Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

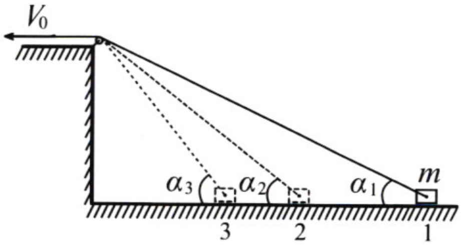
Класс 11

Вариант 11-06

Шифр

(заполняется секретарём)

1. Груз массой m подтягивается по гладкой горизонтальной поверхности к стене с помощью лебедки, неподвижного небольшого легкого блока и легкого троса (см. рис.). Трос вытягивается лебедкой с постоянной скоростью V_0. Груз последовательно проходит точки 1, 2 и 3, для которых $\sin\alpha_1 = \dfrac{1}{2}, \sin\alpha_2 = \dfrac{3}{4}, \sin\alpha_3 = \dfrac{4}{5}$. От точки 1 до точки 2 груз перемещается за время t_{12}.



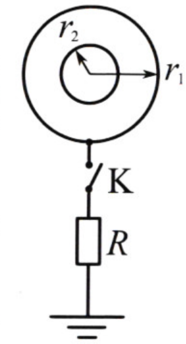
1) Найти скорость V_2 груза при прохождении точки 2.
2) Найти работу лебедки A_{23} при перемещении груза из точки 2 в точку 3.
3) Найти время t_{13} перемещения груза из точки 1 в точку 3.

2. Цилиндрический сосуд, стоящий на горизонтальном столике, помещен в термостат, в котором поддерживается постоянная температура T_0 =373 K. Стенки сосуда проводят тепло. Сосуд разделен на две части подвижным (нет трения при перемещении) поршнем. В нижней части находится воздух объемом V_1, в верхней - водяной пар и немного воды. Содержимое сосуда в равновесии. Поршень своим весом создает добавочное давление $P_0/6$, где P_0 – нормальное атмосферное давление. Сосуд переворачивают и ставят на столик, в верхней части оказывается воздух. Через некоторое время устанавливается новое равновесное состояние.

1) Найти объем V_2 воздуха в сосуде после переворачивания.
2) Найти изменение массы Δm воды.
3) Найти изменение внутренней энергии содержимого сосуда.

Удельная теплота испарения воды L, молярная масса воды μ. Массой воды, пара и воздуха по сравнению с массой поршня пренебречь. Объемом воды при конденсации пара можно пренебречь по сравнению с объемом пара, из которого образовалась вода. Воздух считать идеальным газом.

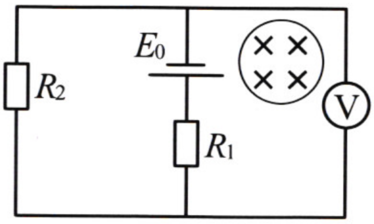
3. Два тонкостенных полых проводящих шара (тонкостенные сферы) с общим центром и радиусами r_1 и r_2 образуют сферический конденсатор (см. рис.). На внешнем шаре находится отрицательный заряд $-q$, где $q>0$, а на внутреннем шаре – положительный заряд Q. Внешний шар соединен с Землей через ключ К и резистор R. Ключ замыкают.



1) Найти заряд q_1 на внешнем шаре после замыкания ключа.
2) Найти энергию W_1 электрического поля в пространстве между шарами (сферами) до замыкания ключа.
3) Какое количество теплоты W выделится в резисторе R после замыкания ключа?

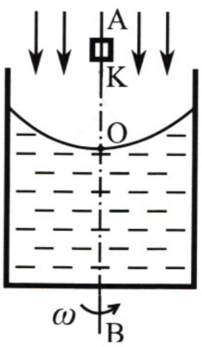
Сопротивление проводов, шаров и Земли не учитывать. Радиусы шаров значительно меньше расстояния между Землей и шарами.

4. В проволочную конструкцию впаяны резисторы с сопротивлениями $R_1 = R$, $R_2 = 3R$, идеальный источник с ЭДС E_0, вольтметр с сопротивлением $R_V = 4R$ (см. рис.). Сопротивление проводов конструкции пренебрежимо мало. Однородное магнитное поле сосредоточено практически в узкой области – магнитном сердечнике с площадью поперечного сечения S.



1) Найти показание V_1 вольтметра, если индукция магнитного поля остается постоянной.
2) Найти показание V_2 вольтметра, если индукция магнитного поля возрастает с постоянной скоростью $\Delta B / \Delta t = k > 0$.

5. Цилиндрический сосуд с жидкостью вращается с угловой скоростью ω = 2,5 с$^{-1}$ вокруг вертикальной оси АВ, совпадающей с осью симметрии сосуда (см. рис.). Наблюдатель, находясь вблизи экватора Земли, рассматривает в полдень изображение Солнца с помощью миниатюрной камеры К, расположенной на оси вращения.



1) Найти радиус кривизны свободной поверхности жидкости в её нижней точке О.
2) На каком расстоянии от точки О будет наблюдаться изображение Солнца, полученное в отраженных от свободной поверхности жидкости лучах?

Принять g = 10 м/с^2.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано:

$R_1 = R$

$R_2 = 3R$

E_0

$R_V = 4R$

$k = \frac{\Delta B}{\Delta t} > 0$

---

1) $V_1 - ?$

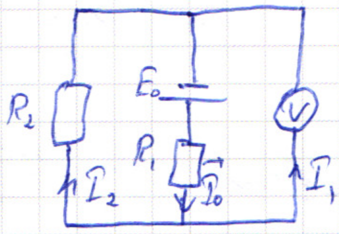
2) $V_2 - ?$

Решение: №4

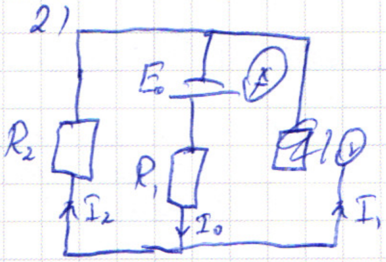
1) введем токи I_0, I_1 и I_2

$$\begin{cases} I_0 = I_1 + I_2 \\ E_0 = I_0 R_1 + I_1 R_V \\ I_1 R_V - I_2 R_2 = 0 \end{cases}$$

1)



2)



$$\begin{cases} I_0 = I_1 + I_2 \\ E_0 = I_0 R + 4 I_1 R \\ 4 I_1 = 3 I_2 \Rightarrow I_2 = \frac{4}{3} I_1 \end{cases}$$

$$I_0 = I_1 + \frac{4}{3} I_1 = \frac{7}{3} I_1$$

$$E_0 = \frac{7}{3} I_1 R + 4 I_1 R = \frac{12+7}{3} I_1 R = \frac{19}{3} I_1 R \Rightarrow$$

$$I_1 = \frac{3E_0}{19R}\cancel{R} ; \quad V_1 = R_V \cdot I_1 = 4R \cdot \frac{3E_0}{19R} = \frac{12E_0}{19}$$

2)

$$|\mathcal{E}_i| = \Phi' = (BS)' = \frac{dB}{dt} S = kS$$

$$\begin{cases} kS + E_0 = I_0 R_1 + R_V I_1 \\ E_0 = I_0 R_1 + I_2 R_2 \\ I_0 = I_1 + I_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} kS + E_0 = I_0 R + 4 I_1 R \\ E_0 = I_0 R + 3 I_2 R \Rightarrow I_0 = \frac{E_0}{R} - 3 I_2 \\ I_0 = I_1 + I_2 \end{cases}$$

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

$$\frac{E_0}{R} - 3I_2 = I_1 + I_2 \Rightarrow I_2 = \frac{E_0}{4R} - \frac{I_1}{4}$$

$$kS + E_0 = R\left(\frac{E_0}{R} - 3I_2\right) + 4RI_1 = E_0 - 3I_2R + 4I_1R$$

$$kS = 4I_1R - 3R\left(\frac{E_0}{4R} - \frac{I_1}{4}\right) = 4I_1R - \frac{3}{4}E_0 + \frac{3}{4}I_1R$$

$$kS + \frac{3}{4}E_0 = \frac{19}{4}I_1R \Rightarrow I_1 = \frac{4kS + 3E_0}{19R}$$

$$V_2 = R_V I_1 = \frac{16kS + 12E_0}{19}$$

Ответ: 1) $V_1 = \frac{12E_0}{19}$; 2) $V_2 = \frac{16kS + 12E_0}{19}$

№2

Дано:

$T_0 = 373K$

V_1

P_0

$\frac{P_0}{6}$

L

μ

1) V_2 -?

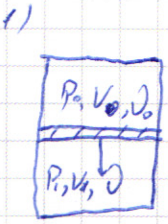
2) Δm -?

3) ΔU -?

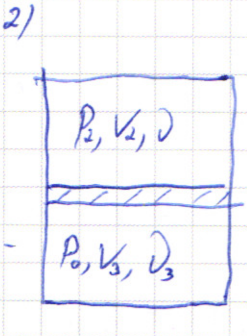
Решение:

1)

т.к. водяной пар и вода, то пар насыщен и его давление P_0



$$P_1 = P_0 + \frac{P_0}{6} = \frac{7P_0}{6}$$ - давление воздуха



$$\begin{cases} P_1V_1 = \nu RT_0 \\ P_2V_2 = \nu RT_0 \end{cases}$$

при переворачивании часть пара сконденсируется и он снова будет насыщенным, т.е. PEP_0 с давлением P_0

$$P_2 + \frac{P_0}{6} = P_0 \Rightarrow P_2 = \frac{5P_0}{6}$$

$$\frac{7P_0}{6}V_1 = \frac{5P_0}{6}V_2 \Rightarrow V_2 = \frac{7}{5}V_1$$

2)

$$\begin{cases} P_0(V - V_1) = \frac{m_0}{\mu}RT_0 \\ P_0(V - V_2) = \frac{m}{\mu}RT_0 \end{cases}$$, V - объём всего сосуда

$m - m_0 = \Delta m_п$ - изменение массы пара

$\Delta m_п = -\Delta m$

$$P_0(V-V_2)-P_0(V-V_1)=\frac{\Delta m_n}{\mu}RT_0$$

$$P_0(V_1-V_2)=P_0(V_1-\frac{7}{5}V_1)=-\frac{2}{5}P_0V_1$$

$$\Delta m_n=\frac{-2\mu P_0V_1}{5RT_0}$$

$$\Delta m=\frac{2\mu P_0V_1}{5RT_0}$$

3)

Δm пара сконденсировалось, из-за чего выделилась энергия:

$$W=L\Delta m=\frac{2\mu P_0V_1L}{5RT_0}$$

Внутренняя энергия воздуха не изменилась, т.к. $T=const$ и $D=const$.

~~Внутренняя энергия пара ушла н~~

Значит $\Delta U=W=\frac{2\mu P_0V_1L}{5RT_0}$

Ответ: 1) $V_2=\frac{7}{5}V_1$; 2) $\Delta m=\frac{2\mu P_0V_1}{5RT_0}$; 3) $\Delta U=\frac{2\mu P_0V_1L}{5RT_0}$

№3

Дано:

r_1
r_2
$-q,\ q>0$
Q
R

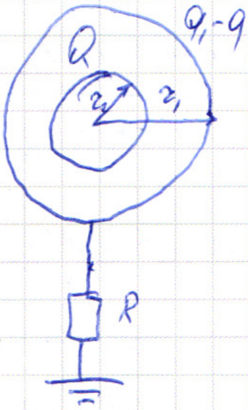
1) q_1 - ?
2) W_1 - ?
3) W - ?

Решение:

1) После замыкания потенциал в центре равен нулю:

$$\frac{k(q_1-q)}{r_1}+\frac{kQ}{r_2}=0$$

$$q_1=q-\frac{Qr_1}{r_2}$$



2) Представим эту систему как конденсатор. Найдем емкость сферического конденсатора, разбив его на множество последовательно соединенных „почти плоских" конденсаторов

$$dC = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{dr} = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 4\pi r^2}{dr}$$

$$\frac{1}{C_{общ}} = \int\frac{1}{dC} = \int_{r_1}^{r_2}\frac{dr}{4\varepsilon\varepsilon_0\pi r^2} = -\frac{1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\cdot\frac{1}{r}\Big|_{r_2}^{r_1} = \frac{1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\left(\frac{1}{r_1}-\frac{1}{r_2}\right) =$$

$$= \frac{r_2 - r_1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r_1 r_2}$$

$$C_{общ} = \frac{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r_1 r_2}{r_2 - r_1}$$

$$W = \frac{CU^2}{2}$$

$$\varphi_1 = \frac{-kq}{r_1}$$

$$\varphi_2 = \frac{kQ}{r_2}$$

$$U = \varphi_2 - \varphi_1 = k\left(\frac{q}{r_1}+\frac{Q}{r_2}\right) = \frac{k(qr_2+Qr_1)}{r_1 r_2}$$

$$W_1 = \frac{4\pi\varepsilon_0 r_1 r_2}{2(r_2-r_1)}\cdot\frac{k^2(qr_2+Qr_1)^2}{(r_1r_2)^2} = \frac{4\pi\varepsilon_0 k^2(qr_2+Qr_1)^2}{2r_1r_2(r_2-r_1)} =$$

$$= \frac{2\pi\varepsilon_0 k^2(Qr_1+qr_2)^2}{r_1r_2(r_2-r_1)}$$

3) теперь $\varphi_1 = 0 \Rightarrow U = \varphi_2 = \frac{kQ}{r_2}$

$$W_2 = \frac{4\pi\varepsilon_0 r_1 r_2}{2(r_2-r_1)}\cdot\frac{k^2Q^2}{r_2^2} = \frac{\overset{2}{\cancel{4}}\pi\varepsilon_0 r_1 k^2 Q^2}{\cancel{2}r_2(r_2-r_1)}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$W = W_1 - W_2 = \frac{2\pi\varepsilon_0 k^2}{r_2(r_2-r_1)}\left(\frac{(Qr_1 + qr_2)^2}{r_1} - \frac{Q^2}{r}\right) =$$

~~$= \frac{2\pi\varepsilon_0 k^2}{r_2(r_2-r_1)}\left(Q^2 r_1^2 + 2Qq r_1 r_2\right.$~~

Ответ: 1) $q_1 = q - \frac{r_1 Q}{r_2}$; 2) $W_1 = \frac{2\pi\varepsilon_0 k^2 (Qr_1 + qr_2)^2}{r_1 r_2 (r_2 - r_1)}$;

3) $W = \frac{2\pi\varepsilon_0 k^2}{r_2(r_2-r_1}\cdot\left(\frac{(Qr_1+qr_2)^2}{r_1} - Q^2\right)$

№5

Дано:

$\omega = 2,5\ с^{-1}$

$g = 10\ м/с^2$

1) R - ?

2) d - ?

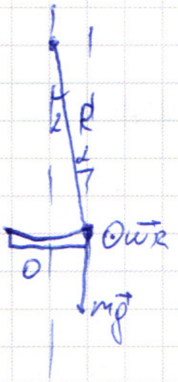
Решение:

1) вблизи точки О:

$\omega^2 R \cos\alpha = g$

$\cos\alpha \approx 1 \Rightarrow \omega^2 R = g$

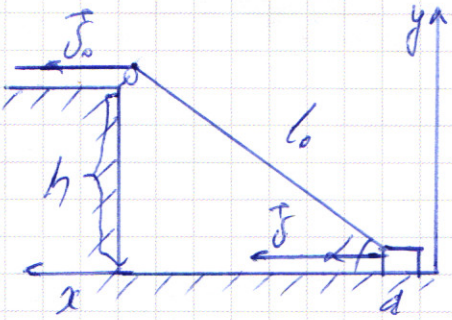
$R = \frac{g}{\omega^2} = \frac{10\ м/с^2}{\cancel{(2,5)^2 c}\left(\frac{5}{2}c^{-1}\right)^2} = \frac{10\cdot 4}{25} = \frac{8}{5}\ м$



2) рассмотрим участок вблизи точки O как сферическое зеркало радиуса R. тогда оно будет собирать лучи, падающие параллельно оси AB, в точке, на расстоянии $\frac{R}{2}$ от O. $\Rightarrow d = \frac{R}{2} = \frac{8}{5\cdot 2}\ м = \frac{4}{5}\ м$

Ответ: 1) $R = \frac{8}{5}\ м$; 2) $d = \frac{4}{5}\ м$

№1



Дано:

m

v_0

$\sin\alpha_1 = \frac{1}{2}$

$\sin\alpha_2 = \frac{3}{4}$

$\sin\alpha_3 = \frac{4}{5}$

t_{12}

---

1) v_2 - ?

2) A_{23} - ?

3) t_{13} - ?

Решение:

1) Будем считать лебедку нерастяжимой. Тогда:

$$v \cdot \cos\alpha = v_0$$

$$\cos\alpha_2 = \sqrt{1-\sin^2\alpha_2} = \sqrt{1-\left(\frac{3}{4}\right)^2} =$$

$$= \sqrt{\frac{16-9}{16}} = \frac{\sqrt{7}}{4}$$

$$v_2 = \frac{v_0}{\cos\alpha_2} = \frac{4v_0}{\sqrt{7}} = \frac{4v_0\sqrt{7}}{7}$$

2)
$$A_{23} = E_{k_3} - E_{k_2} = \frac{m}{2}(v_3^2 - v_2^2)$$

$$\cos\alpha_3 = \sqrt{1-\frac{16}{25}} = \frac{3}{5}$$

$$v_3 = \frac{5 \cdot v_0}{3}$$

$$A_{23} = \frac{mv_0^2}{2}\left(\frac{25}{9} - \frac{16}{7}\right) = \frac{31mv_0^2}{126}$$

3)
~~$v\cos\alpha = const = v_0$~~

~~$x_{12} = l_0\cos\alpha_1 - (l_0 - v_0 t_{12})\cos\alpha_2 = l_0(\cos\alpha_1 - \cos\alpha_2) + v_0 t_{12}\cos\alpha_2$~~

~~$l_0^2 = x_{12}^2 + (l_0 - v_0 t_{12})^2 + 2x_{12}(l_0 - v_0 t_{12})\cos\alpha_2$~~

~~$x_{13} = l_0(\cos\alpha_1 - \cos\alpha_3) + v_0 t_{13}\cos\alpha_3$~~

~~$l_0^2 = x_{13}^2 + (l_0 - v_0 t_{13})^2 + 2x_{13}(l_0 - v_0 t_{13})\cos\alpha_3$~~

$$\begin{cases} \operatorname{tg}\alpha_1 = \cancel{\frac{l_0\cos\alpha_1}{h}} \quad \frac{h}{l_0\cos\alpha_1} \\ \overset{\operatorname{ctg}\alpha_2}{\cancel{\operatorname{tg}\alpha_2}} = \frac{(l_0 - v_0 t_{12})\cos\alpha_2}{h} \\ \overset{\operatorname{ctg}\alpha_3}{\cancel{\operatorname{tg}}\alpha_3} = \frac{(l_0 - v_0 t_{13})\cos\alpha_3}{h} \end{cases}$$

~~$\frac{l_0}{h} = \frac{\sin\alpha_1}{\cos^2\alpha_1} = \frac{1}{2}\cdot\frac{4}{3} = \frac{2}{3} \Rightarrow l_0 = \frac{2}{3}h$~~

~~$\frac{3}{4}\cdot\frac{4}{\sqrt{7}} = \frac{(\frac{2}{3}h - v_0 t_{12})}{h}\cdot\frac{\sqrt{7}}{4}$~~

~~$40\ \frac{12}{7}h = \frac{2}{3}h - v_0 t_{12}$~~

~~$\frac{h}{l_0\cdot\frac{\sqrt{7}}{4}\frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{1}{2}\cdot\frac{2}{\sqrt{3}}$~~

$$\frac{1}{2}\cdot\frac{2}{\sqrt{3}} = \frac{h}{l_0\cdot\frac{\sqrt{3}}{2}} \Rightarrow \frac{h}{l_0} = \frac{1}{2} \Rightarrow l_0 = 2h$$

$$\frac{\sqrt{7}}{4}\cdot\frac{4}{3} = \frac{(2h - v_0 t_{12})\cdot\frac{\sqrt{7}}{4}}{h}$$

$$2h - v_0 t_{12} = \frac{4}{3}h$$

$$v_0 t_{12} = 2h - \frac{4}{3}h = \frac{2}{3}h \Rightarrow h = \frac{3v_0 t_{12}}{2},\ l_0 = 3v_0 t_{12}$$

$$\frac{\cos\alpha_3}{\sin\alpha_3} = \frac{(l_0 - v_0 t_{13})\cos\alpha_3}{h} \Rightarrow \frac{h}{\sin\alpha_3} = l_0 - v_0 t_{13}$$

$$\frac{3\upsilon_0 t_{12}}{2} x \cdot \frac{5}{4} = 3\upsilon_0 t_{12} - \upsilon_0 t_{13}$$

$$\frac{15}{8} t_{12} = 3 t_{12} - t_{13} \Rightarrow t_{13} = \frac{9}{8} t_{12}$$

Ответ: 1) $\upsilon_2 = \frac{4\upsilon_0\sqrt{7}}{7}$; 2) $A_{23} = \frac{31m\upsilon_0^2}{126}$; 3) $t_{13} = \frac{9}{8} t_{12}$

№2

Дано:

$T_0 = 373К$

V_1

$\frac{P_0}{6}$

L, μ

---

1) V_2 - ?

2) Δm

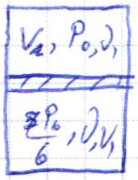
3) ΔU - ?

Решение:

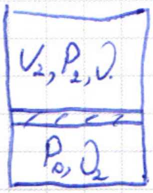
после переворачивания, давление пара снова P_0

$$\begin{cases} \frac{7P_0}{6}(\overset{V_1}{\cancel{V-V_1}}) = \nu R T_0 \\ \frac{5P_0}{6}(\overset{V_2}{\cancel{V-V_2}}) = \nu R T_0 \end{cases}$$

1)



2)



$$\frac{7(V-V_1)}{5(V-V_2)} = 1 \qquad 7V_1 = 5V_2 \Rightarrow$$

$$7(V-V_1) = 5(V-V_2) \qquad V_2 = \frac{7}{5}V_1$$

~~[illegible]~~ $P_0 = 10^5$ Па

$$\frac{7P_0}{6}V_0 = \nu R T_0$$

$$\frac{5P_0}{6}\cancel{V_2} = \nu R T_0$$

$$7V_0 = 5V_2$$

$$\div\begin{cases} P_0 V_0 = \nu_0 R T_0 \\ P_0 V_3 = \nu R T_0 \end{cases}$$

$$\frac{V_0}{V_3} = \frac{\nu_0}{\nu} = \frac{m_0}{m}$$

$$\begin{cases} V_0 = V - V_1 \Rightarrow V = V_0 + V_1 \\ V_3 = V - V_2 = V - \frac{7}{5}V_1 = V_0 + \frac{5}{5}V_1 - \frac{7}{5}V_1 = V_0 - \frac{2}{5}V_1 \end{cases}$$

~~$\frac{V_0 - \frac{2}{5}V_1}{V_0 -}$~~ $\frac{V_0}{V_0 - \frac{2}{5}V_1} = \frac{m_0}{m}$ $\qquad V_3 - V_0 = -\frac{2}{5}V_1$

$$P_0(V_3 - V_0) = \frac{RT_0}{\mu}(m - m_0) \Rightarrow \Delta m = \frac{P_0\mu(V_3 - V_0)}{RT_0} = -\frac{2P_0V_1\mu}{5RT_0}$$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

Дано:

m

v_0

$\sin\alpha_1 = \frac{1}{2}$

$\sin\alpha_2 = \frac{3}{4}$

$\sin\alpha_3 = \frac{4}{5}$

t_{12}

1) v_2 - ?

2) A_{23} - ?

3) t_{13} - ?

Решение:

1) $v \cdot \cos\alpha = v_0$

изменение длины веревки: $\Delta l = v_0 t$

$\Delta x = v t$

$\Delta y = 0$

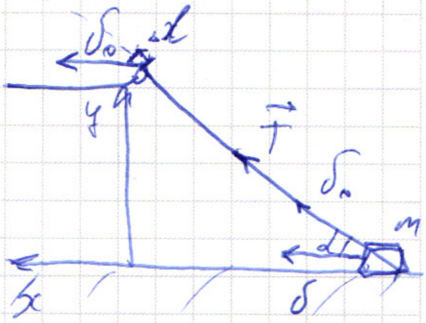
$\Delta x \cdot \cos\alpha = \Delta l$

$v \cos\alpha = v_0$

$v_2 \cos\alpha_2 = v_0$

$\cos\alpha_2 = \sqrt{1 - \frac{9}{16}} = \sqrt{\frac{16-9}{16}} = \frac{\sqrt{7}}{4}$

$v_2 = \frac{v_0}{\cos\alpha_2} = \frac{4v_0}{\sqrt{7}} = \frac{4v_0\sqrt{7}}{7}$



$16 - 9 = 7$

2) $A_{23} = \Delta E_{k_{23}}$

$v_3 = \frac{v_0}{\cos\alpha_3}$

$\cos\alpha_3 = \sqrt{1 - \frac{16}{25}} = \frac{3}{5}$

$v_3 = \frac{5v_0}{3}$

$25 \times 7 = 175$

$16 \times 9 = 144$

$63 \times 2 = 126$

$175 - 144 = 31$

$\Delta E_{k_{23}} = \frac{m}{2}\left(\frac{25v_0^2}{9} - \frac{16v_0^2}{7}\right) = \left(\frac{175-144}{63}\right)\frac{mv_0^2}{2} = \frac{31mv_0^2}{126}$

3)

$ma = T \cdot \cos\alpha$

$v \cdot \cos\alpha = const = v_0$

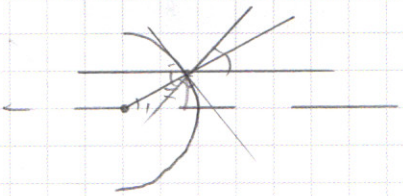
$ma = T\cos\alpha$

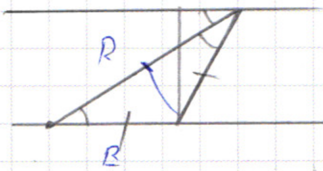
$\frac{dv}{dt} = \left(\frac{v_0}{\cos\alpha}\right)'_t = +\frac{v_0}{\cos^2\alpha} \cdot \sin\alpha\,\alpha' = \frac{v_0 \sin\alpha}{\cos^2\alpha} \cdot \alpha'$

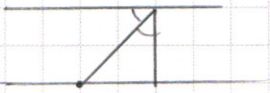
$\frac{mv_0 \sin\alpha}{\cos^2\alpha} \cdot \alpha' = T \cdot \cos\alpha$

① ~ $\frac{n}{R}$ ② = $\frac{1}{R}$

$$\boxed{F = \cancel{1}\frac{R}{2}}\ !$$





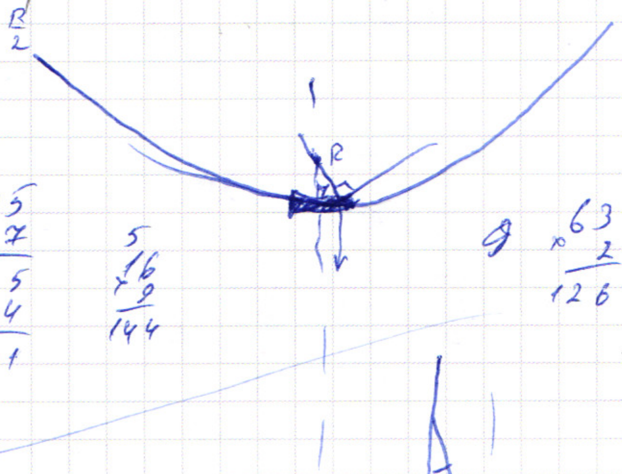


вблизи О $\omega^2 R = g$

$R = \frac{g}{\omega^2} = \frac{10}{\left(\frac{5}{2}\right)^2} = \frac{4\cdot 10}{25} =$

$= \frac{4\cdot 2}{5} = \cancel{20}\ \frac{8}{5}$ ~~см~~ м

$F = \frac{R}{2} = \frac{4}{5}$ м



$\overset{3}{25}$
× 7
175
− 144
31

$\overset{5}{16}$
× 9
144

g $\overset{6}{6}3$
× 2
126

$-\frac{dW}{dt} = F$

$F = q\cdot E$

$A = F\cdot dx\cdot\cos\alpha = F\upsilon\, dt\cos\alpha$

$ma = T\cos\alpha$

$\upsilon\cos\alpha = \upsilon_0 \Rightarrow \upsilon = \frac{\upsilon_0}{\cos\alpha}$; $a = \frac{\upsilon_0\sin\alpha}{\cos^2\alpha}\alpha' = \frac{\upsilon_0\sin\alpha}{1-\sin^2\alpha}\cdot\alpha'$

~~$1-\sin^2\alpha = u$~~ u

~~$u' = -2\sin\alpha$~~

$\frac{sin\alpha}{\cos\alpha}d\alpha = \left|\begin{matrix} t = \cos\alpha \\ dt = -\sin\alpha\, d\alpha\end{matrix}\right| =$

$= -\frac{dt}{t} = -\ln t = -\ln\cos\alpha = \ln\frac{1}{\cos\alpha}$

$\ln\upsilon \Rightarrow \upsilon = \frac{1}{\cos\alpha}$

$\frac{m\upsilon_0\sin\alpha}{\cos^3\alpha}\frac{d\alpha}{dt} = T$

$\Delta l = \upsilon_0\Delta t$

$\Delta x = \upsilon\Delta t$

$\Delta x\cdot\cos\alpha = \Delta l$

$(\upsilon\cos\alpha)' = \upsilon_0'$

~~$a\cos\alpha = \upsilon_0' = 0$~~

$a\cos\alpha \mp \upsilon\sin\alpha\cdot\alpha' = 0$

$\frac{d\upsilon}{dt}\cos\alpha = \upsilon\cdot\sin\alpha\frac{d\alpha}{dt}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~~$kS = 4RI_2 - 3RI_1$~~

$I_1 = \frac{kS}{3R}$ $I_1 = \frac{4I_2}{3} - \frac{kS}{3R}$

$I_0 = \frac{E_0}{R} - 3RI_1 = \frac{E_0}{R} - 3R \cdot \left(\frac{4I_2}{3} - \frac{kS}{3R}\right) =$

$= \frac{E_0}{R} - 4I_2R + \frac{kS}{R}$

$kS + E_0 = 4RI_2 + R\left(\frac{E_0}{R} - 4I_2 + \frac{kS}{R}\right) = 4RI_2 + E_0 - 4I_2R + kS$

$$\begin{cases} kS + E_0 = 4RI_2 + RI_0 \\ E_0 = R_1I_0 + I_2R_2 \\ I_0 = I_1 + I_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} kS + E_0 = 4RI_2 + RI_0 \\ E_0 = RI_0 + 3RI_2 \end{cases} \Rightarrow I_0 = \frac{E_0}{R} - 3I_2$$

$kS + E_0 = 4RI_2 + E_0 - 3I_2R \Rightarrow I_2R = kS \Rightarrow I_2 = \frac{kS}{R}$

$V_2 = R_v \cdot I_2 = 4kS$

$$\begin{cases} kS + E_0 = I_0R + 4I_1R \\ 4I_1R + 3I_2R = kS \\ I_0 = I_1 + I_2 \end{cases} \Rightarrow I_2 = \frac{4I_1}{3} - \frac{kS}{3D}$$

$I_0 = I_1 + \frac{4}{3}I_1 - \frac{kS}{3R} =$

$= \frac{7}{3}I_1 - \frac{kS}{3D}$

$kS + E_0 = \frac{7}{3}I_1R - \frac{kS}{3R} + 4I_1R$

$kS + E_0 = \frac{19}{3}I_1R - \frac{kS}{3} \,|\cdot 3$

$3kS + 3E_0 = 19I_1R - kS$

$4kS + 3E_0 = 19I_1R \Rightarrow$

$I_1R = \frac{4kS + 3E_0}{19}$

$4I_1R = \frac{16kS + 12E_0}{19}$

$W_{сф} = \frac{kq}{r}$; $E = \frac{kq}{r^2}$

~~W~~ внутри поле не изменится и равно

$E_п = mgh$ $F = \frac{m_1m_2G}{R^2}$

☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3

Дано:

r_1
r_2
$-q$
Q
R

1) q_1 - ?
2) W_1 - ?
3) W - ?

Решение:

$$\frac{k(q_1-q)}{r_1}+\frac{kQ}{r_2}=0$$

$$\frac{q_1-q}{r_1}+\frac{Q}{r_2}=0$$

$$q_1=-\frac{r_1}{r_2}Q+q=q-\frac{r_1}{r_2}Q$$

~~$dW=Fdt=Edt$~~

~~$W=\frac{kq_1q_2}{r}$~~

~~$d\varphi=-Edr$~~

$$W=\int qEdr$$

~~$dW=q\cdot dx$~~

$$W=\frac{Q^2}{2C}$$

~~$E=\varepsilon_0\frac{S}{\varepsilon_0}$~~

$$E=\varepsilon\frac{q}{\varepsilon_0 S}$$

$$dW=Edx$$

$dQ=$

$$dW=\frac{U^2}{R}dt=I^2Rdt$$

$$U_0=\varphi_0-0$$

$$I=\frac{dq}{dt}$$

$$d\varphi=\frac{k(dq-q)}{r_2}+\frac{kQ}{r_2}-$$

$$d\varphi=\frac{kdq}{r_2}$$

$$dU=\frac{k}{r_2}Idt \quad u$$

$dW=$

$$\boxed{W=\frac{CU^2}{2}}\ ?$$

$$dW=CUdU \quad CUdU=qdU$$

$\frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d}$ $\quad C=\frac{q}{U}$

$$dW=qd\varphi \Rightarrow W=\frac{qd\varphi^2}{2}$$

Если представить как послед. соед.

$$dC=\frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d}=\frac{\varepsilon\varepsilon_0\cdot 4\pi r^2}{dr}$$

$$\frac{1}{C_{общ}}=\int_{r_0}^{r}\frac{1}{dC}\int\frac{dr}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r^2}=\frac{1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\cdot\int r^{-2}dr=\frac{r^{-2+1}}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0\cdot(-2+1)}=$$

$$=4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r$$

№4

Дано:

$R_1 = R$

$R_2 = 3R$

E_0

$R_v = 4R$

S

---

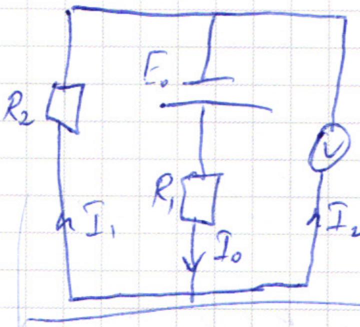
1) V_1 - ?

2) V_2 - ?

$\frac{\Delta B}{\Delta t} = k > 0$

Решение:

1) ~~$\frac{R}{r}$~~ l' ~~$kq\left(\frac{1}{r_1}+\frac{1}{r_2}\right)$~~



$$\begin{cases} I_0 = I_1 + I_2 \\ E_0 = I_0 R_1 + I_1 R_2 \\ \cancel{I_0 R_1}\ I_1 R_2 = I_2 R_v \end{cases}$$

$I_0 = I_1 + I_2$

$I_1 \cdot 3R = I_2 \cdot 4R \Rightarrow I_1 = \frac{4}{3} I_2$

$I_0 = \frac{7}{3} I_2$

$E_0 = \frac{7}{3} I_2 4R + I_2 \cdot 4R = \frac{12+7}{3} R I_2$

$I_2 = \frac{3E_0}{19R}$

$V_1 = \frac{12E_0}{19}$

~~$T\cos\alpha = ma$~~

~~$\Delta x \cdot \cos\alpha = \Delta l$~~

$x_{12} = l_0\cos\alpha_1 - (l_0 - \Delta l)\cos\alpha_2$

$\Delta l = v_0 \cdot t_{12}$

$x_{12} = l_0\cos\alpha_1 - (l_0 - v_0 t_{12})\cos\alpha_2 =$

$= l_0(\cos\alpha_1 - \cos\alpha_2) + v_0 t_{12}\cos\alpha_2$

$\overset{C}{W} = 4\pi\varepsilon_0(r_2 - r_1)$

$W = CU$

QU $C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d}$

2) $|\mathcal{E}_i| = \Phi' = \frac{dB}{dt} S = kS$

$$\begin{cases} \mathcal{E}_i + E_0 = I_2 R_v + I_0 R_1 \\ R_2 I_1 + R_1 I_0 = E_0 \\ \cancel{I_1 R_2 - I_2 R_v = -\mathcal{E}}\quad I_2 R_v - I_1 R_2 = \mathcal{E}_i \end{cases}$$

~~$kS + E_0 = I_2 R_v + I_0 R_1$~~

$$\begin{cases} kS + E_0 = 4RI_2 + RI_0 \\ 3RI_1 + RI_0 = E_0 \\ 3)\ 4RI_2 - 3RI_1 = kS \end{cases} -$$

МФТИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$x_{12} = l_0(\cos\alpha_1 - \cos\alpha_2) + v_0 t_{12}\cos\alpha_2$$

$$x_{13} = l_0(\cos\alpha_1 - \cos\alpha_3) + v_0 t_{13}\cos\alpha_3$$

$$l_0^2 = x_{13}^2 + (l_0 - v_0 t_{13})^2 + 2x_{13}(l_0 - v_0 t_{13})\cos\alpha_3$$

$$l_0^2 = x_{13}^2 + l_0^2 - 2l_0 v_0 t_{13} + (v_0 t_{13})^2 + 2x_{13} l_0 \cos\alpha_3 - 2x_{13} v_0 t_{13}\cos\alpha_3$$

$$\cos\alpha_3 = \frac{3}{5}$$

$$x_{13} = l_0\cdot\left(\frac{4}{\sqrt{7}} - \frac{3}{5}\right) + v_0 t_{13}\cdot\frac{3}{5}$$

$$l_0^2 = l_0^2\left(\frac{4}{\sqrt7} - \frac35\right)^2 + 2l_0\left(\frac{4}{\sqrt7} - \frac35\right)v_0 t_{13}\cdot\frac35 + \frac{9}{25}(v_0 t_{13})^2 + l_0^2 - 2l_0 v_0 t_{13}$$
$$+ (v_0 t_{13})^2 + 2l_0\cdot\frac35\left(l_0\left(\frac{4}{\sqrt7} - \frac35\right) + v_0 t_{13}\cdot\frac35\right) - 2v_0 t_{13}\cdot\frac35$$

$$\begin{cases} \operatorname{tg}\alpha_1 = \frac{l_0\cos\alpha_1}{h} = \frac{l_0\cdot\sqrt3}{2h} = \frac{\frac12}{\frac{\sqrt3}{2}} = \frac{1}{\sqrt3} \Rightarrow \frac{3l_0}{2h} = 1 \Rightarrow 3l_0 = 2h \\ \operatorname{tg}\alpha_2 = \frac{(l_0 - v_0 t_{12})\cos\alpha_2}{h} = \frac{(l_0 - v_0 t_{12})}{h}\cdot\frac{4}{\sqrt7} = \frac{\frac34}{\frac{4}{\sqrt7}} = \\ \operatorname{tg}\alpha_3 = \frac{(l_0 - v_0 t_{13})\cos\alpha_3}{h} \end{cases}$$

$$\frac{l_0}{h} = \frac{\sin\alpha_1}{\cos^2\alpha_1} = \frac{\frac12}{\frac34} = \frac12\cdot\frac43 = \frac{2}{\cancel{6}3} \Rightarrow h = 6l_0 \quad 3l_0 = 2h$$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

$$\frac{3}{4}\cdot\frac{4}{\sqrt{7}}\frac{\sqrt{7}}{4}=\frac{(l_0-\upsilon_0 t_{12})\cdot\frac{4}{\sqrt{7}}}{h}$$

$$\frac{3\sqrt{7}}{16}=\frac{4}{\sqrt{7}}\cdot\frac{l_0-\upsilon_0 t_{12}}{h}$$

$$\frac{3\cdot 7}{64}=\cancel{l_0}\ \frac{\frac{2}{3}h-\upsilon_0 t_{12}}{h}$$

$$21h=64\cdot\frac{2}{3}h-\upsilon_0 t_{12}$$

$$\frac{h}{l_0\cos\alpha_1}=\frac{1}{2}\cdot\frac{2}{\sqrt{3}}=\frac{1}{\sqrt{3}}$$

$$\frac{h}{l_0}=\frac{1}{\sqrt{3}}\cdot\frac{\sqrt{3}}{2}=\frac{1}{2}\Rightarrow l_0=2h$$

$$\cancel{\frac{12}{7}h=2}$$

$$\upsilon_0 t_{12}=\frac{2}{3}h-\frac{12}{7}h$$

$$\frac{1}{2}\cdot\frac{2}{\sqrt{3}}=\frac{l_0}{h}\cdot\frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\frac{2}{3}=\frac{l_0}{h}\Rightarrow l_0=\frac{2}{3}h$$

$$\frac{3}{4}\cdot\frac{4}{\sqrt{7}}=\frac{(\frac{2}{3}h-\upsilon_0 t_{12})}{h}\cdot\frac{\sqrt{7}}{4}$$

$$\frac{12}{7}h=\frac{2}{3}h-\upsilon_0 t_{12}$$

$$\begin{array}{r}8\quad 24\\ -15\\ \hline 9\end{array}$$

$$\frac{15}{8}t_{12}=3t_{12}-t_{13}$$

$$t_{13}=3t_{12}-\frac{15}{8}=\frac{24-15}{8}=\frac{9}{8}t_1$$

$$\frac{5}{4}=\frac{3\upsilon_0 t_{12}-\upsilon_0 t_{13}}{\frac{3}{2}\upsilon_0 t_{12}}$$

$$\cancel{\operatorname{ctg}\alpha_1}\cdot\frac{1}{\sin\alpha_1}=\cancel{h}\ \frac{l_0\cancel{\cos}}{h}\Rightarrow l_0=2h$$

$$\frac{15}{8}t_{12}=3t_{12}-t_{13}$$

$$\frac{1}{\sin\alpha_2}=\frac{2h-\upsilon_0 t_{12}}{h}=\frac{4}{3}\Rightarrow$$

$$t_{13}=\frac{24-15}{8}t_{12}=\frac{9}{8}t_{12}$$

$$2h-\upsilon_0 t_{12}=\frac{4}{3}h$$

$$\upsilon_0 t_{12}=2h-\frac{4}{3}h=\frac{6-4}{3}h=\frac{2}{3}h$$

$$h=\frac{3\upsilon_0 t_{12}}{2};\ l_0=3\upsilon_0 t_{12}$$

☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)