ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП АКАДЕМИЧЕСКОГО СОРЕВНОВАНИЯ ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ «ШАГ В БУДУЩЕЕ» ПО ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОМУ ПРЕДМЕТУ «ФИЗИКА»

РЕШЕНИЕ ТИПОВОГО ВАРИАНТА

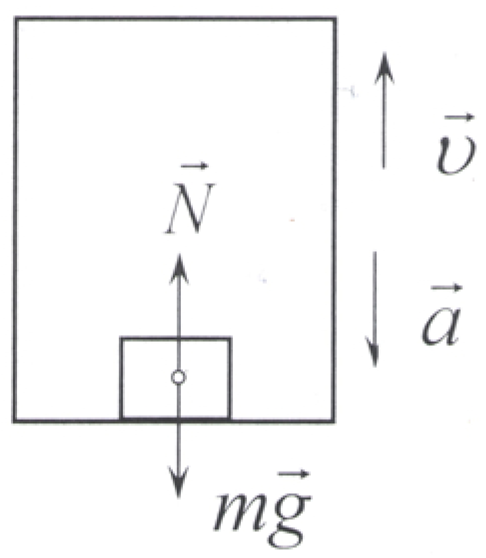
ЗАДАЧА 1. (8 баллов)

Ответ: $\boxed{\upsilon_o = \dfrac{g(t_1 + t_2)}{2\sin\alpha} = 39{,}2 \ \ м/с}$

$h = \upsilon_o \sin\alpha t_1 - \dfrac{g t_1^2}{2}$; $\quad h = \upsilon_o \sin\alpha t_2 - \dfrac{g t_2^2}{2}$, $\quad$ отсюда $\quad \upsilon_o \sin\alpha (t_2 - t_1) = \dfrac{g(t_2^2 - t_1^2)}{2}$;

$$\upsilon_o = \frac{g(t_1 + t_2)}{2\sin\alpha} = 39{,}2 \ \ м/с$$

ЗАДАЧА 2. (8 баллов)

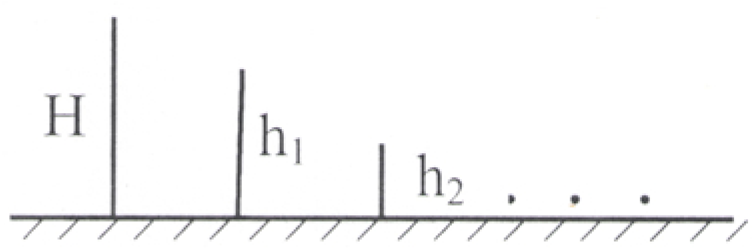


Ответ: $\boxed{N = m(g - a) = 900H}$.

$mg - N = ma$; $\quad N = m(g - a)$; $\quad N = 900H$.

ЗАДАЧА 3. (10 баллов)

Ответ: $\boxed{S = H\dfrac{n^2 + 1}{n^2 - 1} = 1{,}67H}$.



$\upsilon_1 = \dfrac{\upsilon_o}{n}$, $\ \upsilon_2 = \dfrac{\upsilon_1}{n} = \dfrac{\upsilon_o}{n^2}$, $\quad$ где $n = 2$. $\quad h = \dfrac{\upsilon_1^2}{2g} = \dfrac{H^2}{n^2}$.

$h_2 = \dfrac{\upsilon_2^2}{2g} = \dfrac{H^2}{n^4}$;

$$S = H + 2(h_1 + h_2 + ...) = H + \frac{2H}{n^2}\left(1 + \frac{1}{n^2} + \frac{1}{n^4} + .. + \right)$$

$\sum = \dfrac{1}{1 - \dfrac{1}{n^2}} = \dfrac{n^2}{n^2 - 1}$; $\quad S = H + \dfrac{2H}{n^2 - 1}$; $\quad S = H\dfrac{n^2 + 1}{n^2 - 1}$; $\quad S = \dfrac{5}{3}H = 1{,}67H$.

ЗАДАЧА 4. (10 баллов)

Ответ: $\boxed{\dfrac{T_2}{T_1} = \sqrt{\dfrac{p_2}{p_1}} = \sqrt{2} = 1{,}4}$

$p_1 V_1^2 = p_2 V_2^2$, $\quad$ отсюда $\quad \dfrac{(p_1 V_1)^2}{p_1} = \dfrac{(p_2 V_2)^2}{p_2}$. $\quad$ Т.к. $\quad pV = \nu RT$, $\quad$ то $\quad \dfrac{p_2}{p_1} = \left(\dfrac{T_2}{T_1}\right)^2$;

$$\frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{p_2}{p_1}} = \sqrt{2} = 1{,}4.$$

ЗАДАЧА 5. (10 баллов)

Ответ: $\boxed{\ell = R\sqrt{n^2 - 1} = 5{,}6 \cdot 10^{-2}\ м}$.

$\varphi_{(M)} = \sum \dfrac{\Delta q_i}{4\pi\varepsilon_o \rho} = \dfrac{q}{4\pi\varepsilon_o \sqrt{R^2 + \ell^2}}$; $\quad n == \dfrac{\varphi_{(O)}}{\varphi_{(M)}} = \dfrac{\sqrt{R^2 + \ell^2}}{R}$;

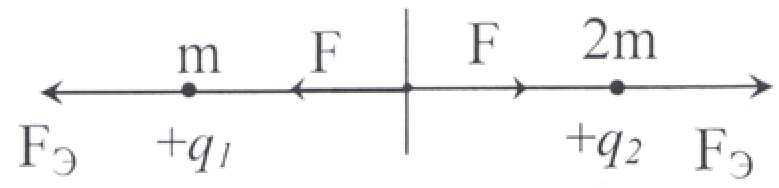
откуда $\quad \ell = R\sqrt{n^2 - 1}$.

Для $n = 1{,}5 \quad \ell = 1{,}12R = 5{,}6 \cdot 10^{-2}\ м$.

З А Д А Ч А 6. (10 баллов)

Ответ: $\boxed{\upsilon_1 = 2\sqrt{\dfrac{F\cdot L}{3m}}}$.

$F = F_Э = \dfrac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon_o L^2}$; $W_n = \dfrac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon_o L}$. Отсюда $W_n = F\cdot L$.



Для максимальных значений скоростей запишем:

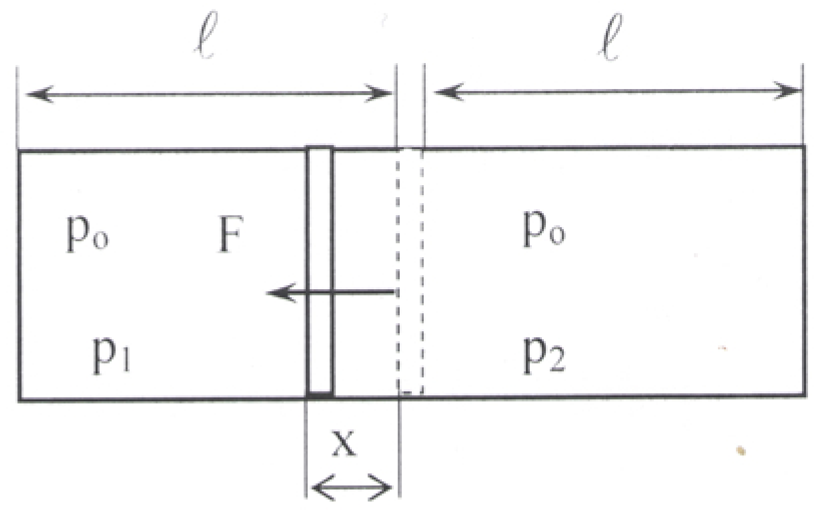
закон сохранения энергии: $\dfrac{m\upsilon_1^2}{2} + \dfrac{2m\upsilon_2^2}{2} = F\cdot L$;

закон сохранения импульса : $m\upsilon_1 = 2m\upsilon_2$; откуда $\upsilon_2 = \dfrac{\upsilon_1}{2}$. Тогда $\dfrac{m\upsilon_1^2}{2} + m\left(\dfrac{\upsilon_1}{2}\right)^2 = F\cdot L$, откуда

$$\upsilon_1 = \sqrt{\frac{4F\cdot L}{3m}} = 2\sqrt{\frac{F\cdot L}{3m}}$$

З А Д А Ч А 7. (10 баллов)

Ответ: $\boxed{m = \dfrac{p_o S T^2}{\pi^2 L}}$.



Так как $T = const$, то $p_1(\ell + x) = p_o\ell$; $p_2(\ell - x) = p_o\ell$;

$$p_1 = \frac{p_o\ell}{\ell + x}; \qquad p_2 = \frac{p_o\ell}{\ell - x}.$$

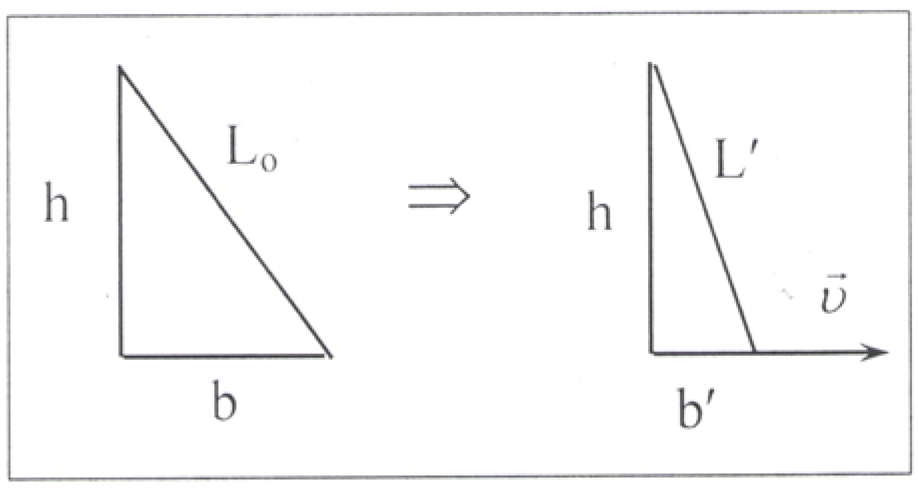
$$F_x = -(p_2 - p_1)S = -p_o\ell S\left(\frac{1}{\ell - x} - \frac{1}{\ell + x}\right) = -p_o\ell S\,\frac{2x}{\ell^2 - x^2}$$

Для $x << \ell$, $F_x = -p_o\ell S\cdot\dfrac{2x}{\ell^2} = -\dfrac{4p_oS}{L}x = -kx$. Для колебаний $a_x = -\omega^2 x$. Поэтому

$\dfrac{F_x}{m} = -\omega^2 x$ или $\dfrac{k}{m} = \omega^2$, $T = \dfrac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\dfrac{m}{k}} = 2\pi\sqrt{\dfrac{mL}{4p_oS}}$. Откуда $m = \dfrac{p_o S T^2}{\pi^2 L}$.

З А Д А Ч А 8. (10 баллов)

Ответ: $\boxed{L' = L_O\sqrt{1 - \cos^2\alpha\left(\dfrac{\upsilon}{c}\right)^2} = 0{,}9\,м}$.



$h = L_o\sin\alpha$; $b = L_o\cos\alpha$, $b' = b\sqrt{1 - \left(\dfrac{\upsilon}{c}\right)^2}$

$$L' = \sqrt{h^2 + (b')^2} = \sqrt{L_O^2\sin^2\alpha + L_O^2\cos^2\alpha\left[1 - \left(\frac{\upsilon}{c}\right)^2\right]};$$

$$L' = L_O\sqrt{1 - \cos^2\alpha\left(\frac{\upsilon}{c}\right)^2}; \quad L' = L_O\sqrt{\frac{13}{16}} = 0{,}9L_O = 0{,}9\,м.$$

З А Д А Ч А 9. (12 баллов)

Ответ: $E = E_K + E_П = -\dfrac{1}{8\pi\varepsilon_O}\dfrac{e^2}{r_1} = -2{,}17\cdot 10^{-18}$ Дж.

Условие вращения электрона : $\dfrac{m\upsilon_1^2}{r_1} = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_O}\dfrac{e^2}{r_1^2}$.

Кинетическая энергия электрона $E_K = \frac{m\upsilon_1^2}{2} = \frac{1}{8\pi\varepsilon_O}\frac{e^2}{r_1}$.

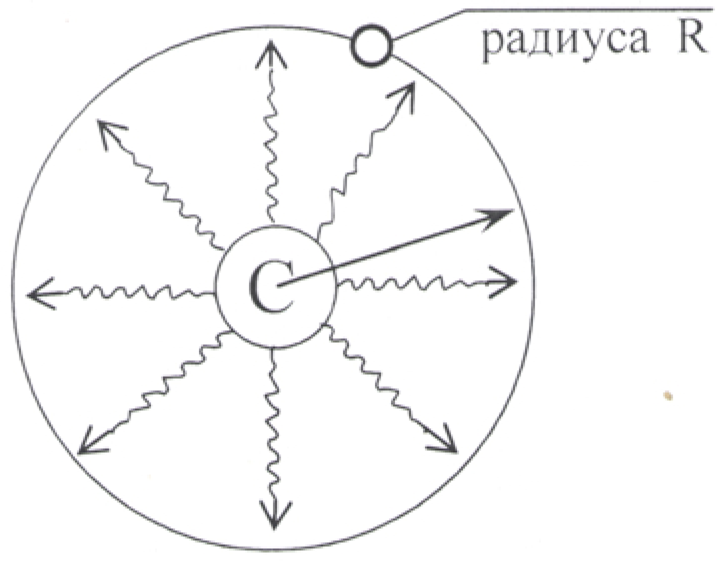
Потенциальная энергия электрона $E_П = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_O}\frac{q_1 \cdot q_2}{r_1}$.

Полная энергия электрона $E = E_K + E_П = -\frac{1}{8\pi\varepsilon_O}\frac{e^2}{r_1}$. $E = -2{,}17 \cdot 10^{-18}$ *Дж* $= -13{,}6$ *эВ*

Замечание. Если известна формула $m\upsilon_1 r_1 = \hbar$, то $\upsilon_1 = \frac{\hbar}{mr_1}$ и кинетическую энергию электрона можно найти по формуле $E_K = \frac{\hbar^2}{2mr_1^2} = 2{,}17 \cdot 10^{-18}$ *Дж*.

ЗАДАЧА 10. (12 баллов)

Ответ: $\boxed{R = \frac{3W}{16\pi Gc\rho M} = 6 \cdot 10^{-7}\ м}$.



Радиус частицы равен R. Для излучения её эффективная площадь $S = \pi R^2$. Поэтому мощность излучения, падающего на частицу, равна $W_O = W\frac{\pi R^2}{4\pi \cdot r^2} = W\frac{R^2}{4r^2}$. Пусть N_ν -число фотонов частоты ν, падающих на частицу за единицу времени. Тогда $W_{O\nu} = N_\nu h\nu$, а сила светового давления $F_{C\nu} = N_\nu p_ф = N_\nu\frac{h\nu}{c} = \frac{W_O\nu}{c}$.

Для излучения всех частот $F_C = \frac{W_O}{c}$, ($c = 3 \cdot 10^8\ \frac{м}{c}$).

Сила гравитационного притяжения $F_{ГР} = G\frac{mM}{r^2}$. По условию задачи $F_C = F_{ГР}$, т.е.

$W\frac{R^2}{4r^2c} = G\frac{mM}{r^2}$. Так как для частицы $m = \rho\frac{4}{3}\pi R^3$, то $\frac{W}{4c} = G\rho\frac{4}{3}\pi RM$, откуда

$R = \frac{3W}{16\pi Gc\rho M}$. $R = 6 \cdot 10^{-7}\ м = 0{,}6\ мкм$.