Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

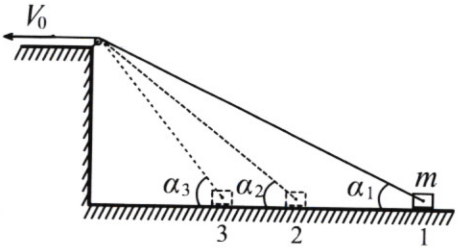
Класс 11

Вариант 11-07

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 $\sin\alpha_1 = \dfrac{1}{4}, \sin\alpha_2 = \dfrac{1}{2}, \sin\alpha_3 = \dfrac{4}{5}$. От точки 1 до точки 2 груз перемещается за время t_{12}.



1) Найти скорость V_3 груза при прохождении точки 3.
2) Найти работу лебедки A_{13} при перемещении груза из точки 1 в точку 3.
3) Найти время t_{23} перемещения груза из точки 2 в точку 3.

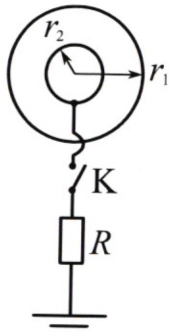
2. Цилиндрический сосуд, стоящий на горизонтальном столике, помещен в термостат, в котором поддерживается постоянная температура T_0 =373 *К*. Стенки сосуда проводят тепло. Сосуд разделен на две части подвижным (нет трения при перемещении) поршнем. В нижней части находится воздух объемом V_1, в верхней - водяной пар и немного воды. Содержимое сосуда в равновесии. Поршень своим весом создает добавочное давление $P_0/7$, 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.

~~Е поршня не~~ учит!

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.

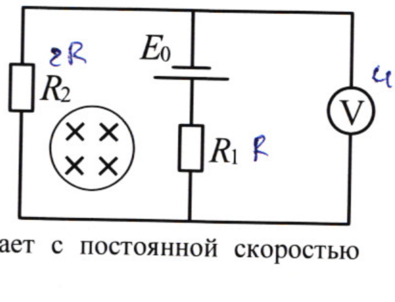
3. Два тонкостенных полых проводящих шара (тонкостенные сферы) с общим центром и радиусами r_1 и r_2 образуют сферический конденсатор (см. рис.). На внешнем шаре находится отрицательный заряд $-Q_0$, где $Q_0 > 0$. внутренний шар не заряжен и соединен с Землей через ключ К и резистор R. Ключ замыкают.



1) Найти заряд q внутреннего шара после замыкания ключа.
2) Найти энергию W_0 электрического поля вне шаров до замыкания ключа.
3) Какое количество теплоты W выделится в резисторе R после замыкания ключа?

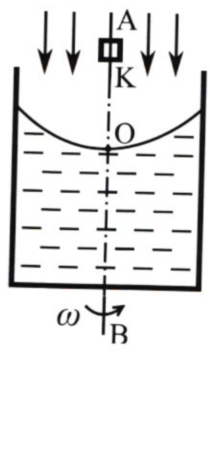
Сопротивление проводов, шаров и Земли не учитывать. Радиусы шаров значительно меньше расстояния между Землей и шарами.

4. В проволочную конструкцию впаяны резисторы с сопротивлениями $R_1 = R$, $R_2 = 2R$, 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 = 5 с$^{-1}$ вокруг вертикальной оси AB, 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.



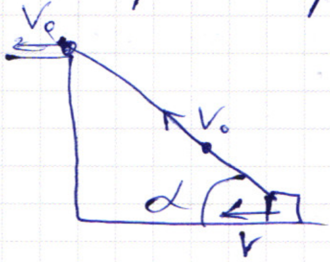
1) Найти радиус кривизны свободной поверхности жидкости в её нижней точке О.
2) На каком расстоянии от точки О будет наблюдаться изображение Солнца, полученное в отраженных от свободной поверхности жидкости лучах?

Принять g = 10 м/с^2.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 1

V-скорость груза. Поскольку лебёдка нерастяжима



$$V_0 = V\cdot\cos\alpha$$

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

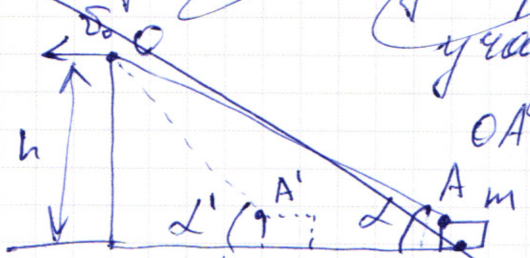
1) отсюда $V_3 = \frac{V_0}{\cos\alpha_3} = \frac{V_0}{\sqrt{1-\sin^2\alpha_3}} = \frac{V_0}{\sqrt{\frac{9}{25}}} = \frac{5}{3}V_0$

Из ЗСЭ $A_{13} = \Delta E_k = \frac{m v_3^2}{2} - \frac{m v_1^2}{2} = \frac{m}{2}\cdot\left(\left(\frac{5}{3}V_0\right)^2 - v_1^2\right)$

$$v_1 = \frac{V_0}{\cos\alpha_1} = \frac{V_0}{(1-\sin^2\alpha_1)^{\frac{1}{2}}} = \frac{V_0}{\sqrt{\frac{16-1}{16}}} = \frac{4}{\sqrt{15}}\cdot V_0$$

2) $A_{13} = \frac{m}{2}\left(\frac{25}{9}V_0^2 - \frac{16}{15}V_0^2\right) = \frac{mV_0^2}{2}\left(\frac{125-48}{45}\right) = \frac{77}{90}mV_0^2$

3) ~~Введём~~ h. Тогда, при перемещении груза длина участка OA уменьшается на Δl



$$OA = \frac{h}{\cos\alpha} \qquad OA' = \frac{h}{\cos\alpha'}$$

$$OA - OA' = \Delta l = v_0\cdot t.$$

$v_0\cdot t = \frac{h}{\cos\alpha} - \frac{h}{\cos\alpha'}$ Тогда $v_0\cdot t_{12} = \frac{h}{\cos\alpha_1} - \frac{h}{\cos\alpha_2}$ (1)

$v_0\cdot t_{23} = \frac{h}{\cos\alpha_2} - \frac{h}{\cos\alpha_3}$ (2) Решим систему уравнений:

$$\cos\alpha_1 = \sqrt{1-\sin^2\alpha_1} = \sqrt{\frac{15}{16}}$$

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

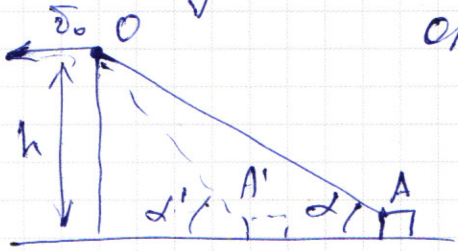
$$\cos\alpha_3 = \sqrt{\frac{9}{25}}$$

~~Из (1):~~ $\cancel{h = v_0 \cdot t_{12} \cdot \frac{1}{\sqrt{\frac{16}{15}} - \sqrt{\frac{4}{3}}}}$

~~Из (2):~~ $\cancel{t_{23} = \frac{h}{v_0} \cdot \left(\sqrt{\frac{4}{3}} - \sqrt{\frac{25}{9}}\right) = t_{12} \cdot \frac{\sqrt{\frac{4}{3}} - \sqrt{\frac{25}{3}}}{\sqrt{\frac{16}{15}} - \sqrt{\frac{4}{3}}} \cdot \sqrt{15} =}$

$\cancel{= t_{12} \cdot \frac{(2-5)\sqrt{5}}{4 - 2\sqrt{5}}}$

3) Введём h. Тогда при перемещении груза OA ~~меняется~~ укорачивается на Δl



$OA = \frac{h}{\sin\alpha}$ $\quad OA' = \frac{h}{\sin\alpha'}$

Причем $\Delta l = OA - OA' = v_0 t$.

Значит

$$\begin{cases} \frac{h}{\sin\alpha_1} - \frac{h}{\sin\alpha_2} = v_0 t_{12}. \\ \frac{h}{\sin\alpha_2} - \frac{h}{\sin\alpha_3} = v_0 \cdot t_{23} \end{cases}$$

$v_0 t_{12} = h(4-2) = 2h$

$v_0 t_{23} = h\left(2 - \frac{5}{4}\right) = \frac{3}{4}h.$

$t_{23} = t_{12} \cdot \frac{3}{8} = \frac{3}{8} t_{12}.$

Ответ: 1) $V_3 = \frac{5}{3} V_0$

2) $A_{13} = \frac{77}{90} m V_0^2$

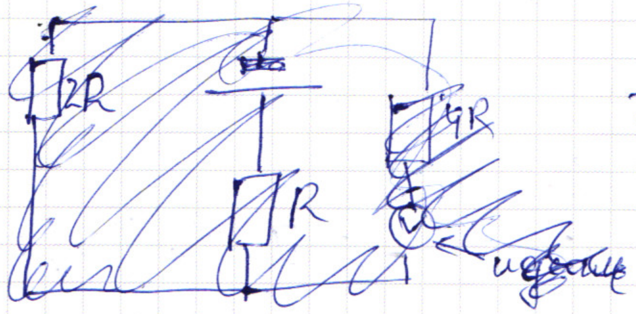
3) $t_{23} = \frac{3}{8} t_{12}$

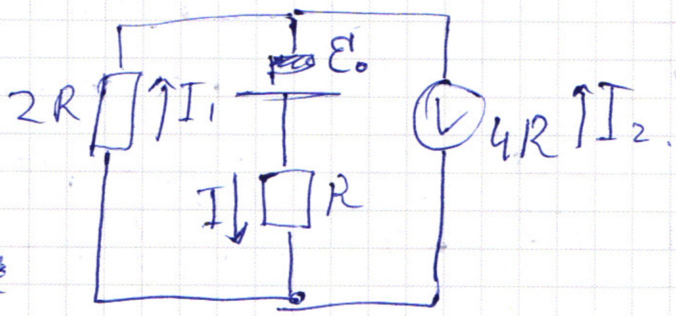
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 4

Известно, что $\oint \vec{E}\, d\vec{l} = -\frac{d\Phi}{dt}$ (1)

1) Если $\frac{d\Phi}{dt} = 0$, то ~~поле~~ магн. поле никак не влияет на цепь





$$\begin{cases} I_1 + I_2 = I \\ I_1 \cdot 2R = I_2 \cdot 4R = \mathcal{E}_0 - IR \end{cases}$$

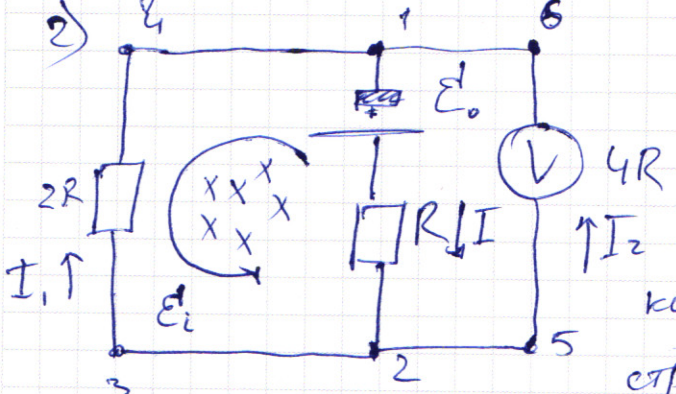
$I_1 = 2I_2 = \quad I = 3I_2 \Rightarrow \quad I_2 \cdot 4R = \mathcal{E}_0 - IR.$

$I_2 \cdot 4R = \mathcal{E}_0 - 3I_2 \cdot R.$

$\mathcal{E}_0 = 7I_2 \cdot R \Rightarrow I_2 = \frac{\mathcal{E}_0}{7R}$

Тогда $V_1 = I_2 \cdot 4R = \frac{\mathcal{E}_0}{7R} \cdot 4R = \frac{4}{7}\mathcal{E}_0$

2)



~~В от~~ Поскольку здесь $\frac{d\Phi}{dt} \neq 0$, то в контуре 1234 возникает ЭДС индукции $\mathcal{E}_i$, напр. против. час. стрелки, т.к. поле напр. от нас и $k > 0$. Из (1): $|\mathcal{E}_i| = k \cdot S$

Тогда ~~в~~ II з-н Кирхгофа для контура 1234 запишем, как (1)

$$\begin{cases} \mathcal{E}_0' - \mathcal{E}_i' - I \cdot R - I_1 \cdot 2R = 0. \ (1) \\ \mathcal{E}_0' - IR - I_2 \cdot 4R = 0. \ (2) \\ \mathcal{E}_i' = k \cdot S \\ I = I_1 + I_2 \end{cases}$$

А для 1256, как (2)

$$(1)-(2): \quad \cancel{IR} + I_2 \cdot 4R = \mathcal{E}_i' + \cancel{IR} + I_1 \cdot 2R$$

$$I_1 = 2I_2 - \frac{\mathcal{E}_i'}{2R}$$ подставим в (1):

$$\mathcal{E}_0' - kS = IR + I_1 \cdot 2R.$$

$$\mathcal{E}_0' - kS = I_1 \cdot 3R + I_2 \cdot R.$$

$$\mathcal{E}_0' - kS = 2I_2 \cdot 3R - \frac{\mathcal{E}_i'}{2R} \cdot 3R + I_2 \cdot R = 7I_2R - \frac{3}{2}\mathcal{E}_i'$$

$$\mathcal{E}_0' - kS + \frac{3}{2}kS = 7I_2R. \Rightarrow I_2R = \frac{1}{7}\left(\mathcal{E}_0' + \frac{1}{2}kS\right)$$

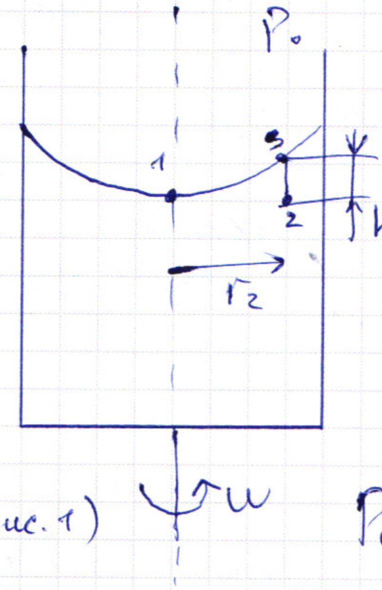
$$V_2 = I_2 4R = 4I_2R = \frac{4}{7}\left(\mathcal{E}_0' + \frac{1}{2}kS\right).$$

Ответ: 1) $V_1 = \frac{4}{7}E_0$

2) $V_2 = \frac{4}{7}\left(E_0 + \frac{1}{2}kS\right)$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 5



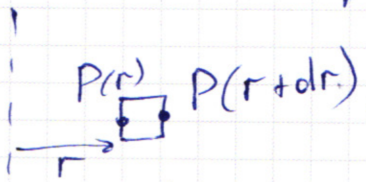
(рис. 1)

~~Поскольку давление во всех точках воды~~ одинаково, то

Разность давлений P_2 и P_1 (в т. 2 и 1 соотв.) обеспечивает вращение жидкости вокруг AB, т.е. центростр. ускорение.

Рассмотрим маленький кусочек ~~воды~~ жидкости на расст. r от AB. (ρ – плотн. жидк.)

Тогда

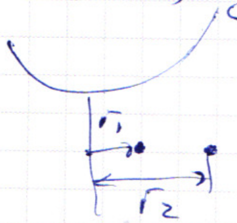


(рис. 2)

$$S(P(r+dr)-P(r)) = m\omega^2 r = \rho\cdot S r\,dr\cdot\omega^2 \quad |:S$$

отсюда

$$\int dP = \rho\omega^2\int r\,dr \Rightarrow P_2-P_1 = \rho\omega^2\frac{r_2^2-r_1^2}{2},$$ где т. 1 и 2 — r_1 и r_2

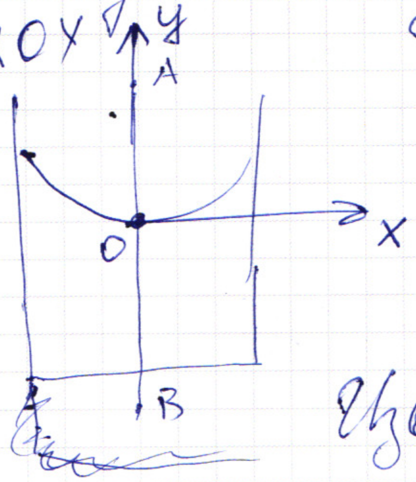


Если точки мы возьмём как на ~~перв~~ рис. 1, то

$P_2-P_1=\rho g h$, т.к. $P_3=P_1=P_0$. Т.о.:

$$\rho g h = \rho\omega^2\frac{r_2^2-\cancel{r_1^2}^{\,=0}}{2} = \frac{\rho\omega^2}{2}r_2^2$$

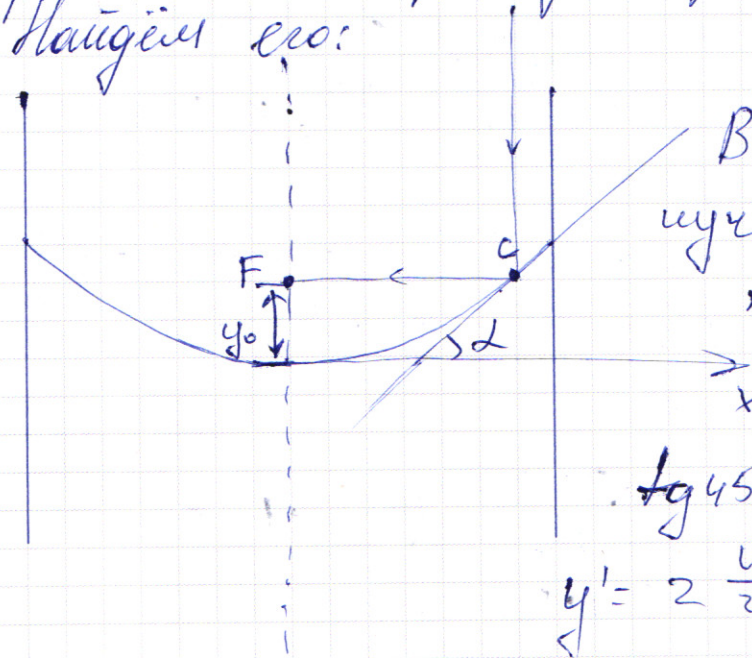
Тогда $h = \frac{\omega^2}{2g} r_2^2$. Введём систему координат XOY



Тогда уравнение поверхн. запишется в виде

$$y = \frac{\omega^2}{2g}\cdot x^2,$$ т.е. это парабола (в разрезе)

Известно, что лучи, падающие вертикально на параболу, собираются в её фокусе. Найдём его:



$tg\alpha = y'$ (очевидно, что он лежит на AB из симм.)

В точке с $\alpha = 45^\circ$ отраж. луч пойдёт горизонт., поэтому найдём коорд. этой точки.

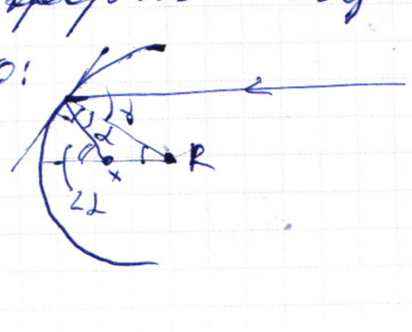
$$tg 45^\circ = 1 = y'$$

$$y' = 2\frac{\omega^2}{2g}x = \frac{\omega^2 x}{g} = 1.$$

$$x = \frac{g}{\omega^2} \Rightarrow y_0 = \frac{\omega^2}{2g}\cdot\frac{g^2}{\omega^4} = \frac{g}{2\omega^2};$$

изобр. солнца будет набл. на расст. $\frac{g}{2\omega^2} = \frac{10}{25\cdot 2} = 0,2$ м.

В случае ~~шарообраз~~ сферической формы поверхн. лучи соберутся в $\frac{R}{2}$. Докажем это:



$x\cdot tg2\alpha = R\cdot tg\alpha$ При $\alpha \to 0$.

$x\cdot 2\alpha = R\alpha \Rightarrow x = \frac{R}{2}$ В нашем случае $\frac{R}{2} = y_0 \Rightarrow R = 2y_0 = 0,4$ м.

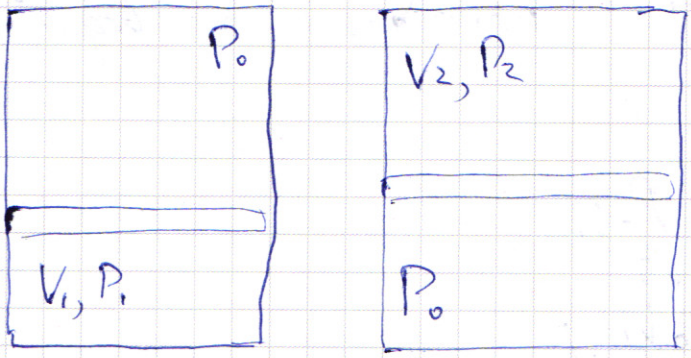
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

К задаче 5

Ответ: 1) $R = 0,4$м

2) $y_0 = 0,2$м

Задача 2



Известно, что P насыщенного водяного пара равно P_0, при $t=100°C$

$T_0 - 273K = 100°C$

$T = const = T_0 = 373K$

$P_1 = P_0 + \frac{P_0}{7} = \frac{8}{7}P_0 \quad P_2 = P_0 - \frac{P_0}{7} = \frac{6}{7}P_0$

Ур-е сост. газа:

$P_1V_1 = \nu R T_0 \qquad \frac{8}{7}P_0 \cdot V_1 = \nu R T_0$

$P_2V_2 = \nu R T_0 \qquad \frac{6}{7}\cdot P_0 V_2 = \nu R T_0 \Rightarrow 8V_1 = 6V_2.$

$V_2 = \frac{4}{3}V_1$

Пусть V – объём всего сосуда

Стоит отметить, что в начальном сост. пар был насыщ. т.к. нах-ся в равновесии и была вода, а в конечном сост. он также насыщ., т.к. его объём уменьшился, а не увел., а $T=const$.

$P_0(V-V_1) = \frac{m_1}{\mu} RT_0$ m_1 - нач. масса пара

$P_0(V-V_2) = \frac{m_2}{\mu} RT_0$ m_2 - конечн. масса пара

$\Delta m' = m_2 - m_1 = \frac{\mu P_0}{RT_0}(V_1 - V_2) = -\frac{\mu P_0}{3RT_0} \cdot V_1$

Поскольку температура всего содержимого сосуда осталась неизменной, то изм. вн. энергии ΔU связано лишь с конденсацией воды массой Δm. Значит энергия увеличилась на ΔU ~~навко~~

$\Delta U = L \cdot |\Delta m| = \frac{\mu P_0 V_1}{3RT_0} \cdot L$ $\Delta m = -\Delta m'$ (т.к. масса пара ↓ => масса воды ↑)

Ответ: 1) $V_2 = \frac{4}{3} V_1$

2) $\Delta m = +\frac{\mu P_0 V_1}{3RT_0}$

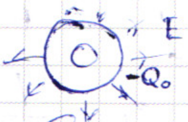
3) $\Delta U = \frac{\mu P_0 V_1}{3RT_0} \cdot L$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 3



г) Найдём W_0: Поле вне шаров определяется как $E\cdot 4\pi R^2 = -\frac{Q_0}{\varepsilon_0} \Rightarrow E = -\frac{Q_0}{4\pi R^2 \varepsilon_0}$

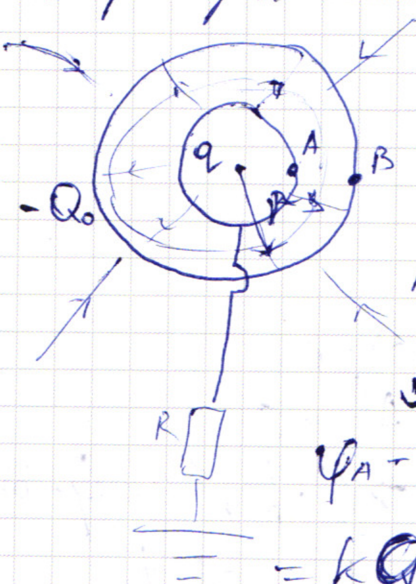
$W = \frac{\varepsilon_0 E^2}{2}\cdot V \Rightarrow dW = \frac{\varepsilon_0 E^2}{2}\cdot dV = \frac{\varepsilon_0}{2}\cdot E^2\cdot \cancel{\frac{4}{3}\pi\, dR^3}$

$\cdot 4\pi R^2\cdot dR = \frac{\varepsilon_0}{2}\cdot\frac{Q_0^2}{(4\pi\varepsilon_0)^2\cdot R^4}\cdot 4\pi R^2\, dR =$

$= k\frac{Q_0^2}{R^2}\cdot dR \Rightarrow W_0 = kQ_0^2\int_{R_1}^{R_2}\frac{1}{R^2}dR = kQ_0^2\cdot\left(\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}\right)$

При $R_1 = r_1$, а $R_2 \to +\infty \Rightarrow \frac{1}{R_2}\to 0 \Rightarrow W_0 = k\frac{Q_0^2}{r_1}$

1) После замык. ключа потенциал внутреннего шара равен 0.



$\varphi_A - \varphi_B = \int_{r_2}^{r_1} E\cdot dr$

Известно, что $\oint \vec{E}d\vec{S} = \frac{Q}{\varepsilon_0}$.

Найдём $E(r)$

$E\cdot 4\pi r^2 = \frac{Q}{\varepsilon_0}$ $\quad E = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{1}{r^2} = kQ\frac{1}{r^2}$.

$\varphi_A - \varphi_B = kQ\int_{r_2}^{r_1}\frac{1}{r^2}\cdot dr = kQ\cdot\left(-\frac{1}{r}\right)\Big|_{r_2}^{r_1} =$

$= kQ\left(\frac{1}{r_2}-\frac{1}{r_1}\right) = kq\left(\frac{1}{r_2}-\frac{1}{r_1}\right)$

$\varphi_A = 0 = \quad \varphi_B = -kq\left(\frac{1}{r_2}-\frac{1}{r_1}\right)$.

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

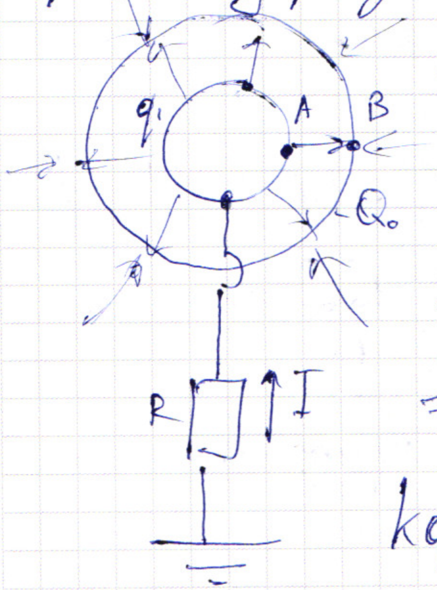
При этом, потенциал на ∞ всё ещё равен нулю

$$\varphi_B - \varphi_\infty = \varphi_B = -\int_{r_1}^{\infty} E\,dr = -k(Q_0 - q)\cdot\left(\frac{1}{r_1} - 0\right)$$

итого $kq\left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1}\right) = k(Q_0 - q)\cdot\frac{1}{r_1}$

$$Q_0\cdot\frac{1}{r_1} = q\cdot\frac{1}{r_2} \qquad \boxed{q = \frac{r_2}{r_1}\cdot Q_0} \quad (q>0)$$

3) Во время зарядки внутреннего шара (q_1 – его заряд в произв. момент). (в начале внутри поля не было)



$$0 - \varphi_A = IR$$

На бесконечн.:

$$0 - \varphi_B = -k(q_1 - Q_0)\frac{1}{r_1}$$

$$\varphi_A - \varphi_B = \int_{r_2}^{r_1} E\,dr = kq_1\left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1}\right).$$

Значит:

$$kq_1\left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1}\right) = -k(q_1 - Q_0)\frac{1}{r_1} - IR.$$

при этом $I = \dot{q}_1$

$$\dot{q}_1 R + k\frac{q_1}{r_2} - k\frac{Q_0}{r_1} = 0.$$

$$\dot{q}_1 + k\frac{q_1}{r_2 R} - k\frac{Q_0}{r_1 R} = 0.$$

$$q_1 = A\cdot e^{-\frac{k}{r_2 R}t} + Q_0 C. \qquad q_1(0) = 0 \Rightarrow A = -C.$$

$$\dot{q}_1 = -\frac{k}{r_2 R}\cdot(-C)\cdot e^{-\frac{k}{r_2 R}t} \Rightarrow C\cdot k\frac{1}{r_2 R} = \dot{q}_1(0)$$

$$\Rightarrow C = Q_0\cdot\frac{r_2}{r_1} \Rightarrow \dot{q}_1 = Q_0 k\frac{1}{r_1 R}\cdot e^{-\frac{k}{r_2 R}t}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Тепло Q, которое выделится, равно

$$Q = I^2 R \tau \Rightarrow dQ = I^2 R \cdot dt =$$

$$= \left(k \frac{Q_0}{r_1 R}\right)^2 \cdot R \cdot e^{-\frac{2k}{2r_2 R}t} dt \Rightarrow Q = \left(k \frac{Q_0}{r_1}\right)^2 \cdot \frac{1}{R} \cdot \int\limits_0^{+\infty} e^{-\frac{2k}{r_2 R}t} \cdot dt =$$

$$= \left(k \frac{Q_0}{r_1}\right)^2 \cdot \frac{1}{R} \cdot \frac{1-0}{+\frac{2k}{r_2 R}} = k \frac{Q_0^2}{r_1^2} \cdot \frac{r_2}{2} \Rightarrow W = k \frac{Q_0^2}{r_1^2} \cdot \frac{r_2}{2}$$

Ответ: 1) $q = \frac{r_2}{r_1} Q_0$, $q > 0$

2) $W_0 = k \frac{Q_0^2}{r_1}$

3) $W = k \frac{Q_0^2}{r_1^2} \cdot \frac{r_2}{2}$

☑ 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

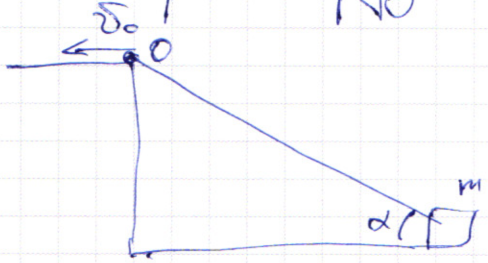
(заполняется секретарём)

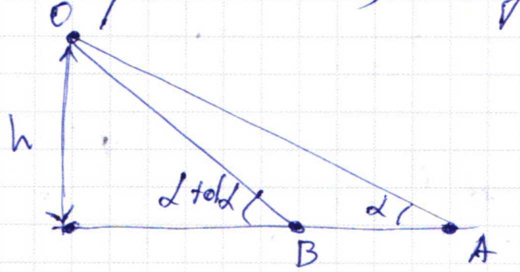
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 1

V - скорость груза. Найдём $V(\alpha)$.

Пусть прошло dt; тогда ($dt \to 0$)





h - высота обрыва

$AB = \upsilon \cdot dt \quad OA = \frac{h}{\sin\alpha} \quad OB = \frac{h}{\sin(\alpha + d\alpha)} = OA - \upsilon_0 \cdot dt$

По Th косинусов:

$$OA^2 + AB^2 - 2OA \cdot AB \cdot \cos\alpha = OB^2.$$

$$OA^2 + AB^2 - 2OA \cdot AB\cos\alpha = OA^2 - 2OA\,\upsilon_0 dt + (\upsilon_0 \cdot dt)^2.$$

$$\upsilon^2 (dt)^2 - 2OA \cdot \upsilon \cdot dt \cdot \cos\alpha = (\upsilon_0 \cdot dt)^2 - 2OA \cdot \upsilon_0 \cdot dt \;/ : dt$$

$$dt \cdot (\upsilon^2 - \upsilon_0^2) = 2OA \cdot \cancel{dt}\,(\upsilon \cdot \cos\alpha - \upsilon_0).$$

$$\upsilon \cdot \cos\alpha = \upsilon_0. \quad \upsilon = \frac{\upsilon_0}{\cos\alpha}.$$

$$t_{12} = \int_1^2 \upsilon \cdot dt = \int_\alpha^2 \frac{\upsilon_0}{\cos\alpha} \cdot dt \qquad \frac{dt}{\cos\alpha} = d\alpha\ ?$$

$$\cos\alpha \cdot dt = d\alpha \qquad \cancel{\frac{\cos\alpha}{dt}} = \frac{dt}{\cos\alpha} \qquad dt \sim d\alpha$$

$$V_3 = \frac{V_0}{\cos\alpha_3} = \frac{5}{3} V_0. \qquad \frac{h}{\sin\alpha} - \frac{h}{\sin(\alpha + d\alpha)} = \upsilon_0 \cdot dt.$$

$$\frac{h(\sin\alpha + \cos\alpha \cdot d\alpha - \sin\alpha)}{\sin^2\alpha} = \upsilon_0 dt \Rightarrow dt = \frac{h \cdot \cos\alpha\, d\alpha}{\sin^2\alpha}.$$

☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)

$\frac{1}{\sin^2\alpha}\cdot d\alpha = ctg^2\alpha \cdot d\alpha.$

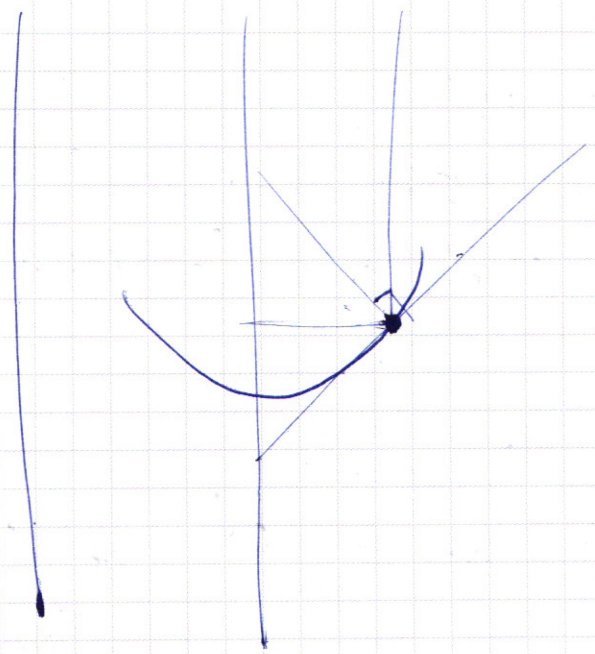
$\frac{d\alpha}{\sin\alpha} = dx \quad \frac{dx}{d\alpha} = \frac{1}{\sin\alpha}$

$$\frac{d\,\frac{-2}{2\sin^2\alpha}}{d\alpha} = \frac{-2}{-2}\cdot\frac{1}{\sin^3\alpha}.$$

$$\frac{h}{\cos\alpha_1} - \frac{h}{\cos\alpha_2} = v_0 \cdot t_{12}$$

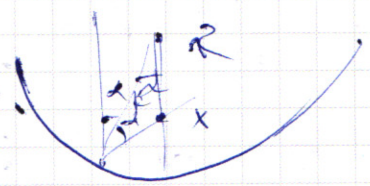
$$\oint E\cdot dl = -\frac{d\Phi}{dt} = -kS.$$

$$E_0 - IR = E_0 - 3I_2R + \frac{\mathcal{E}_i}{2R}$$



$y = x^2$

$y' = 2x.$



~~$R\sin\alpha$~~ $R\cdot tg\alpha = x\,tg\,2\alpha$

$x = \frac{R}{2}.$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{h}{\sin(\alpha+d\alpha)} = \frac{h}{\sin\alpha\cdot 1+\cos\alpha\cdot d\alpha} \quad \frac{h}{\cos\alpha}\left(\frac{1}{tg\alpha+d\alpha}\right) = \frac{h}{\cos^2\alpha}\sin\alpha - \frac{h\,d\alpha}{\cos\alpha}$$

$$\sigma_0\cdot d\alpha = \frac{h}{\sin\alpha} - \frac{h}{\cos^2\alpha}\cdot\sin^2\alpha + \frac{h\,d\alpha}{\cos\alpha} = \frac{h}{\sin\alpha}(1-tg^2\alpha)$$

3) $$dW_0 = \frac{\varepsilon_0 E^2}{2}dV = \frac{\varepsilon_0}{2}\cdot\frac{4}{3}\pi\ E^2\cdot dR^3$$

$$E\cdot 4\pi R^2 = -\frac{Q_0}{\varepsilon_0} \qquad E = -\frac{Q_0}{4\pi R^2\cdot\varepsilon_0}$$

$$dW_0 = \frac{\varepsilon_0}{2}\,\frac{4\pi}{3}\cdot\frac{Q_0^2}{(4\pi)^2\cdot R^4\cdot\varepsilon_0^2}\cdot dR^3$$

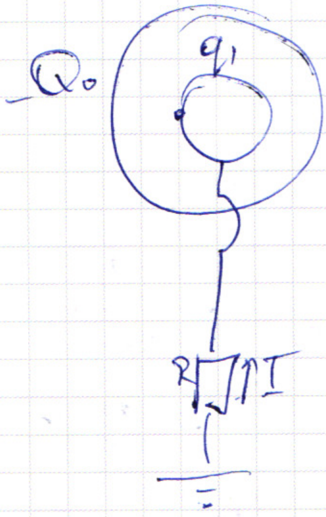
$$\frac{dR^3}{R^4} \qquad dR^3 = 3R^2dR$$

$$q = |Q_{вн}|. \qquad \cancel{Q} \quad Q_{out}$$

$$E\cdot dR = U$$

$$U = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\left(-\frac{1}{R}\right)\Big|_{R_2}^{R_1} = \frac{Q_0}{4\pi} \quad k\ \frac{Q_0}{q}\cdot\left(\frac{1}{r_2}-\frac{1}{r_1}\right) =$$

$$= k\frac{Q_0-q}{r_2}$$



$$+k(Q_0 - q_1)\cdot\frac{1}{r_1} =$$
$$= k q_1\left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1}\right) + IR$$

$$\int e^{ax}dx = \frac{e^{ax}}{a}$$