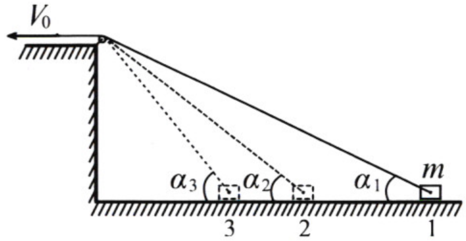
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

Класс 11 **Вариант 11-08**

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 $\sin\alpha_1 = \dfrac{1}{4}, \sin\alpha_2 = \dfrac{2}{3}, \sin\alpha_3 = \dfrac{3}{4}$. От точки 1 до точки 2 груз перемещается за время t_{12}.



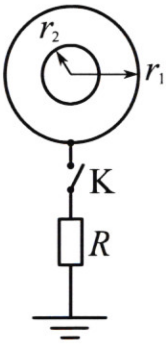
1) Найти скорость V_2 груза при прохождении точки 2.
2) Найти работу лебедки A_{12} при перемещении груза из точки 1 в точку 2.
3) Найти время t_{13} перемещения груза из точки 1 в точку 3.

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 $P_0/8$, 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.

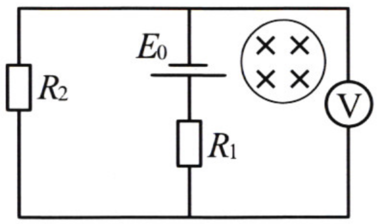
3. Два тонкостенных полых проводящих шара (тонкостенные сферы) с общим центром и радиусами r_1 и r_2 образуют сферический конденсатор (см. рис.). На внешнем шаре находится положительный заряд q, а на внутреннем шаре – положительный заряд Q. Внешний шар соединен с Землей через ключ К и резистор R. Ключ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

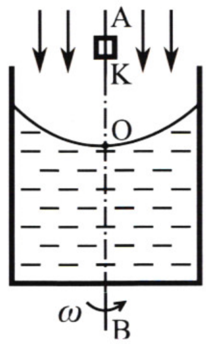
Сопротивление проводов, шаров и Земли не учитывать. Радиусы шаров значительно меньше расстояния между Землей и шарами.

4. В проволочную конструкцию впаяны резисторы с сопротивлениями $R_1 = R$, $R_2 = 3R$, идеальный источник с ЭДС E_0, вольтметр с сопротивлением $R_V = 5R$ (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 = 4 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.

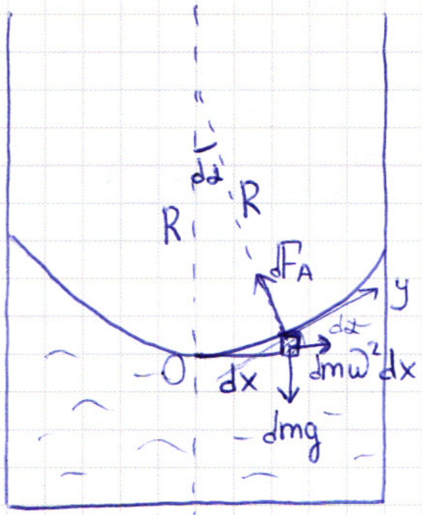


1) Найти радиус кривизны свободной поверхности жидкости в её нижней точке О.
2) На каком расстоянии от точки О будет наблюдаться изображение Солнца, полученное в отраженных от свободной поверхности жидкости лучах?

Принять g = 10 м/с^2.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N. 5. 1) Расамотрим небольшой объём жидкости на расстоянии dx от оси во вращающейся вместе со стаканом неинерциальной СО.



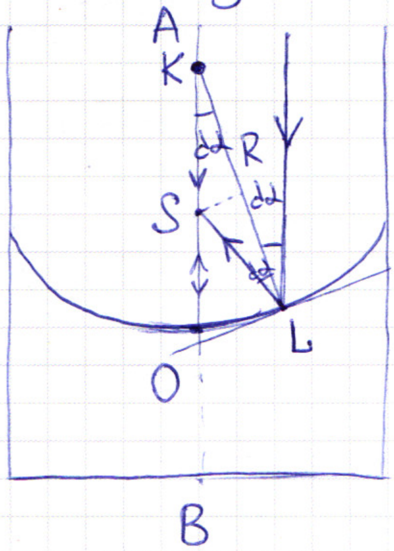
Он покоится в этой СО, значит $a_y = 0$, где Oy направлена по касательной к поверхности. Пусть радиус кривизны вблизи O равен R. Тогда $R\,d\alpha = dx$, где $d\alpha$ угол между вертикалью и радисом кривизны. (в силу малости угла)

$dF_{A_y} = 0$, где dF_A – сила Архимеда $\Rightarrow \cancel{dm}\,\omega^2 dx \cdot \cos d\alpha =$

$= \cancel{dm}\,g \cdot \sin d\alpha \Rightarrow \omega^2 dx = g \cdot d\alpha \Rightarrow \omega^2 \cancel{dx} = g \cdot \frac{\cancel{dx}}{R} \Rightarrow$

$$\Rightarrow R = \frac{g}{\omega^2} = \frac{10\ м/с^2}{16\ 1/с^2} = \frac{5}{8}\ м = 0{,}625\ м$$

2) Пусть луч падает вблизи оси под углом $d\alpha$. Тогда по закону отражения, он отражается под углом $d\alpha$. Луч, падающий по оси AB отражается под нулевым углом. Т.о. изображение солнца лежит на AB. Пусть изображение – S, радиус кривизны исходит из K, первый луч отразился в L.



Тогда $KS = \dfrac{R/2}{\cos d\alpha} = R/2$

$SO = KO - KS = R - R/2 = R/2 = 0{,}3125\ м$

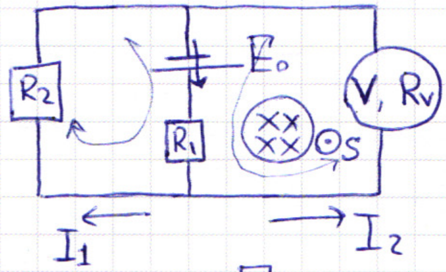
№5 (продолжение)

Ответ: 1) $R = \frac{5}{8}$ м $= 0{,}625$ м

2) $SO = R/2 = \frac{5}{16}$ м $= 0{,}3125$ м

№4

1) $B = \text{const}$.



Пусть через R_2 течёт ток I_1, через V ток I_2.

Тогда, по 1-ому пр. Кирхгофа, через E_0 течет I_1+I_2.

По 2-ому пр. Кирхгофа для левого контура:

$$E_0 = (I_1+I_2)R_1 + I_1R_2$$

Для правого, по з. Фарадея, $\mathcal{E}_{in} = -\frac{d\Phi}{dt} = 0$, т.к. B, S — постоянные $\Rightarrow$ по 2-ому пр. Кирхгофа:

$$E_0 = (I_1+I_2)R_1 + I_2R_V$$

Т.о. $I_1R_2 = I_2R_V \Rightarrow I_1 = \frac{I_2R_V}{R_2} \Rightarrow$

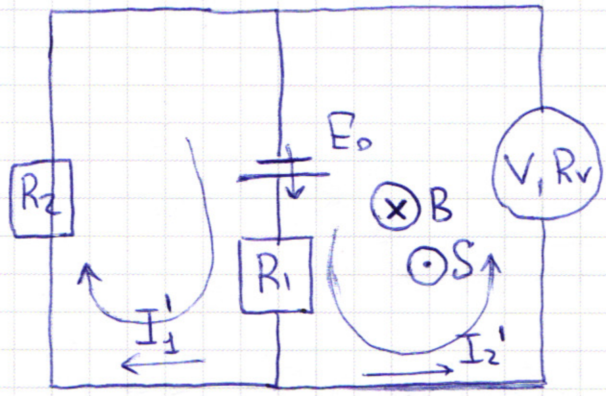
$$\Rightarrow E_0 = \frac{I_2 \cdot R_1 \cdot (R_V+R_2)}{R_2} + I_2R_V = \frac{I_2 \cdot (R_1R_V + R_1R_2 + R_2R_V)}{R_2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow I_2 = \frac{E_0R_2}{R_1R_V+R_1R_2+R_2R_V} \Rightarrow V_1 = I_2R_V = E_0 \cdot \frac{R_2R_V}{R_1R_V+R_1R_2+R_2R_V} =$$

$$= E_0 \cdot \frac{15R^2}{5R^2+3R^2+15R^2} = \frac{15}{23}E_0$$

2) $\frac{\Delta B}{\Delta t} = k > 0 \Rightarrow \frac{dB}{dt} = k > 0$

Аналогично введём I_1' и I_2', через E_0 — $I_1'+I_2'$.



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N. 4 (продолжение)

По 2-ому пр. Кирхгофа для ~~второго~~ левого контура:

$$E_0 = (I_1' + I_2')R_1 + I_1' R_2$$

По з. Фарадея для правого: (обход против часовой $\Rightarrow$ $\Rightarrow \vec{S}$ на нас $\Rightarrow \vec{S}$ противонаправлен $\vec{B}$).

$$\mathcal{E}_{in} = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d(\vec{B}\cdot\vec{S})}{dt} = -\frac{d(-S\cdot B)}{dt} = S\cdot\frac{dB}{dt} = Sk$$

По 2-ому пр. Кирхгофа: $E_0 + Sk = (I_1' + I_2')R_1 + I_2' R_V$

$$Sk = I_2' R_V - I_1' R_2 \Rightarrow I_1' = \frac{I_2' R_V - Sk}{R_2}$$

$$E_0 + Sk = \left(\frac{I_2' R_V - Sk}{R_2} + I_2'\right) R_1 + I_2' R_V \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E_0 + Sk = I_2'\left(\frac{R_V R_1 + R_1 R_2 + R_2 R_V}{R_2}\right) - Sk\cdot\frac{R_1}{R_2}$$

$$I_2' = \frac{\left(E_0 + Sk\frac{(R_2+R_1)}{R_2}\right)\cdot R_2}{R_V R_1 + R_1 R_2 + R_2 R_V}$$

$$V_2 = I_2' R_V = E_0 \frac{R_2 R_V}{R_V R_1 + R_1 R_2 + R_2 R_V} + \frac{Sk\cdot(R_2+R_1)R_V}{R_V R_1 + R_1 R_2 + R_2 R_V} =$$

$$= \frac{15}{23}E_0 + Sk\cdot\frac{20R^2}{23R^2} = \frac{15E_0 + 20Sk}{23}$$

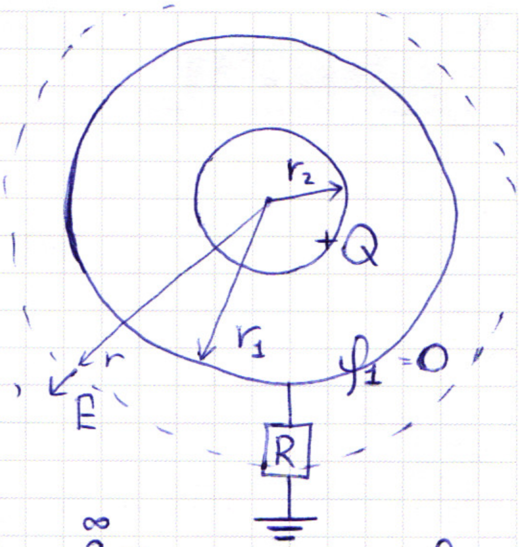
Ответ: 1) $V_1 = \frac{15}{23}E_0$

2) $V_2 = \frac{15E_0 + 20Sk}{23}$

N.3

1) Пусть ~~сразу~~ после замыкания ключа на внешнем шаре q'

Т.к. он заземлен, $\varphi_1 = 0$



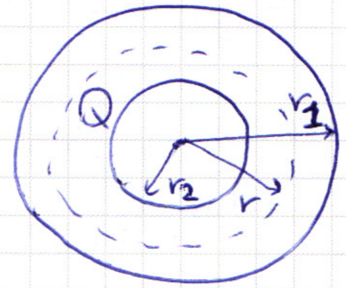
По т. Гаусса, на расстоянии $r > r_1$,

$$E = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2} + \frac{q'}{4\pi\varepsilon_0 r^2} = \frac{q'+Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$$

На бесконечности (Земле) $\varphi_0 = 0 \Rightarrow \varphi_1 - \varphi_0 = \int\limits_{r_1}^{\infty} E\,dr \Rightarrow$ $\qquad \varphi_0 = 0$

$$\Rightarrow 0 = \frac{q'+Q}{4\pi\varepsilon_0 r_1} \Rightarrow q' = -Q.$$

2) До замыкания ключа, по т. Гаусса, поле между сферами:



$$E = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2} + 0 = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$$

$$dW_1 = \frac{\varepsilon_0 E^2}{2}\cdot dV = \frac{\varepsilon_0 \cdot Q^2}{32\pi^2\varepsilon_0^2 r^4}\cdot 4\pi r^2\,dr = \frac{Q^2}{8\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{1}{r^2}\,dr$$

$$W_1 = \int\limits_{r_1}^{r_2} \frac{Q^2}{8\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{1}{r^2}\,dr = \frac{Q^2}{8\pi\varepsilon_0}\cdot\left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1}\right) = \frac{Q^2(r_1 - r_2)}{8\pi\varepsilon_0 r_1 r_2}$$

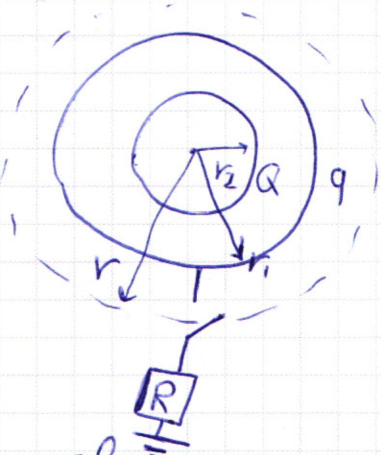
3) По т. Гаусса поле внутри обеих сфер до и после замыкания отсутствует $\Rightarrow$ и отсутствует энергия. Также после замыкания отсутствует энергия вне шаров, т.к. отсутствует поле. Заметим, что по т. Гаусса, после замыкания поле между сферами не изменилось $\Rightarrow$ там осталась та же энергия W_1. ($E = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$, т.к. заряд внутренней сферы не меняется)

До замыкания поле вне шаров, по т. Гаусса, равно

$$E = \frac{Q+q}{4\pi\varepsilon_0 r^2} \quad (r > r_1)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N. 3 (продолжение)



Энергия вне шаров до замыкания:

$$W_2 = \frac{(Q+q)^2}{8\pi\varepsilon_0}\int_{r_1}^{\infty}\frac{1}{r^2}\,dr = \frac{(Q+q)^2}{8\pi\varepsilon_0 r_1}$$

Итого, суммируя энергию до и после замыкания во всех трёх областях пространства:

энергия до:

$$W_н = 0 + W_1 + W_2$$

энергия после:

$$W_к = 0 + W_1 + 0$$

По закону сохранения энергии, разность энергий ~~виде~~ рассеится на резисторе в виде теплоты:

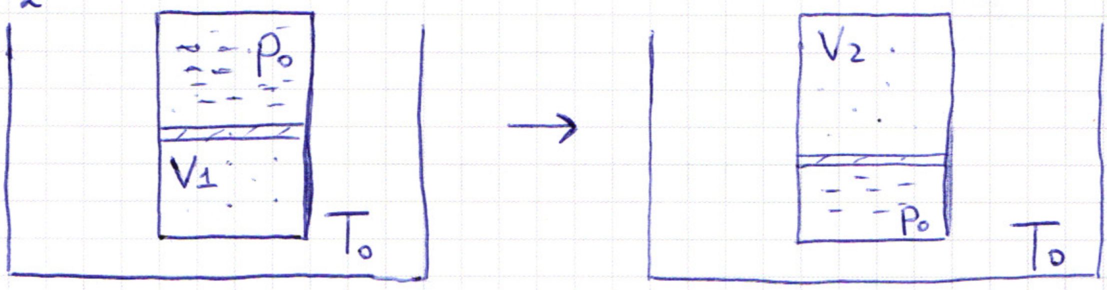
$$W_н - W_к = W \Rightarrow W_2 = W = \frac{(Q+q)^2}{8\pi\varepsilon_0 r_1}$$

Ответ: 1) $q' = -Q$

2) $W_1 = \cancel{\frac{Q^2(r_2-r_1)}{8\pi\varepsilon_0 r_1 r_2}} = \frac{Q^2(r_1-r_2)}{8\pi\varepsilon_0 r_1 r_2}$

3) $W = \frac{(Q+q)^2}{8\pi\varepsilon_0 r_1}$

№ 2



1) $T_0 = 373\ K = 100\ C^\circ \Rightarrow$ давление нас. пара равно p_0.
Т.к. изначально присутствовала вода в равновесии $\Rightarrow$
$\Rightarrow$ пар изначально насыщенный
Предположим, что после поворота пар остался насыщенный. Тогда его давление и после поворота p_0.
Т.к. поршень создаёт добав. давление $p_0/8$, до поворота давление воздуха $p_0 + p_0/8 = \frac{9}{8}p_0$
после поворота: $p_0 - p_0/8 = \frac{7}{8}p_0$

Запишем ур. Менделеева – Клапейрона для воздуха:

$$\begin{array}{l} \frac{9}{8}p_0 \cdot V_1 = \nu R T_0 \\ \frac{7}{8}p_0 \cdot V_2 = \nu R T_0 \end{array} \Rightarrow V_2 = \frac{9}{7}V_1.$$

2) Запишем ур. Менделеева – Клапейрона для пара:

$$p_0 \cdot V_0 = \nu_0 R T_0$$

$$p_0 \cdot (V_0 + V_1 - V_2) = (\nu_0 - \Delta\nu) R T_0 \Rightarrow p_0 \cdot \frac{2}{7}V_1 = \Delta\nu R T_0$$

$$\Delta\nu = \frac{\Delta m}{\mu} \Rightarrow p_0 \cdot \frac{2}{7}V_1 = \frac{\Delta m R T_0}{\mu} \Rightarrow \Delta m = \frac{2 p_0 V_1 \mu}{7 R T_0} > 0 \Rightarrow$$

$\Rightarrow$ вода сконденсировалась $\Rightarrow$ пар и вправду остался насыщенным.

3) В силу конденсации пар потерял энергии: $Q_{подв} = -L\Delta m$, а также совершил работу по перемещению поршня $A_г = -p_0 \frac{2}{7}V_1$, $p_0 = const$, т.к. насыщенный.

(окончание на 8-ой странице)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

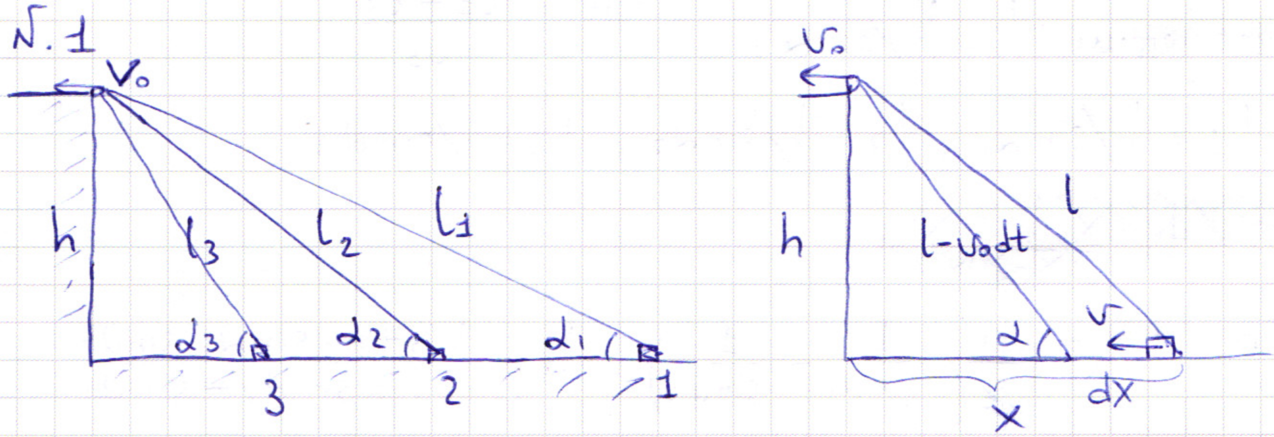
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 1



1) Рассмотрим груз в произвольный момент времени: за dt он сместится на dx, двигаясь со скоростью V.

Тогда: $h^2 + x^2 = l^2$, где h - высота, x - расст. до груза.

$h^2 + (x - dx)^2 = (l - V_0 dt)^2$

Т.о. $\cancel{h^2} + \cancel{x^2} - 2x dx = \cancel{l^2} - 2lV_0 dt$

$x\,dx = l \cdot V_0 dt$

$\frac{dx}{dt} = l \cdot \frac{V_0}{x} \Rightarrow V = \frac{V_0}{\cos\alpha} \Rightarrow V_2 = \frac{V_0}{\cos\alpha_2} = \frac{V_0}{\sqrt{1-\sin^2\alpha_2}} =$

$= \frac{3V_0}{\sqrt{5}}$

2) $V_1 = \frac{V_0}{\cos\alpha_1} = \frac{\overset{4}{\cancel{16}}\,V_0}{\sqrt{15}}$

По з. сохранения энергии, работа, совершенная лебёдкой, равна изменению кинетической энергии груза $\Rightarrow$

$\Rightarrow A_{12} = \frac{mV_2^2}{2} - \frac{mV_1^2}{2} = \frac{mV_0^2}{2}\left(\frac{9}{5} - \frac{16}{15}\right) = \frac{(27-16)mV_0^2}{15 \cdot 2} =$

$= \frac{11}{30} \cdot mV_0^2$

N. 1 (продолжение)

3) Т.к. длина верёвки уменьшается с постоянной скоростью V_0, $dt = \frac{dl}{V_0} \Rightarrow t_{12} = \frac{l_1 - l_2}{V_0}$

$$t_{13} = \frac{l_1 - l_3}{V_0}$$

Из геометрии: $l = h/\sin\alpha \Rightarrow$

$\Rightarrow l_1 = h/\sin\alpha_1$, $l_2 = h/\sin\alpha_2$, $l_3 = h/\sin\alpha_3$.

~~Т.о. $t_{12} = \frac{h}{V_0}(\sin$~~

Т.о. $t_{12} = \frac{h}{V_0}\left(\frac{1}{\sin\alpha_1} - \frac{1}{\sin\alpha_2}\right) \Rightarrow h = \frac{V_0 t_{12} \cdot \sin\alpha_1 \cdot \sin\alpha_2}{\sin\alpha_2 - \sin\alpha_1}$

$$t_{13} = \frac{h}{V_0}\left(\frac{1}{\sin\alpha_1} - \frac{1}{\sin\alpha_3}\right) = t_{12} \cdot \frac{\cancel{\sin\alpha_1} \cdot \sin\alpha_2 (\sin\alpha_3 - \sin\alpha_1)}{\cancel{\sin\alpha_1} \cdot \sin\alpha_3 (\sin\alpha_2 - \sin\alpha_1)} =$$

$$= t_{12} \cdot \frac{\sin\alpha_2}{\sin\alpha_3} \cdot \frac{\sin\alpha_3 - \sin\alpha_1}{\sin\alpha_2 - \sin\alpha_1} = t_{12} \cdot \frac{8}{\cancel{9}_3} \cdot \frac{1}{\cancel{2}} \cdot \frac{\cancel{12}^2}{5} = \frac{16}{15} t_{12}$$

Ответ: 1) $V_2 = \frac{3}{\sqrt{5}} V_0$

2) $A_{12} = \frac{11}{30} m V_0^2$

3) $t_{13} = \frac{16}{15} t_{12}$

N. 2 (продолжение)

Из $1^{-ого}$ начала термодинамики для пара:

$-L\Delta m = \Delta U - p_0 \cdot \frac{2}{7} V_1$, где ΔU – изм. внутр. ~~эре~~ энергии пара. $\Rightarrow \Delta U = \frac{2}{7}\left(p_0 V_1 - L\frac{p_0 V_1 M}{RT_0}\right) = \frac{2}{7} p_0 V_1 \left(1 - \frac{LM}{RT_0}\right)$

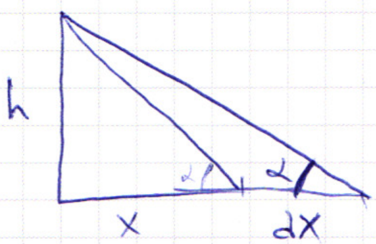
Т.к. воздух идеальный, $U = \frac{i}{2} \nu R T_0 = const \Rightarrow$ изм. внутренней энергии содержимого сосуда равно ΔU.

Ответ: 1) $V_2 = \frac{9}{7} V_1$, 2) $\Delta m = \frac{2}{7} \cdot \frac{p_0 V_1 M}{RT}$

3) $\Delta U = \frac{2}{7} p_0 V_1 \left(1 - \frac{LM}{RT_0}\right)$

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

$v = V_0 \cdot \cos\alpha$



$$\frac{dv}{dt} = V_0 \cdot \frac{d(\cos\alpha)}{dt}$$

$\frac{м}{с^2} = \frac{м}{с} \cdot \frac{1}{с}$

$$\frac{x}{\sqrt{h^2+x^2}} -$$

x

$$\frac{dv}{dt} = V_0 \cdot \left(\frac{x}{\sqrt{h^2+x^2}} - \frac{x+dx}{\sqrt{h^2+(x+dx)^2}}\right) =$$

dt

$$= V_0 \cdot \frac{x\sqrt{h^2+x^2+2x\,dx} - x\sqrt{h^2+x^2} - dx\sqrt{h^2+x^2}}{(h^2+x^2)\,dt}$$

$p_0 \Delta V$

$\frac{12}{3} - \frac{4}{3}$

$4 - \frac{4}{3} = \frac{8}{3}$

$v = \frac{V_0}{\cos\alpha}$

$4 - \frac{3}{2} = \frac{5}{2}$

$dx\sqrt{h^2+x^2} \quad x\sqrt{2x\,dx}$

~~м ... м ... м ... м~~

$$v = \frac{V_0\sqrt{h^2+x^2}}{x}$$

$$\frac{dv}{dt} = \cancel{\frac{V_0}{dt}\left(\frac{\sqrt{h^2+(x+dx)^2}}{x+dx} - \frac{\sqrt{h^2+x^2}}{x}\right)}$$

$dx = v\,dt$

$t_{12} \cdot \frac{\Delta l_2}{\Delta l_1} = \frac{8 \cdot 2}{3 \cdot 5}$

$$dt = \frac{dx}{v} = \frac{dx \cdot \cos\alpha}{V_0}$$

$$\frac{dv}{dt} = V_0 \cdot \cancel{\sqrt{h}} \quad \frac{2xV_0\sqrt{h^2+x^2} - V_0\sqrt{h^2+x^2}}{x^2}\,dx$$

$$\left(\sqrt{h^2+x^2}\right)' = \frac{2x}{2\sqrt{h^2+x^2}} \cdot dx$$

$$dt = \frac{1}{V_0} \cdot \frac{x}{\sqrt{h^2+x^2}}\,dx$$

$$t_{12} = \frac{1}{V_0} \cdot \left(\sqrt{h^2+x_1^2} - \sqrt{h^2+x_2^2}\right)$$

пусть пар не идеальный

~~$v_2 =$~~

$$-L\Delta m = \Delta U - p_0 \cdot \frac{2}{7} V_1$$

$$\Delta U =$$

$$\frac{2}{7}\left(\frac{p_0 V_1 \mu}{RT} - \cancel{\Delta m} L\right)$$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

(Поставьте галочку в нужном поле) (Нумеровать только чистовики)

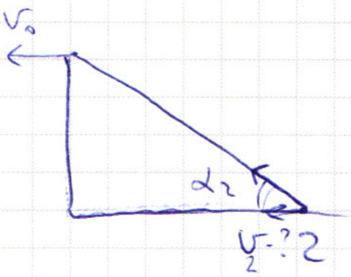
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

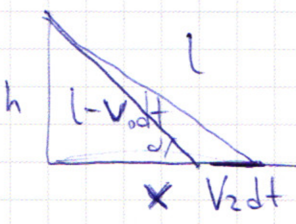
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА





$$\boxed{dA = T \cdot \cos\alpha \, dx}$$

$$\frac{mV_0^2}{2}(\cos\alpha_1^2 - \cos\alpha_2^2) = \underbrace{T \cdot \cos\alpha}_{ma} \cdot dx$$

$$\frac{x}{l} = \frac{x}{\sqrt{h^2+x^2}}$$

$$E = \frac{F}{q}$$

$$h^2 + x^2 = l^2$$

$$h^2 + (x - V_2 dt)^2 = (l - V_0 dt)^2$$

$$ma = T \cdot \cos\alpha$$

$$\cancel{ma = T} \quad \frac{F^2}{q^2} = \frac{q^4}{\varepsilon_0^2 r^2 q^2}$$

$$2 V_2 dt x = 2 l V_0 dt$$

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

$$\frac{V_0^2}{2}(\cos\alpha_1^2 - \cos\alpha_2^2) = a\,dx$$

$$V_2 \cos\alpha_2 = V_0$$

$$\underline{V_1 = V_0 \cdot \cos\alpha(t)} = \frac{q^2}{\varepsilon_0^2 r^2} dr$$

$$\cos\alpha_2 = \frac{\sqrt{5}}{3} \Rightarrow V_2 = \frac{3V_0}{\sqrt{5}}$$

$$\cancel{a_1 = V_0}$$

$$\frac{q^2}{\varepsilon_0^2} r$$

$$V_1 = V_0 \cdot \cos\alpha_1 = \frac{4 \cdot V_0}{\sqrt{15}}$$

$$a_\tau = \frac{dV_\tau}{dt} = \frac{d(V_0 \cdot \cos\alpha)}{dt} = \frac{q^2}{\varepsilon} r$$

$$= V_0 \cdot \frac{d\left(\frac{x}{\sqrt{h^2+x^2}}\right)}{dt} =$$

$$A = \frac{m}{2}(V_2^2 - V_1^2) = \frac{mV_0^2}{2}\left(\frac{9}{5} - \frac{16}{15}\right) =$$

$$= \frac{mV_0^2}{2}\left(\frac{27-16}{15}\right) =$$

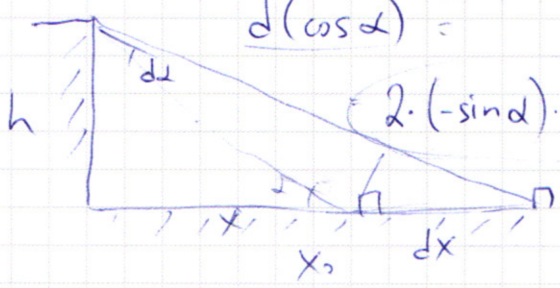
$$\alpha_2 = \alpha_1 - d\alpha$$

$$=$$

$$\cos\alpha =$$

$$\frac{mV_0^2 \cdot 11}{30}$$

$$d(\cos\alpha)^2 = \quad \cos\alpha_1^2 - (\cos(\alpha_1 - d\alpha))^2$$



$$2 \cdot (-\sin\alpha) \cdot \cos\alpha \, d\alpha$$

$$V_1 = V_0 \cdot \frac{x}{\sqrt{h^2+x^2}}$$

$$\cos\alpha_1^2 - \cos\alpha_1^2 -$$

$$a_1 = V_0 \cdot$$

$$- V_0^2 \sin\alpha \cdot \cos\alpha.$$

$$-(\sin\alpha^2 \cdot d\alpha^2)$$

$$a_1 = \frac{dv_1}{dt} = V_0 \frac{d\left(\frac{x}{\sqrt{h^2+x^2}}\right)}{dt}$$

$$-2 \cdot \cos\alpha \cdot \sin\alpha \, d\alpha$$

☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

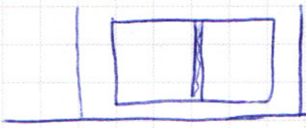
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

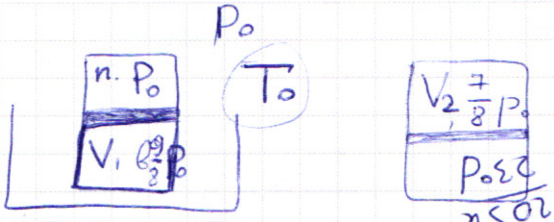
ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$I_2 = \frac{3E_0 + 4Sk}{23R}$





$\frac{23}{15}E_0 + \frac{23}{20}Sk$

$\frac{2V_1}{\sqrt{7}}$

L – уд. теплота испарения

μ – мол. масса

$E_0 + \frac{3}{4}Sk = \frac{23 I_2 R}{3}$

$U_V = 5R \cdot I_2 =$

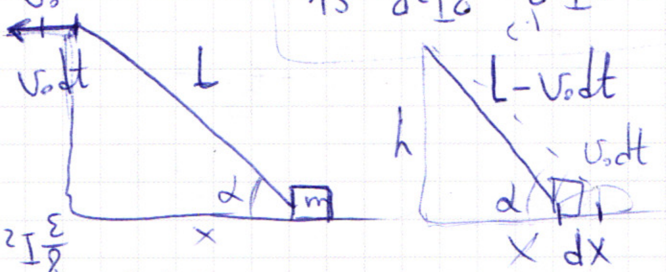
$H = \frac{K\Lambda^2}{\mu^2 \cdot \varepsilon_0}$

$\frac{9}{8}p_0 V_1 = \nu R T_0 = \frac{7}{8}p_0 \cdot V_2 \Rightarrow V_2 = \frac{9}{7}V_1$

$\varepsilon_0 = \frac{K\Lambda^2}{H \cdot \mu^2}$

$x = \frac{2V_1}{\sqrt{7}}$

$E_0 + Sk = 5I_2R + \frac{8I_2R}{3} - \frac{Sk}{3}$



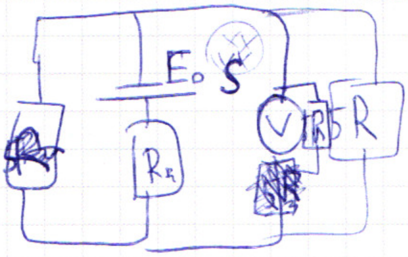
$A = \boxed{\frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}}$

$mg \cdot \frac{2V_1}{\sqrt{7}}$

$\frac{8}{3}I_2 - \frac{3R}{Sk}$

$I_1 + I_2 =$

$h^2 + x^2 = l^2$



$I_1 = 5I_2 - \frac{3}{\frac{Sk}{R}}$

$h^2 + (x - dx)^2 = (l - v_0 dt)^2$

$\cancel{h^2} + \cancel{x^2} - 2x\,dx = \cancel{l^2} - 2l v_0 dt$

$\frac{Sk}{R} = 5I_2 - 3I_1$

$\boxed{x\,dx = l v_0 dt}$

$\varepsilon_{in} = -\frac{d\varphi}{dt} = 0 \Rightarrow E_0$

$l = \sqrt{h^2 + x^2}$ $\quad x\,dx = \sqrt{h^2+x^2} \cdot v_0 dt$

$\Rightarrow E_0$

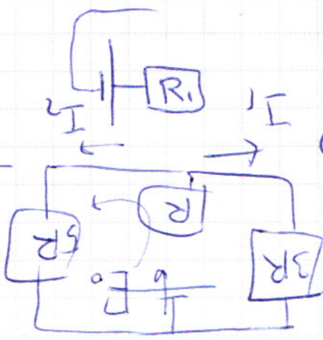
$\frac{x}{\sqrt{h^2+x^2}}dx = v_0 dt$

$\cos\alpha \cdot dx = v_0 dt$

$\frac{\varepsilon_0 E^2}{2\varepsilon_0} \cdot V$

$\frac{dB}{dt} = k > 0$

ρ_E $\quad q \cdot E = F$



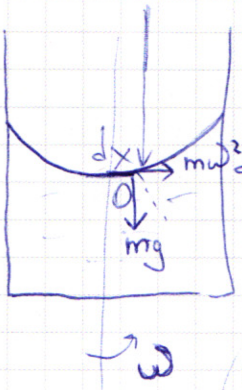
$\frac{\varepsilon_0 E^2}{2}$?

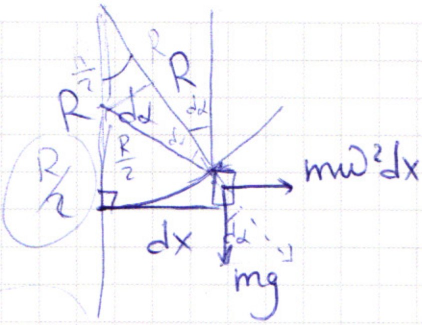
$E = \frac{H}{K\Lambda}$ $\quad \frac{H^2 \cdot \mu^3}{K\Lambda^2}$

$\varepsilon_{in} = -\frac{d\varphi}{dt} = S \cdot \left(-\frac{dB}{dt}\right) = -Sk$

$E_0 = (I_1 + I_2)R + 3I_1 R$

$(I_1 + I_2)R + 5I_2R = E_0 + Sk$





$Q_{подв} = \Delta U - L\Delta m \frac{i}{8}\Big|_{23}$

ΔU

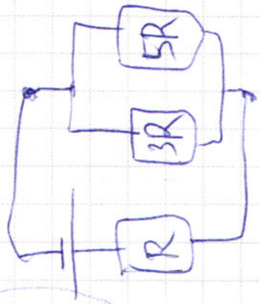
$\frac{\varepsilon E^2}{2}$ $15R^2$ $3R$ $= \frac{15R^2}{18}$ $\frac{23}{8}R^2$

$\frac{i}{2}\nu RT \Rightarrow$ не изменилась

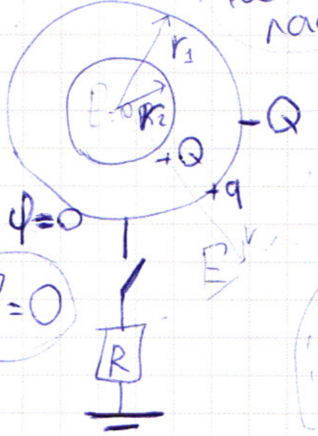
$tg\, d\alpha = \frac{m\omega^2 dx}{mg} = \frac{\omega^2 dx}{g}$

$tg\, d\alpha \approx d\alpha \approx \sin d\alpha = \frac{dx}{R}$

$\frac{dx}{R} = \frac{\omega^2 dx}{g}$ $R = \frac{g}{\omega^2}$

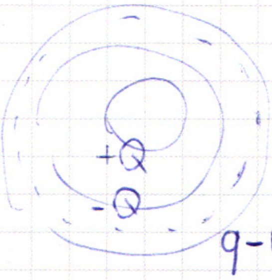


$L\Delta m$



$E = 0$

q'



$E(r) = \frac{k(Q+q')}{r^2}$ $-L\Delta m$

$q - Q$

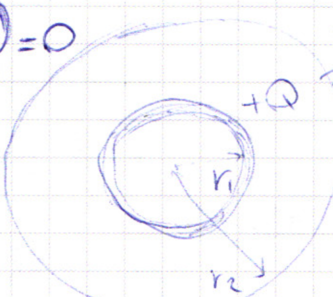
$\varphi = k(Q+q') \cdot -\frac{1}{r}$

$\frac{i}{2}\nu RT$

$\frac{i}{2}\Delta\nu RT$ $\varphi = 0$

$\cancel{\Delta W = -L\Delta m}$

$\Rightarrow q' = -Q$ $\frac{k(q'+Q)}{r} = 0$



$+q$

$W = k$ $\frac{kq\varphi}{\varepsilon_0}$ $\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r}$

$E =$ $\Delta\nu = \frac{\Delta m}{\mu}$

L

$L\Delta m$

1,6 м

Q $Q_{подв}$

m $m + \Delta m$

$\boxed{\frac{\varepsilon_0 E^2}{2} dV}$ $\int_0^{\infty}$

$p_0 V$

$p_0 S($ $p_0(V_2 - V_1) = \Delta\nu RT_0$

$p_0(V_2 - V_1) = \frac{\Delta m}{\mu} RT_0$

$\frac{2}{7} p_0 V_1 = \frac{\Delta m}{\mu} RT_0$

$\Delta m = \frac{2 p_0 V_1 \mu}{7 RT_0}$

$\varepsilon_0 \cdot 1$

k

$\frac{q^2}{8\varepsilon_0}$

$\frac{q^2 r^2 dr}{8\pi\varepsilon_0 r^4}$ $\cancel{U = \frac{i}{2}}$ $U = \frac{i}{2}$ $\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}$

$\frac{kq^2}{2r}$ $\frac{kq^2(r_2 - r_1)}{2r_1 r_2}$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

(Поставьте галочку в нужном поле) (Нумеровать только чистовики)