdot 1{,}0}{10} = 0{,}04м\,.$$



Сила давления, действующая на перегородку слева $F_1 = \rho \cdot g\dfrac{h_1}{2}S_1$, где $S_1 = 1{,}0 \cdot 1{,}04 = 1{,}04$, то есть

$$F_1 = \rho \cdot g\frac{h_1}{2}S_1 = 10^3 \cdot 10\frac{1{,}04}{2} \cdot 1{,}04 = 10^4 \cdot 0{,}54 = 5400H$$

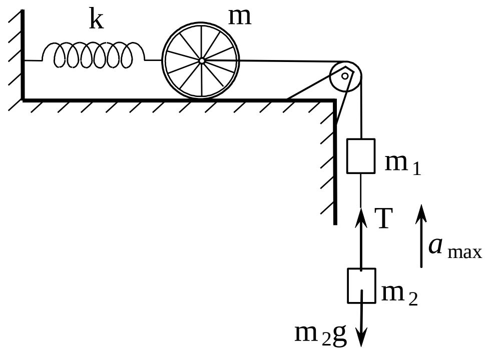
Сила давления, действующая на перегородку справа $F_2 = \rho \cdot g\dfrac{h_2}{2}S_2$, где

$S_2 = 1{,}0 \cdot 1{,}73 = 1{,}73$, то есть $F_2 = \rho \cdot g\dfrac{h_2}{2}S_2 = 10^3 \cdot 10\dfrac{1{,}73}{2} \cdot 1{,}73 = 10^4 \cdot 1{,}496 = 14960H$

Результирующая сила давления воды на перегородку $\Delta F = F_2 - F_1 = 14960 - 5400 = 9560H$

Ответ: $\boxed{\Delta F = F_2 - F_1 = 9560H}$.

Задача 3 (12 баллов)

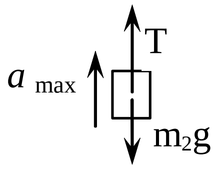


1) Квадрат круговой частоты

$$\omega^2 = \frac{k}{m_1 + m_2 + 2m} = \frac{k}{m + 3m + 2m} = \frac{k}{6m}$$

2) Амплитуда колебаний грузов

$$A = \frac{(m_1 + m_2)g}{k} = \frac{4mg}{k}$$



3) Максимальное ускорение

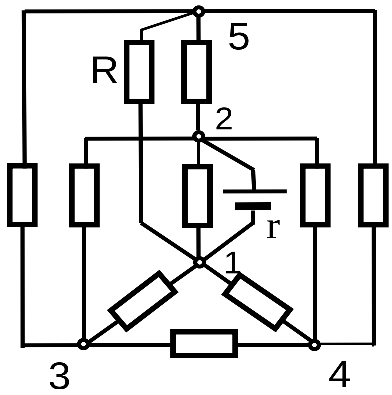
$$a = A\omega^2 = \frac{4mg}{k}\frac{k}{6m} = \frac{2}{3}g$$

4) Уравнение 2-го закона Ньютона для момента времени, когда груз находится в нижнем положении; при этом сила натяжения нити максимальная: $m_2 a = T - m_2 g$, откуда

$$T = m_2(g + a) = m_2(g + A\omega^2) = 3m\left(g + \frac{2}{3}g\right) = 5mg \ .$$

Ответ: $\boxed{T = 5mg}$.

Задача 4 (12 баллов)



Общее внешнее сопротивление цепи

$$\boxed{\frac{1}{R} = \frac{1}{r} + 3\frac{1}{2r} = \frac{1}{r} + \frac{3}{2r} = \frac{1}{r}\left(\frac{2+3}{2}\right) = \frac{5}{2r}}$$

$$\boxed{\frac{1}{R} == \frac{1}{r} + \frac{(n-2)}{2r} = \frac{1}{r}\left(\frac{2+(n-2)}{2}\right) = \frac{1}{r} + \frac{2+n-2}{2} = \frac{n}{2r}}$$

Отсюда $\boxed{R = \frac{2r}{n}}$;

Мощность, выделяемая во внешней цепи $\boxed{N = I^2 R}$.

Ток в цепи $\boxed{I = \frac{E}{r+R}}$, тогда

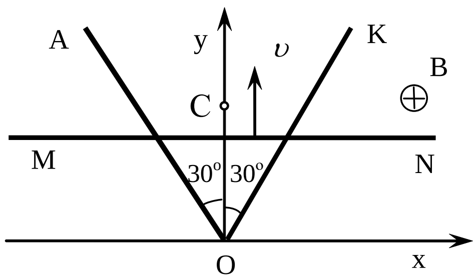
искомая мощность $\boxed{N = \left(\frac{E}{r+R}\right)^2 R = \frac{E^2}{\left(r + \frac{2r}{n}\right)^2}\cdot\frac{2r}{n} = \frac{E^2 n^2}{(rn+2r)^2}\cdot\frac{2r}{n} = \frac{E^2 n\cdot 2r}{r^2(n+2)^2} = \frac{2E^2 n}{r(n+2)^2}}$.

Подставляя числовые значения, получим

$$\boxed{N = \frac{2E^2 n}{r(n+2)^2} = \frac{10E^2}{49\cdot r} = \frac{10\cdot 6^2}{49\cdot 10} = 0{,}73Вт}$$

Ответ: $\boxed{N = \frac{2E^2 n}{r(n+2)} = 0{,}73Вт}$

Задача 5 (12 баллов)



1) Длина перемычки $\ell = 2y \cdot \mathrm{tg}\dfrac{\alpha}{2}$

При y = C $\ell_{\max} = 2L \cdot \mathrm{tg}\dfrac{\alpha}{2}$.

2) Сопротивление перемычки $R = \rho\ell = 2\rho y \cdot \mathrm{tg}\dfrac{\alpha}{2}$;

$R_{\max} = \rho\ell_{\max} = 2\rho L \cdot \mathrm{tg}\dfrac{\alpha}{2}$.

3) ЭДС индукции $E = B\upsilon \cdot \ell$; $E_{\max} = 2B\upsilon \cdot Ltg\dfrac{\alpha}{2}$.

4) Тепловая мощность, выделившаяся в перемычке

$$P = \frac{E^2}{R} = \frac{B^2\upsilon^2\ell^2}{\rho\ell} = \frac{B^2\upsilon^2\ell}{\rho}; \qquad P_{\max} = \frac{E^2{}_{\max}}{R_{\max}} = \frac{2B^2\upsilon^2 Ltg\dfrac{\alpha}{2}}{\rho}.$$

5) Средняя мощность $P_{ср} = \dfrac{1}{2}P_{\max}$ за время $t_o = \dfrac{L}{\upsilon}$,

6) Полное количество теплоты, выделившейся в перемычке,

$$Q = P_{ср}t_o = \frac{B^2\upsilon^2 L(tg\,\alpha/2)}{\rho} \cdot \frac{L}{v} = \frac{B^2\upsilon L^2}{\rho} tg\frac{\alpha}{2}$$

Итак, при α = 60° $\mathrm{tg}\dfrac{\alpha}{2} = \mathrm{tg}30^\circ = \dfrac{1}{\sqrt{3}}$; $\boxed{Q = \dfrac{B^2\upsilon \cdot L^2}{\rho} tg\dfrac{\alpha}{2} = \dfrac{B^2\upsilon \cdot L^2}{\rho\sqrt{3}}}$

Ответ: $\boxed{Q = \dfrac{B^2\upsilon L^2}{\rho\sqrt{3}}}$.

Задача 6 (22 балла)

1. Пусть газ, который в конце процесса оказывается в сосуде, первоначально занимает объём V при давлении P. Тогда при вытеснении его в сосуд, окружающий газ совершает работу

   $A = PV = \dfrac{m}{\mu}RT_0$. Эта работа идёт на повышение внутренней энергии газа:

2. $\dfrac{m}{\mu}RT_0 = \dfrac{m}{\mu}c_V(T - T_o)$. Для одноатомного газа $c_V = \dfrac{3}{2}R$; следовательно,

   $T_0 = \dfrac{3}{2}(T - T_o)$ и $T = \dfrac{5}{3}T_o = \dfrac{5}{3}300 = 500K$

3. Пусть в смеси ν молей аргона и $x \cdot \nu$ молей неона. То есть число молей газа в смеси равно $\nu + x \cdot \nu$.
4. Масса смеси $m = \mu_{Ar}\nu + \mu_{Ne}x \cdot \nu$
5. Уравнение Менделеева-Клайперона принимает вид $PV = \nu(1+x)RT$.

   Объём смеси $V = \dfrac{\nu\ (1+x)RT}{P}$ и плотность $\rho = \dfrac{m}{V} = \dfrac{\mu_{Ar}\nu + \mu_{Ne}x\nu}{\nu(1+x)}\dfrac{P}{RT}$.

6. Перепишем уравнение в виде $\dfrac{\mu_{Ar} + \mu_{Ne}x}{1+x} = \dfrac{\rho \cdot RT}{P}$

7. Подставив числовые значения, получим $\dfrac{(40 + x20)\cdot 10^{-3}}{1+x} = \dfrac{1{,}0 \cdot 8{,}31 \cdot 300}{10^5} = 24{,}93 \cdot 10^{-3}$.

Тогда $\frac{2+x}{1+x} = \frac{24{,}93}{20} = 1{,}25$; $x = 3$.

Итак, в смеси один моль аргона и три моля неона. На долю атомов аргона приходится 0,25 от всей внутренней энергии газа в сосуде.

Ответ: В смеси один моль аргона и три моля неона. На долю атомов аргона приходится 0,25 от всей внутренней энергии газа в сосуде.

Решение варианта № 9

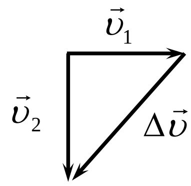
Задача 1 (10 баллов)

1. Период решётки $d = \frac{\ell}{n} = \frac{10^{-3}}{200} = 0{,}5 \cdot 10^{-5}\,м$
2. $d\sin\varphi = \pm k\lambda$ При $\varphi = \frac{\pi}{2}$, $\sin\varphi = 1$ и $k = \frac{d}{\lambda} = \frac{5\cdot 10^{-6}}{0{,}6\cdot 10^{-6}} = 8{,}3$.
3. $k_{\max} = 8$ и число главных максимумов интенсивности, которое даёт эта решётка $N = 2k_{\max} + 1 = 2\cdot 8 + 1 = 17$.

Ответ: $\boxed{N = 2k_{\max} + 1 = 17}$.

Задача 2 (12 баллов)

По второму закону Ньютона $\frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t} = \vec{F}$; $\frac{\Delta m}{\Delta t}\Delta\vec{\upsilon} = \vec{F}$ (1),



где $\Delta m = \rho\upsilon S\Delta t$ - масса жидкости, протекающей через сечение трубы за время Δt. Из рисунка видно, что $\Delta\upsilon = \upsilon\sqrt{2}$. Подставляя полученное выражение в (1), найдём $F = \frac{\rho\upsilon S\Delta t\upsilon\sqrt{2}}{\Delta t} = \rho\upsilon^2 S\sqrt{2}$.

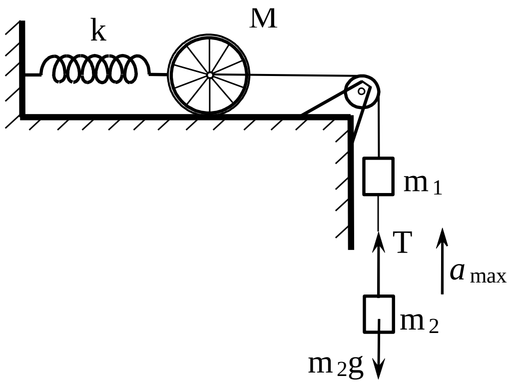
Зная расход жидкости Q, можно найти скорость течения жидкости в трубе $\upsilon = \frac{Q}{S}$.

Окончательно получим $F = \rho\frac{Q^2}{S^2}S\sqrt{2} = \rho\frac{Q^2}{S}\sqrt{2}$.

Подставляя числовые значения, получим $F = \frac{0{,}9\cdot 10^3\left(10\cdot 10^{-3}\right)^2}{50\cdot 10^{-4}}\sqrt{2} = 25\ \ H$.

Ответ: $\boxed{F = \frac{\rho Q^2\sqrt{2}}{S} = 25\ \ H}$.

Задача 3 (12 баллов)



1) Уравнение 2-го закона Ньютона для момента времени, когда груз находится в нижнем положении; при этом сила натяжения нити максимальная: $m_2 a = T - m_2 g$, откуда находим максимальное ускорение груза m_2 $a = \frac{T}{m_2} - g$ (1)

2) Так как при колебательном движении груза m_2 ускорение $a = A\cdot\omega^2$, (2) где амплитуда

$A = \frac{(m_1 + m_2)g}{k}$, (3)

а $\omega^2 = \frac{k}{m_1 + m_2 + 2M}$, (4) где k - коэффициент упругости пружины, M– масса колеса.

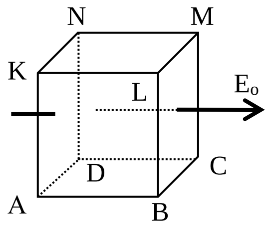
Тогда, подставив (1), (3) и (4) в (2), получим $\dfrac{T}{m_2} - g = \dfrac{(m_1+m_2)g}{m_1+m_2+2M}$.

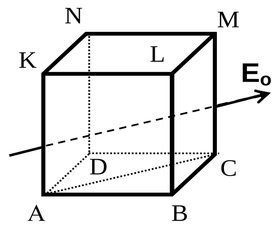
Из последнего равенства найдём массу обруча $M = \dfrac{(m_1+m_2)}{2}\cdot\left(\dfrac{m_2 g}{T - m_2 g} - 1\right)$.

Подставляя числовые значения, получим $M = \dfrac{(10+5)}{2}\cdot\left(\dfrac{5\cdot 10}{80 - 5\cdot 10} - 1\right) = 5\ \text{кг}$

Ответ: $\boxed{M = 5\ \text{кг}}$.

Задача 4 (12 баллов)





Используя принципы суперпозиции и симметрии, получим модуль плотности зарядов в середине боковой грани ADNK $\sigma_1 = \dfrac{\sigma_o}{\sqrt{2}}$

и в середине верхней грани KLMN, $\sigma_2 = 0$.

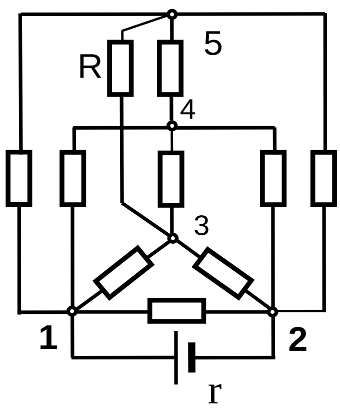
Ответ: $\boxed{\sigma_1 = \dfrac{\sigma_o}{\sqrt{2}};\ \sigma_2 = 0.}$

Задача 5 (12 баллов)

Общее внешнее сопротивление цепи

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{r} + 3\frac{1}{2r} = \frac{1}{r} + \frac{3}{2r} = \frac{1}{r}\left(\frac{2+3}{2}\right) = \frac{5}{2r}$$

$$\frac{1}{R} == \frac{1}{r} + \frac{(n-2)}{2r} = \frac{1}{r}\left(\frac{2+(n-2)}{2}\right) = \frac{1}{r} + \frac{2+n-2}{2} = \frac{n}{2r}$$



Отсюда $R = \dfrac{2r}{n}$;

Мощность, выделяемая во внешней цепи $N = I^2 R$.

Ток в цепи $I = \dfrac{E}{r+R}$, тогда

Искомая мощность $N = \left(\dfrac{E}{r+R}\right)^2 R = \dfrac{E^2}{\left(r + \dfrac{2r}{n}\right)^2}\cdot\dfrac{2r}{n} = \dfrac{E^2 n^2}{(rn+2r)^2}\cdot\dfrac{2r}{n} = \dfrac{E^2 n\cdot 2r}{r^2(n+2)^2} = \dfrac{2E^2 n}{r(n+2)^2}$

Подставляя числовые значения, получим

$$N = \frac{2E^2 n}{r(n+2)^2} = \frac{2\cdot 5E^2}{(5+2)\cdot r} = \frac{10\cdot 10^2}{49\cdot 2} = 20{,}4\ \text{Вт}\ .$$

Ответ: $\boxed{N = \dfrac{2E^2 n}{r(n+2)} = 20{,}4\ \text{Вт}}$.

Задача 6 (22 балла)

1). Пусть газ, который в конце процесса оказывается в сосуде, первоначально занимает объём V при давлении P. Тогда при вытеснении его в сосуд, окружающий газ совершает работу

$A = PV = \frac{m}{\mu} RT_0$. Эта работа идёт на повышение внутренней энергии газа:

2) $\frac{m}{\mu} RT_0 = \frac{m}{\mu} c_V (T - T_o)$. Для одноатомного газа $c_V = \frac{3}{2} R$; следовательно,

$T_0 = \frac{3}{2}(T - T_o)$ и $T = \frac{5}{3} T_o = \frac{5}{3} 300 = 500K$

3). Пусть в смеси ν молей аргона и $x \cdot \nu$ молей неона. То есть число молей газа в смеси равно $\nu + x \cdot \nu$.

4). Масса смеси $m = \mu_{Ar} \nu + \mu_{Ne} x \cdot \nu$

5). Уравнение Менделеева-Клайперона принимает вид $PV = \nu(1 + x)RT$.

Объём смеси $V = \frac{\nu\ (1 + x)RT}{P}$ и плотность $\rho = \frac{m}{V} = \frac{\mu_{Ar} \nu + \mu_{Ne} x \nu}{\nu(1 + x)} \frac{P}{RT}$.

6). Перепишем уравнение в виде $\frac{\mu_{Ar} + \mu_{Ne} x}{1 + x} = \frac{\rho \cdot RT}{P}$

7). Подставив числовые значения, получим $\frac{(40 + x20) \cdot 10^{-3}}{1 + x} = \frac{1{,}0 \cdot 8{,}31 \cdot 300}{10^5} = 24{,}93 \cdot 10^{-3}$.

Разделим на 20 и на 10^{-3}, получим $\frac{2 + x}{1 + x} = \frac{24{,}93}{20} = 1{,}25$; $2 + x = 1{,}25 + 1{,}25x$; $0{,}25x = 0{,}75$; $x = 3$.

Итак, в смеси один моль аргона и три моля неона. На долю атомов аргона приходится 0,25 от всей внутренней энергии газа в сосуде.

Ответ: В смеси один моль аргона и три моля неона. На долю атомов аргона приходится 0,25 от всей внутренней энергии газа в сосуде.

Заключительный (очный) этап академического соревнования
Олимпиады школьников «Шаг в будущее»
по общеобразовательному предмету «физика», весна 2020 г.

11 класс

Ситуационная задача

Вариант 1

Известный физик-теоретик Фримен Дайсон предложил стратегию решения энергетических проблем землян в будущем. Суть ее заключается в том, что достаточно развитая в технологическом отношении цивилизация способна использовать излучение собственного центрального светила, окружив его тонкой оболочкой, радиусом порядка радиусов планетарных орбит. Допустим, цивилизация планеты Плюк, обитающая вокруг звезды Цза массой $M = 2 \cdot 10^{30}$ кг, мощностью $N = 4 \cdot 10^{26}$ Вт (находится на Главной последовательности, диаграммы Герцшпрунга—Рассела, параметры, близки к характеристикам Солнца) соорудила сферу Дайсона, радиусом $r = 2 \cdot 10^{11}$ м, поглощающую $a = 30\%$ энергии звезды и пропускающую остальные $t = 70\%$.
Оцените массу сферы m и ее толщину h, при которых гравитационное притяжение звезды, будет компенсироваться оказываемым звездой световым давлением? Для сравнения масса Земли $M_З = 6 \cdot 10^{24}$ кг, масса Луны $M_Л = 7 \cdot 10^{22}$ кг. Считать, что объемная плотность материала сферы имеет порядок плотности воды $\rho_в$.

Решение

1. Давление света интенсивностью I

$$p = \frac{aI}{c}$$

Выражая интенсивность через мощность Цзы, имеем:

$$p = \frac{aN}{4\pi c r^2},$$

где r — расстояние от звезды до поверхности сферы. Сила гравитации Цзы, действующая на малый участок поверхности,

$$\delta F = G\frac{M\sigma\delta S}{r^2}.$$

Тогда гравитационное давление

$$p_г = G\frac{M\sigma}{r^2}.$$

Приравнивая давления, определяем поверхностную плотность Сферы Дайсона

$$\sigma = \frac{aN}{4\pi c G M},$$

Считаем

$$\sigma = \frac{0{,}3 \cdot 4 \cdot 10^{26}\ \text{Вт}}{4 \cdot 3{,}14 \cdot 3 \cdot 10^{8}\,\frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 6{,}67 \cdot 10^{-11}\,\frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2} \cdot 2 \cdot 10^{30}\ \text{кг},} = 0{,}2\,\frac{\text{г}}{\text{м}^2}.$$

Масса сферы

$$m = \sigma \cdot 4\pi r^2 = 2 \cdot 10^{-4}\,\frac{\text{кг}}{\text{м}^2} \cdot 4 \cdot 3{,}14 \cdot (2 \cdot 10^{11}\ \text{м})^2 \approx 10^{20}\ \text{кг} \ll M_Л.$$

Толщина сферы

$$h = \frac{\sigma}{\rho_в} \approx \frac{2 \cdot 10^{-4}\frac{\text{кг}}{\text{м}^2}}{10^3\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} = 200\ \text{нм}.$$

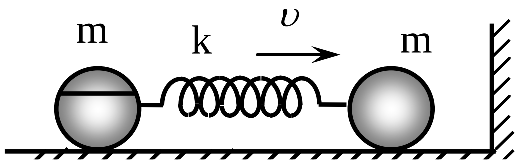
Решение варианта № 11

Задача 1 (10 баллов)

$d\sin\varphi = 3\lambda_X$; $d\sin\varphi = 2\cdot 6{,}7\cdot 10^{-5}$; $3\lambda_X = 2\cdot 6{,}7\cdot 10^{-10}$; $\lambda_X = \frac{2}{3}\cdot 6{,}7\cdot 10^{-10} = 0{,}43\cdot 10^{-5}$

Ответ: - $\boxed{\lambda_X = 4470\,\overset{o}{A} - \textit{синяя линия спектра гелия}}$.

Задача 2 (12 баллов)



Максимальное ускорение разрезанного шара

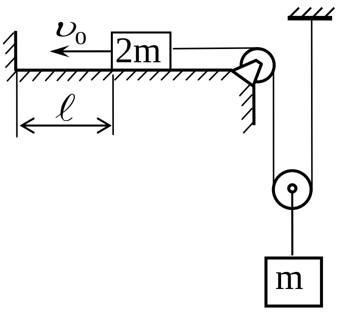
$a_{\max} = \upsilon\omega = \upsilon\sqrt{\frac{2k}{m}}$.

Условие отсутствия проскальзывания

$\mu_{\min} g = a_{\max}$. Или $\mu_{\min} g = \upsilon\sqrt{\frac{2k}{m}}$, откуда $\upsilon = \mu g\sqrt{\frac{m}{2k}} = 0{,}6\cdot 10\sqrt{\frac{8}{2\cdot 100}} = \frac{0{,}6\cdot 10\cdot 2}{10} = 1{,}2\,\frac{м}{c}$.

Ответ: $\boxed{\upsilon = \mu g\sqrt{\frac{m}{2k}} = 1{,}2\,\frac{м}{c}}$.

Задача 3 (12 баллов)



$$\frac{2m\upsilon_0^{\,2}}{2} + \frac{m}{2}\left(\frac{\upsilon_0}{2}\right)^2 = \frac{2m\upsilon^2}{2} + \frac{m}{2}\left(\frac{\upsilon}{2}\right)^2 + mg\,\frac{\ell}{2}\,, \quad (1)$$

где υ - скорость груза массы m в момент удара о стенку.

Из (1) находим $\upsilon^2 = \upsilon_0^{\,2} - \frac{4}{9}g\ell$. (2)

$$h_1 = \frac{\upsilon_0^{\,2}}{8g} - \frac{\ell}{18} \quad (3)$$

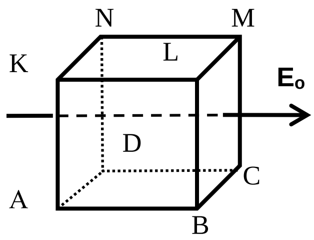
Высота подъёма груза $H = \frac{\ell}{2} + h_1 = \frac{\upsilon_0^{\,2}}{8g} + \frac{4}{9}\ell$.

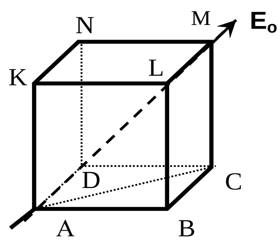
Ответ: $\boxed{H = \frac{\upsilon_0^{\,2}}{8g} + \frac{4}{9}\ell}$.

Задача 4 (12 баллов)

Используя принципы суперпозиции и симметрии, получим:
модуль плотности зарядов в середине передней грани ABLK $\sigma_1 = \frac{\sigma_o}{\sqrt{3}}$ и

в середине верхней грани LMNK, $\boxed{\sigma_2 = \frac{\sigma_o}{\sqrt{3}}}$.





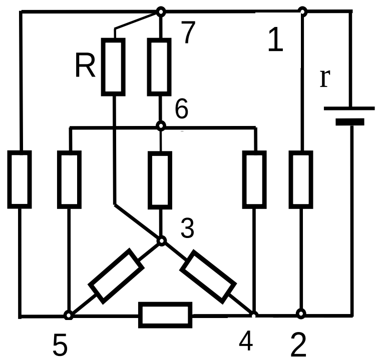
Ответ: $\boxed{\sigma_1 = -\frac{\sigma_o}{\sqrt{3}}}$, $\boxed{\sigma_2 = \frac{\sigma_o}{\sqrt{3}}}$.

Задача 5 (12 баллов)

Общее внешнее сопротивление цепи

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{r} + 3\frac{1}{2r} = \frac{1}{r} + \frac{3}{2r} = \frac{1}{r}\left(\frac{2+3}{2}\right) = \frac{5}{2r}.$$

$$\frac{1}{R} == \frac{1}{r} + \frac{(n-2)}{2r} = \frac{1}{r}\left(\frac{2+(n-2)}{2}\right) = \frac{1}{r} + \frac{2+n-2}{2} = \frac{n}{2r}.$$



Отсюда $R = \frac{2r}{n}$;

Мощность, выделяемая во внешней цепи $N = I^2 R$.

Ток в цепи $I = \frac{E}{r+R}$, тогда

Искомая мощность $N = \left(\frac{E}{r+R}\right)^2 R = \frac{E^2}{\left(r+\frac{2r}{n}\right)^2} \cdot \frac{2r}{n} = \frac{E^2 n^2}{(rn+2r)^2} \cdot \frac{2r}{n} = \frac{E^2 n \cdot 2r}{r^2(n+2)^2} = \frac{2E^2 n}{r(n+2)^2}$

Подставляя числовые значения, получим

$$N = \frac{2E^2 n}{r(n+2)^2} = \frac{10E^2}{49 \cdot r} = \frac{10 \cdot 12^2}{49 \cdot 2} = 14{,}7 Вт$$

Ответ: $\boxed{N = \frac{2E^2 n}{r(n+2)} = 14{,}7 Вт}$.

Задача 6 (22 балла)

6. Пусть газ, который в конце процесса оказывается в сосуде, первоначально занимает объём V при давлении P. Тогда при вытеснении его в сосуд, окружающий газ совершает работу

$A = PV = \frac{m}{\mu} R T_0$. Эта работа идёт на повышение внутренней энергии газа:

7. $\frac{m}{\mu} R T_0 = \frac{m}{\mu} c_V (T - T_o)$. Для одноатомного газа $c_V = \frac{3}{2} R$; следовательно,

$T_0 = \frac{3}{2}(T - T_o)$ и $T = \frac{5}{3} T_o = \frac{5}{3} 300 = 500K$

8. Пусть в смеси ν молей неона и $x \cdot \nu$ молей гелия. То есть число молей равно $\nu + x \cdot \nu$.
9. Масса смеси $m = \mu_{Ne}\nu + \mu_{He}x \cdot \nu$
10. Объём газа $V = \dfrac{(\nu + x \cdot \nu)RT}{P}$ и плотность $\rho = \dfrac{m}{V} = \dfrac{\mu_{Ne} + \mu_{He}x}{1+x}\dfrac{P}{RT}$ и тогда
11. $\dfrac{\mu_{Ne} + \mu_{He}x}{1+x} = \dfrac{\rho \cdot RT}{P}$

Подставив числовые значения, получим $\dfrac{(20 + x4) \cdot 10^{-3}}{1+x} = \dfrac{0{,}96 \cdot 8{,}31 \cdot 300}{3 \cdot 10^{5}}$.

Разделим на 4 и на 10^{-3}, получим $\dfrac{5+x}{1+x} = \dfrac{0{,}96 \cdot 8{,}31 \cdot 3}{4 \cdot 3} = 1{,}99 \approx 2$; $5 + x = 2 + 2x$; $x = 3$.

В смеси один моль неона и три моля гелия. На долю атомов неона приходится 0,25 от внутренней энергии газа в сосуде.

Ответ: В смеси один моль неона и три моля гелия. На долю атомов неона приходится 0,25 от внутренней энергии газа в сосуде.

Заключительный (очный) этап академического соревнования
Олимпиады школьников «Шаг в будущее»
по общеобразовательному предмету «физика», весна 2020 г.

11 класс

Ситуационная задача

Вариант 5

Для проведения монтажных или ремонтных работ в космосе, например, на космической станции применяется различный инструмент, в том числе «неотскакивающий» молоток, ударная часть которого состоит из полого корпуса цилиндрической формы и свободно перемещающегося внутри него груза в виде свинцовой дроби, обеспечивающего гашение отскока.

Определите необходимую массу пустой ударной части молотка, если скорость до удара равна 3 м/с, масса груза 680 г, а коэффициент восстановления при ударе (отношение модулей скорости ударной части молотка без груза до и после удара) k=0,8. Удар груза о внутреннюю поверхность молотка считать абсолютно неупругим. Определите длину свободного пробега груза внутри ударной части, если геометрическая величина отскока головы молотка не должна превышать 20 мм.

Решение:

Импульс движущегося молотка складывается из импульсов головы молотка (корпуса ударной части) и груза, имеющих к моменту удара равные скорости:

$$P_{\Sigma 1} = (M_{\text{М}} + M_{\text{Г}})V_1.$$

Реальный удар характеризуется потерей части энергии и импульса головы молотка (груз пока находится в свободном полете внутри молотка) на совершение работы. Коэффициент восстановления равен

$$k = V_{M2}/V_{M1},$$

где V_{M2} и V_{M1} – модули скорости головы молотка после и до удара.

Таким образом, после удара импульс головы (с учетом направления движения) равен

$$P_{M2} = -V_{M2}M_M = -kV_1M_M.$$

Закон сохранения импульса после отскока головы молотка

$$-kV_1\, M_M + M_{\text{Г}}V_1 = 0,$$

Удар абсолютно неупругий.

Откуда масса пустой ударной части молотка равна

$$M_M = \frac{M_{\text{Г}}V_1}{kV_1} = \frac{M_{\text{Г}}}{k} = 0{,}85 \text{ кг}.$$

После удара голова и груз движутся навстречу друг другу со скоростями V_2 и V_1 соответственно. Дистанция, которую должна пройти голова до встречи с грузом равна дистанции отскока $x_{\text{М}}$. Найдем время обратного движения головы до встречи с грузом:

$$t = \frac{x_M}{V_{M2}} = \frac{x_M}{V_1 k} = 0{,}0083 c.$$

За это время груз пройдет расстояние:

$$x_{\text{Г}} = tV_1 = 0{,}025 \text{ м}.$$