Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

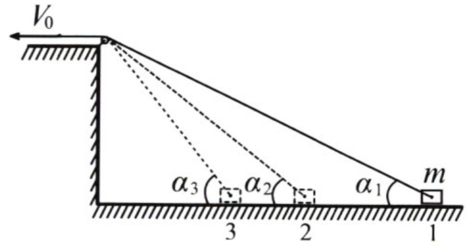
Класс 11

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

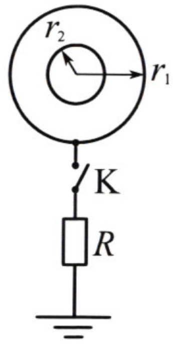


1) Найти скорость V_2 груза при прохождении точки 2.
2) Найти работу лебедки A_{12} при перемещении груза из точки 1 в точку 2.
3) Найти время t_{13} перемещения груза из точки 1 в точку 3.

2. Цилиндрический сосуд, стоящий на горизонтальном столике, помещен в термостат, в котором поддерживается постоянная температура T_0 =373 *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 $P_0/8$, 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.

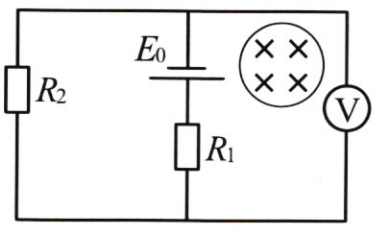
3. Два тонкостенных полых проводящих шара (тонкостенные сферы) с общим центром и радиусами r_1 и r_2 образуют сферический конденсатор (см. рис.). На внешнем шаре находится положительный заряд q, а на внутреннем шаре – положительный заряд Q. Внешний шар соединен с Землей через ключ К и резистор R. Ключ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

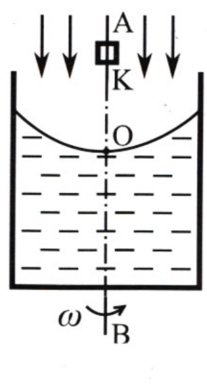
Сопротивление проводов, шаров и Земли не учитывать. Радиусы шаров значительно меньше расстояния между Землей и шарами.

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.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

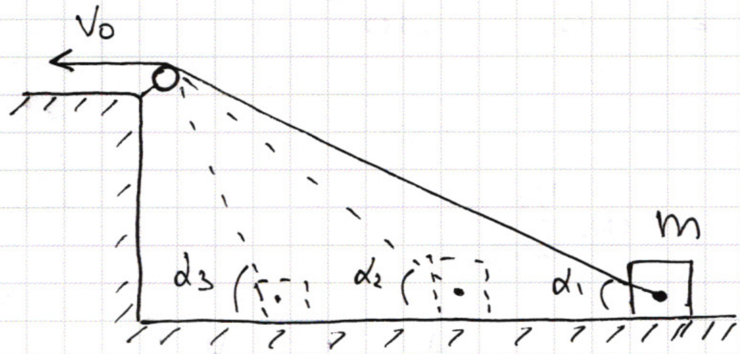
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 1



$\sin\alpha_1 = 1/4$

$\sin\alpha_2 = 2/3$

$\sin\alpha_3 = 3/4$

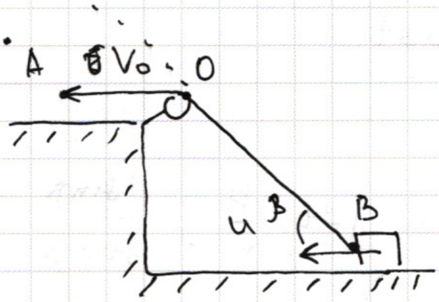
V_0, t_{12}

V_2 – ?

A_{12} – ?

t_{13} – ?

1.



Т.к трос нерастяжим, то $l_{AO} + l_{OB} = const$

l_{AO} – длина участка AO

l_{OB} – длина участка OB

⇓

$$dl_{AO} + dl_{OB} = 0 \Rightarrow V_0\,dt - u\cos\beta\,dt = 0 \Rightarrow u = \frac{V_0}{\cos\beta}$$

2. Из 1пункта, $V_2 = \frac{V_0}{\cos\alpha_2} = \frac{V_0}{\sqrt{1-\sin^2\alpha_2}} = \frac{V_0}{\sqrt{1-4/9}} = \frac{3V_0}{\sqrt5}$

Также, $V_1 = \frac{V_0}{\cos\alpha_1} = \frac{V_0}{\sqrt{1-1/16}} = \frac{4V_0}{\sqrt{15}}$

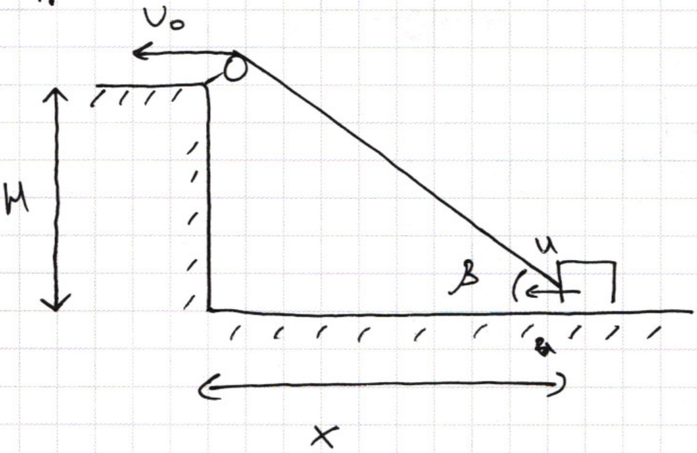
3. Т.к трос легкий и нерастяжимый, силы трения в блоке нет и он легкий и поверхность гладкая ⇒

$\Rightarrow$ вся работа лебедки идет на увеличение кин. энергии груза:

$$E_{k1} + A_{12} = E_{k2} \Rightarrow A_{12} = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} = \frac{m}{2}\left(\frac{9v_0^2}{5} - \frac{16v_0^2}{15}\right)$$

$$= \frac{mv_0^2}{2}\left(\frac{27}{15} - \frac{16}{15}\right) = \frac{mv_0^2}{2}\cdot\frac{11}{15} = \frac{11mv_0^2}{30}$$

4.



$$u = \frac{v_0}{\cos\beta}$$

$$tg\beta = \frac{H}{x} \Rightarrow x = \frac{H}{tg\beta} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow dx = H\cdot d(ctg\beta) = -\frac{H}{\sin^2\beta}d\beta$$

$$dx = -u\,dt$$

$$\Downarrow$$

$$-\frac{v_0}{\cos\beta}dt = -\frac{H\,d\beta}{\sin^2\beta} \Rightarrow dt = \frac{H}{v_0}\cdot\frac{\cos\beta\,d\beta}{\sin^2\beta} \Rightarrow \int dt = \frac{H}{v_0}\int\frac{d\sin\beta}{\sin^2\beta}$$

т.е $$t_{12} = \frac{H}{v_0}\int_{1/4}^{2/3}\frac{d\sin\beta}{\sin^2\beta} = \frac{H}{v_0}\left(-\frac{1}{\sin\beta}\Big|_{1/4}^{2/3}\right) = \frac{H}{v_0}\left(-\frac{3}{2}+4\right)$$

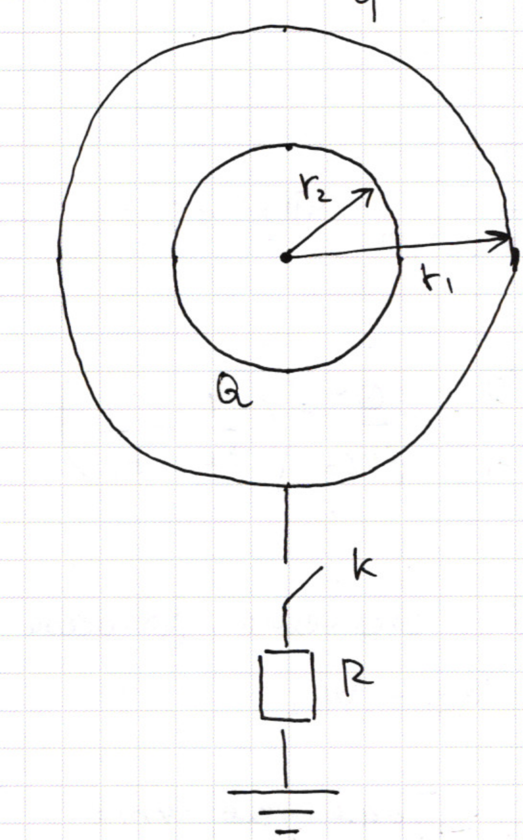
$$t_{13} = \frac{H}{v_0}\int_{1/4}^{3/4}\frac{d\sin\beta}{\sin^2\beta} = \frac{H}{v_0}\left(-\frac{1}{\sin\beta}\Big|_{1/4}^{3/4}\right) = \frac{H}{v_0}\left(-\frac{4}{3}+4\right)$$

$$\frac{t_{13}}{t_{12}} = \frac{4-4/3}{4-3/2} = \frac{8/3}{5/2} = \frac{16}{15} \Rightarrow t_{13} = \frac{16}{15}t_{12}$$

ОТВЕТ: $v_2 = \frac{3v_0}{\sqrt{5}}$; $A_{12} = \frac{11mv_0^2}{30}$; $t_{13} = \frac{16}{15}t_{12}$

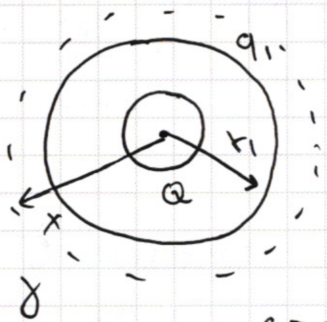
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 3



После замыкания

1. Т.к внутр. сфера ни с чем не соединена, то $Q = const$. При этом на внешн. сферу набежит такой заряд q_1, чтобы ее потенциал стал равен 0.



~~Пон~~

Окружим наши сферы сферической поверхностью γ. Понятно, что из симметрии задачи $\bar{E}(x)$ будет $\perp$ γ. Тогда по т. Гаусса: $\oint \bar{E}(x)\, d\bar{S} = E(x)\cdot 4\pi x^2 = \frac{Q+q_1}{\varepsilon_0}$

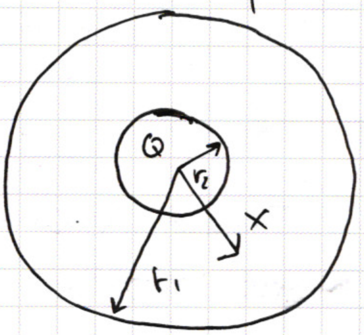
[для $x \geq r_1$]

$\Rightarrow E(x) = \frac{Q+q_1}{4\pi\varepsilon_0 x^2} \Rightarrow \varphi_{внешн.\,сф} - \varphi_\infty = \int_{r_1}^{\infty} E(x)\,dx$

Если $\varphi_{внешн.\,сф} = \varphi_\infty = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow \int_{r_1}^{\infty} E(x)\,dx = 0 \Rightarrow Q + q_1 = 0 \Rightarrow q_1 = -Q$

2. Понятно, что поле будет сферически-симметрично. Тогда



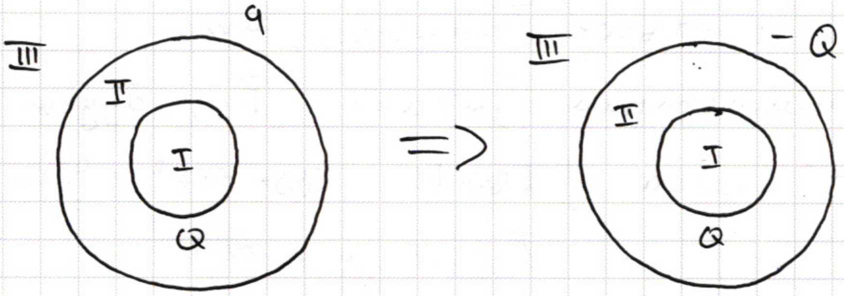
$$E(x) = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 x^2} \quad [\text{для } x \in [r_2; r_1]]$$

$$W_1 = \sum\sum \frac{\varepsilon_0 E(x)^2}{2}\Delta V =$$

$$= \int_{r_2}^{r_1} \frac{\varepsilon_0 E(x)^2}{2} \cdot 4\pi x^2 dx = \int_{r_2}^{r_1} \frac{\varepsilon_0 Q^2}{2 \cdot 16\pi^2 \varepsilon_0^2 x^4} \cdot 4\pi x^2 dx$$

$$= \frac{Q^2}{8\pi\varepsilon_0} \int_{r_2}^{r_1} \frac{dx}{x^2} = \frac{Q^2}{8\pi\varepsilon_0} \cdot \left(-\frac{1}{x}\right)\Big|_{r_2}^{r_1} = \frac{Q^2}{8\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1}\right)$$

3. Понятно, что энергия в нашей система запасена в электрическом поле. Тогда $Q = W_{c1} - W_{c2}$



Понятно, что в наших системах $\bar{E}$ в I и II областях не изменилась $\Rightarrow$ $\Rightarrow$ их изменение энергии равно 0 $\Rightarrow Q = W_{c1}(III) - W_{c2}(III)$

$W_{ci}(III)$ – энергия, запасенная в III области.

$$W_{c1}(III) = \int_{r_1}^{\infty} \frac{\varepsilon_0 E(x)^2}{2} \cdot 4\pi x^2 dx$$

$$E(x) = \frac{q+Q}{4\pi\varepsilon_0 x^2} \Rightarrow W_{c1} = \frac{(q+Q)^2}{8\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{\infty}\right) = \frac{(q+Q)^2}{8\pi\varepsilon_0 r_1}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$W_{C_2}(\text{III}) = \int_{r_1}^{\infty} \frac{\varepsilon_0 E(x)}{2} \cdot 4\pi x^2 \, dx = 0 \quad \text{т.к} \quad E(x) = 0 \quad \text{при } x > r_1$$

$$\Downarrow$$

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

Ответ: $q_1 = -Q$; $W_1 = \frac{Q^2}{8\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1}\right)$;

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

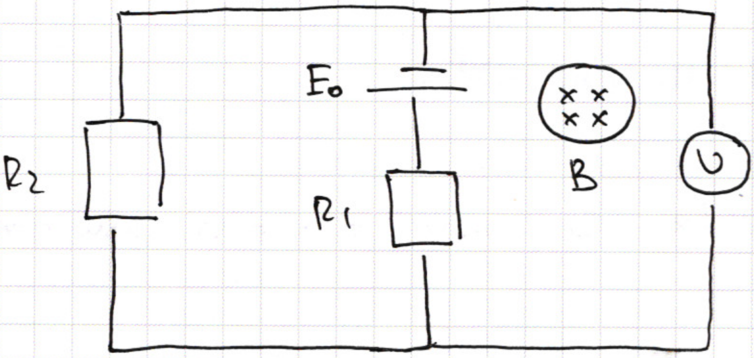
Задача 4

$R_1 = R$, $R_2 = 3R$

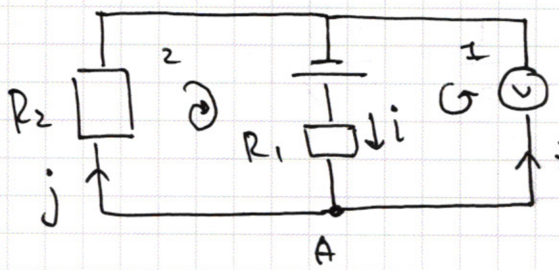
E_0, $R_V = 5R$

$V_1 - ?$

$V_2 - ?$



1. Если $B = const \Rightarrow \varepsilon_{ин} = -\dfrac{d\Phi}{dt} = 0$ т.к $S = const$



По з. Кирхгофа:

$$\begin{cases} i = j + z \\ iR_1 + jR_2 = E_0 & \text{2 контур} \\ iR_1 + zR_V = E_0 & \text{1 контур} \end{cases}$$

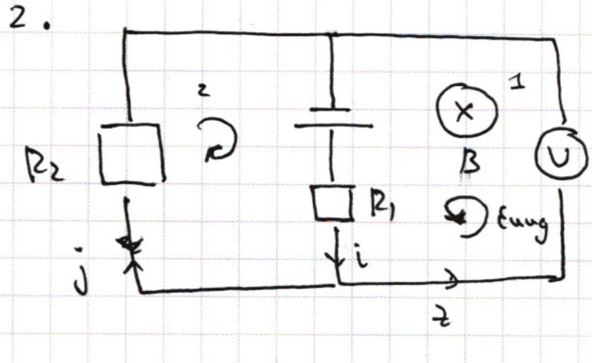
$\Downarrow$

$$jR_2 = zR_V \Rightarrow j = z \cdot \frac{R_V}{R_2} = \frac{5z}{3} \Rightarrow i = j + z = \frac{8z}{3}$$

$$\Rightarrow E_0 = iR_1 + zR_V = \frac{8z}{3} \cdot R + z \cdot 5R = \frac{23Rz}{3}$$

$$V_1 = z \cdot R_V = \frac{3E_0}{23R} \cdot 5R = \frac{15}{23} E_0$$

2.



Если $\dfrac{dB}{dt} = k \Rightarrow$

$\Rightarrow \varepsilon_{инд} = -\dfrac{d\Phi}{dt} = -kS$

$|\varepsilon_{инд}| = kS$. При этом направление задается п. Ленца. В нашем случае она направлена

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

как показано на рисунке. (т.е для 1 контура совпадает с E_0)

Запишем з. Кирхгофа:

$$\begin{cases} i = j + z \\ iR_1 + jR_2 = E_0 \quad \text{2 контур} \\ iR_1 + zR_U = E_0 + kS \quad \text{1 контур} \end{cases}$$

$$\Downarrow$$

$$zR_U - jR_2 = kS \Rightarrow j = z \cdot \frac{5}{3} - \frac{kS}{3R} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow i = j + z = z + \frac{5z}{3} - \frac{kS}{3R} = \frac{8z}{3} - \frac{kS}{3R}$$

$$\Downarrow$$

$$iR_1 + zR_U = E_0 + kS \Rightarrow \left(\frac{8z}{3} - \frac{kS}{3R}\right)R + z \cdot 5R = E_0 + kS$$

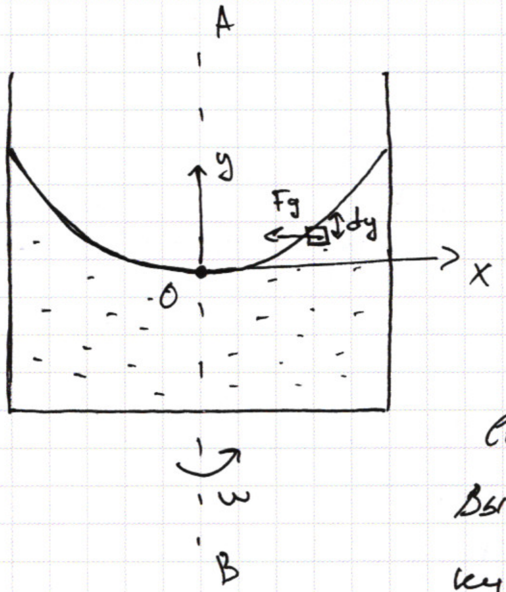
$$\frac{23zR}{3} = E_0 + \frac{4kS}{3} \Rightarrow U_2 = z \cdot R_U = 5R \cdot \frac{3E_0 + 4kS}{23R} =$$

$$= \frac{5}{23}\left(3E_0 + 4kS\right)$$

Ответ: $U_1 = \frac{15E_0}{23}$

$$U_2 = \frac{5(3E_0 + 4kS)}{23}$$

Задача 5



1. понятно, что поверхность будет симметрична относительно AB.

2. Найдем уравнение пов-ти.

Понятно, что в данной системе у элементов воды есть только ац.с.

Выберем на пов. небольшой кусочек жидкости:

II з-н Ньютона

ox: $\Delta m \omega^2 x = F_g = \rho g S\, dy$

$\Delta m = \rho S\, dx$

$\Downarrow$

$\omega^2 dx \cdot x = g\, dy \Rightarrow$

$$\frac{\omega^2 x^2}{2} = gy \Rightarrow y(x) = \frac{\omega^2 x^2}{2g} \quad \left[\frac{dy}{dx} = \frac{2\omega^2 x}{2g} = \frac{\omega^2 x}{g}\right]$$

Видно, что это ур-ие параболы. Попробуем описать ее около точки O окружностью.

ур-ие окр-ти $x^2 + (y - R_{кр})^2 = R_{кр}^2$

$\Downarrow$

$$|y - R_{кр}| = \sqrt{R_{кр}^2 - x^2}$$

Если, мы около точки O:

$$R_{кр} - y = \sqrt{R_{кр}^2 - x^2} \Rightarrow \frac{dy}{dx} = (-1)\frac{-2x}{2\sqrt{R_{кр}^2 - x^2}} = \frac{x}{\sqrt{R_{кр}^2 - x^2}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

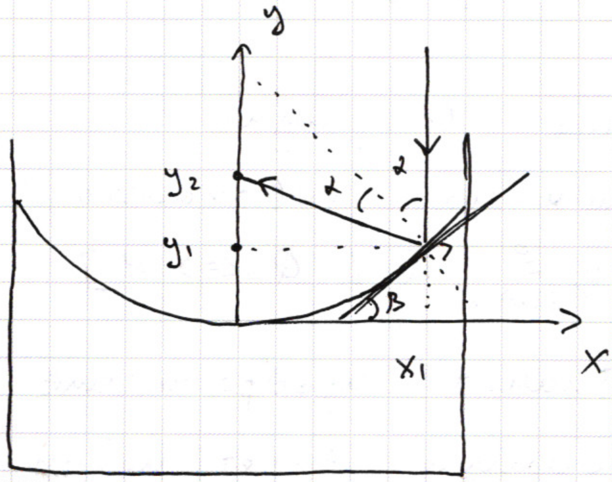
Логично, что если мы приближаем параболу окр-тью ~~в какой-то т-ке~~ около какой-то точки, то в ее окрестности производные функций равны:

$$\Downarrow$$

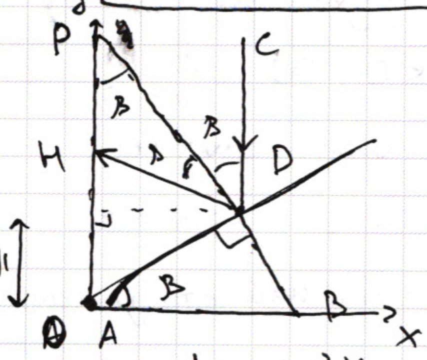
$$\frac{\omega^2 x}{g} = \frac{x}{\sqrt{R_{кр}^2 - x^2}} \Rightarrow \frac{\omega^2}{g} = \frac{1}{R_{кр}} \Rightarrow R_{кр} = g/\omega^2$$

$x \ll R_{кр}$

2.



Рассмотрим ход отраженного луча.



$\angle ABD = 90 - \beta \Rightarrow \angle OPB = 90 - (90 - \beta) = \beta$

$\angle OPD = \angle PDC$ (как накрест лежащие)

$\Rightarrow \angle PDC = \beta$

Т.к происходит отражение

$\rightarrow \angle CDP = \angle PDH = \beta$

$$tg\beta = \frac{dy}{dx} = \frac{\omega^2 x}{g}$$

Найдем OH:

$$OH = y_1 + x \cdot ctg\, 2\beta$$

$$\Downarrow$$

$$OH = y_1 + x \cdot \frac{\cos 2\beta}{\sin 2\beta} = y_1 + x \cdot \frac{\cos^2\beta - \sin^2\beta}{2\cos\beta \sin\beta} =$$

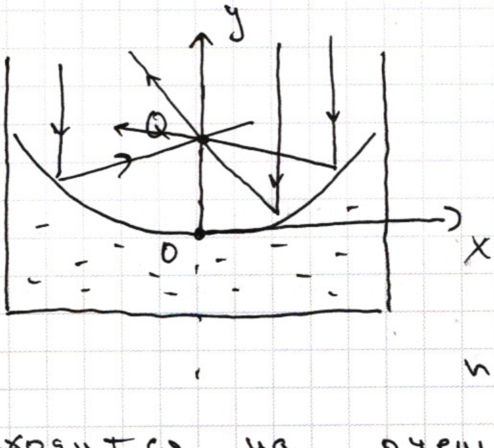
$$= y_1 + \frac{x}{2} \cdot \left(\frac{\cos\beta}{\sin\beta} - \frac{\sin\beta}{\cos\beta} \right)$$

$$y_1 = \frac{\omega^2 x^2}{2g} \qquad tg\beta = \frac{\omega^2 x}{g}$$

$$\Downarrow$$

$$OH = y_2 = \frac{\omega^2 x^2}{2g} + \frac{x}{2} \left(\frac{g}{\omega^2 x} - \frac{\omega^2 x}{g} \right) = \frac{g}{2\omega^2}$$

Т.е мы получили, что все лучи после ~~прелом.~~ отражения на поверхности соберутся в точке $\left(0, \frac{g}{2\omega^2}\right)$ Q $[\,Q \Leftrightarrow H\,]$



Значит изображение солнца будет наблюдаться в точке Q, $OQ = \frac{g}{2\omega^2}$. Лучи солнца мы считаем параллельными, т.к солнце находится на очень большом расстоянии от земли.

Ответ: $R_{кр} = g/\omega^2$

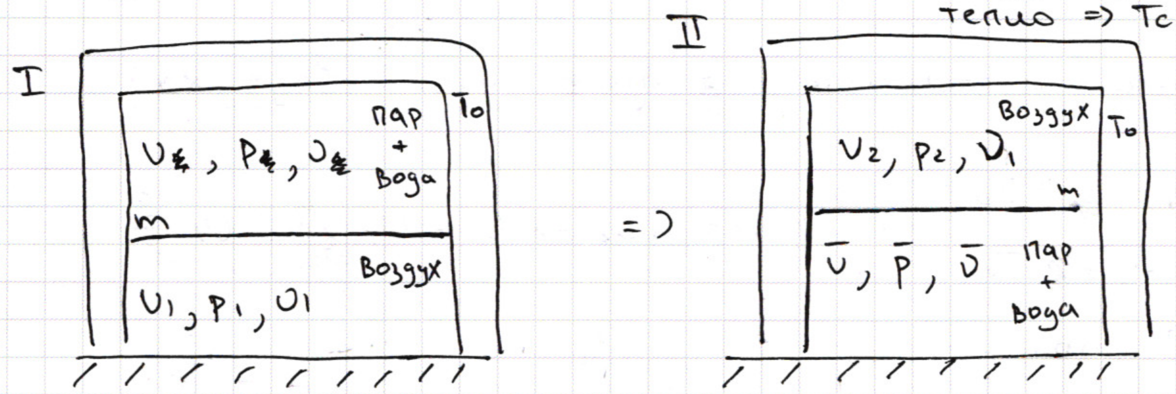
$$OQ = \frac{g}{2\omega^2} = \frac{R_{кр}}{2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 2.

Т.к $T_0 = const$ и сосуд пропускает тепло $\Rightarrow T_c = T_0 = const$

T_c - температура сосуда.



1. Т.к в I состоянии в верхнем отсеке есть вода, то $p = p_{нп}(T_0) = p_0$ (т.к $t_0 = 100°C$)

Т.к система в равновесии $\Rightarrow p_1 = p + \Delta p$

Δp - давление, создаваемое поршнем

⇓

$$p_1 = p_0 + \frac{p_0}{8} = \frac{9p_0}{8}$$

2. После переворачивания, давление сверху будет больше, чем снизу. При этом давление снизу ограничено: ~~сверху~~ $\bar{p} \le p_{нп}(T_0)$. Поэтому поршень начнет опускаться вниз, и сверху начнет падать давление. В это же время, внизу пар будет конденсировать в воду, т.к уменьшается объем снизу. Значит,

что в конечном состоянии пар будет насыщен $\Rightarrow \bar{p} = p_0$.

Т.к система в равновесии $\Rightarrow$

$$\Rightarrow \bar{p} = p_2 + \Delta p \Rightarrow p_2 = p_0 - \frac{p_0}{8} = \frac{7p_0}{8}$$

3. Ур-ие идеального газа для воздуха:

$$\begin{matrix} p_1 V_1 = \nu_1 R T_0 \\ p_2 V_2 = \nu_2 R T_0 \end{matrix} \Rightarrow p_1 V_1 = p_2 V_2 \Rightarrow V_2 = V_1 \frac{p_1}{p_2} = V_1 \frac{9}{7}$$

пар:

4. $$\begin{matrix} \nu R T_0 = p_0 V \\ \bar{\nu} R T_0 = p_0 \bar{V} \end{matrix} \Rightarrow (\bar{\nu} - \nu) R T_0 = p_0 (\bar{V} - V)$$

Т.к объем сосуда ограничен $\Rightarrow (\bar{V} - V) = (V_1 - V_2)$

$$\Delta \nu_п = \frac{p_0 (V_1 - V_2)}{R T_0}$$

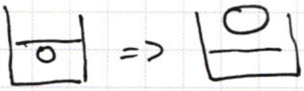
$$\Delta m_в = -\Delta \nu_п \cdot \mu = \frac{p_0 (V_2 - V_1)}{R T_0} \mu = \frac{2 p_0 V_1}{7 R T_0} \mu$$

5. Т.к $T_c = T_0 = const \Rightarrow$ изменение внутр. энергии ~~газа~~ воздуха не произошло. Изменение внутр. энергии в сосуде связано с тем, что ~~испарилась~~ конденсировала часть пара.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

По З.С.Э

$$L\,dm = U_п - U_в + p_0\,dV$$



$U_п$ – энергия пара (вещества)

$U_в$ – энергия воды (вещества)

dV – изменения объема ~~части воды~~ вещества

p_0 – давл. насыщ. паров жидкости (вещества)

Т.к. $\rho_п \ll \rho_в \Rightarrow V_п \gg V_в \Rightarrow dV = \dfrac{d\nu RT}{p_0}$

$\Downarrow$

$$U_п - U_в = L\,dm - dm\frac{RT}{\mu} \Rightarrow dm(\lambda_п - \lambda_в) = dm\left(L - \frac{RT}{\mu}\right)$$

$\lambda_п, \lambda_в$ – коэффиц. пропорц. между $U_п$, $U_в$ и массой вещества

$\Downarrow$

В сосуде внутренняя энергия понизилась на

величину $\Delta m\cdot\left(L - \dfrac{RT}{\mu}\right) \Rightarrow \Delta U = -\dfrac{2p_0V_1\mu}{7RT_0}\left(L - \dfrac{RT_0}{\mu}\right)$

Ответ:

$$V_2 = \frac{9}{7}V_1$$

$$\Delta m_в = \frac{2p_0V_1}{7RT_0}\mu$$

$$\Delta U_{вн.энерг} = -\frac{2p_0V_1\mu}{7RT_0}\left(L - \frac{RT_0}{\mu}\right)$$

$$W_1 = \frac{1}{2}\left(Q\left(\frac{kQ}{r_2} + \frac{kq}{r_1}\right) + q\left(\frac{kQ}{r_1} + \frac{kq}{r_1}\right)\right)$$

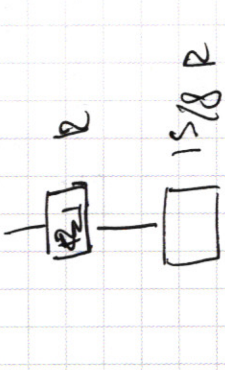
$$W_2 = \frac{1}{2}\left(Q\left(\frac{kQ}{r_2} - \frac{kQ}{r_1}\right)\right)$$

$$\Downarrow$$

$$W_1 - W_2 = \frac{1}{2}\left(\cancel{\ } \cdot \frac{kqQ}{r_1} + \frac{kQ^2}{r_1} + \frac{kq(Q+q)}{r_1}\right)$$

$$= \frac{k}{2r_1}\left(Q(q+Q) + q(Q+q)\right)$$

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



$$I = \frac{E_0}{\frac{15}{8}R + R} = \frac{8E_0}{23R}$$

$$IR = \frac{8E_0}{23}$$

$$V_1 = \frac{15E_0}{23}$$

$$j3R = 5zR - kS$$

$$\parallel$$

$$G$$

$$jR = \frac{5zR}{3} - \frac{kS}{3}$$

$$= \frac{S}{3} \cdot \frac{3E_0 + 4kS}{23} - \frac{kS}{3}$$

☒ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

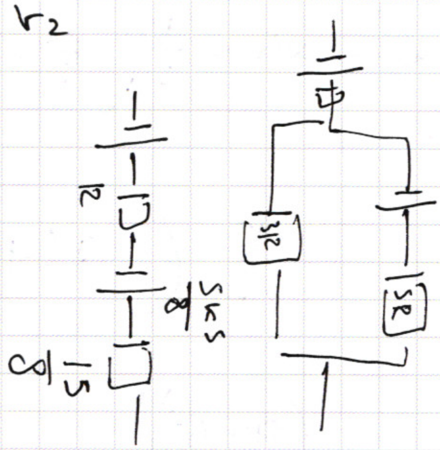
Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\varphi_1 = \frac{kQ}{r_1} + \frac{kq}{r_2}$$

$$W_2 = \frac{1}{2}\left(\frac{kQ}{r_2}\right.$$

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



$$W_1 = \frac{1}{2}\left(\varphi_1 Q + \varphi_2 q\right)$$

$$= \frac{k}{2}\left(\frac{Q^2}{r_1} + \frac{qQ}{r_2} + \frac{Qq}{r_2} + \frac{q^2}{r_2}\right)$$

$$\cancel{\frac{Q(q+Q)}{r_1}} + \cancel{\frac{q(Q+q)}{r_1}}$$

$$\cancel{\frac{(Q+q)^2}{r_1}}$$

$\mathcal{E}_{ind} = 5jR + 3iR$

$3j = i$

$j + \dots = i \Rightarrow \dots$

$$I = \frac{\mathcal{E}_0 + \frac{5kS}{8}}{\frac{23}{8}R} = \frac{8\mathcal{E}_0 + 5kS}{23}$$

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

ШИФР
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{9mv_0^2}{10} - \frac{16v_0}{30}m =$$

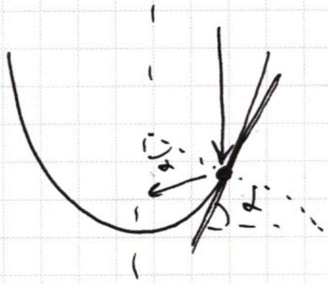
$$\frac{9mv_0^2}{10} - \frac{8v_0^2 m}{15} = \frac{27mv_0^2 - 16mv_0^2}{30}$$

$$\frac{1}{tg\beta} = \cdot\frac{1}{tg^2\beta}\frac{1}{\cos^2\beta}d\beta \qquad = \frac{11mv_0^2}{30}$$

$$tg\,\alpha = \frac{\omega^2 x}{g} \Rightarrow ctg\,\alpha = \frac{g}{\omega^2 x}$$

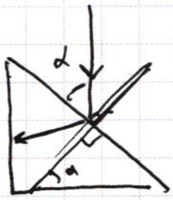
$$4 - \frac{3}{2}$$

$$5/2$$



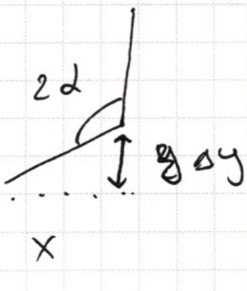
$$= \frac{-d\beta}{\sin^2\beta} \qquad \frac{3}{4} - \frac{2}{3} = \frac{1}{18}$$

$$\frac{\Delta t}{t_{1/2}} = \frac{1/6}{5/2} = \frac{1}{15}$$



$$\Delta y = x \cdot ctg\,(180 - 2\alpha)$$

$$x \cdot \frac{\cos(180-2\alpha)}{\sin 2\alpha}$$



$$\Delta y = x \cdot \frac{\cos 2\alpha}{\sin 2\alpha}$$

$$-\frac{4}{3} + \frac{3}{2} = \boxed{\frac{1}{6}}$$

$$\Delta y = x \cdot \frac{\cos 2\alpha}{\sin 2\alpha} \qquad y = \cancel{\frac{\omega^2x^2}{2g}} + \frac{g}{2\omega} - \cancel{\frac{\omega^2x^2}{2g}}$$

$$y = \frac{\omega^2 x^2}{2g} + x \cdot \frac{\cos 2\alpha}{\sin 2\alpha} =$$

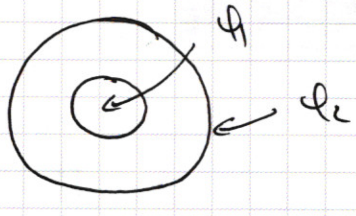
$$\int_{2/3}^{3/4} = x \cdot \frac{\cos^2\alpha - \sin^2\alpha}{2\sin\alpha\cos\alpha} = \frac{x}{2}\left(\frac{\cos\alpha}{\sin\alpha} - \frac{\sin\alpha}{\cos\alpha}\right)$$

$$= \frac{4}{3} \qquad \frac{x}{2}\left(\frac{g}{\omega^2 x} - \frac{\omega^2 x}{g}\right)$$

☒ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

$ctg\,\beta = \dfrac{\cos\beta}{\sin\beta} =)$



$ctg\,\beta' = \dfrac{-\sin^2\beta - \cos^2\beta}{\sin^2\beta}$

$\varphi_1 = \dfrac{kQ}{r_2} + \dfrac{kq}{r_1}$

$\varphi_2 = \dfrac{kQ}{r_1} + \dfrac{kq}{r_1}$

$\int \dfrac{dx}{x^2} = -\dfrac{1}{x}\Big|_{1/4}^{2/3}$

$y - Rkp = \sqrt{\cancel{Rkp}\,Rkp^2 - x^2}$

$\left(-\dfrac{1}{x}\right)' = \dfrac{1}{x^2}$ $\boxed{\dfrac{kQ^2}{2r}}$

$d(y - Rkp) =$

$\dfrac{dy}{dx} = \dfrac{-2x}{2\sqrt{Rkp^2 - x^2}}$

$5/2$

$x^2 + y^2 = R^2$

$8/3$

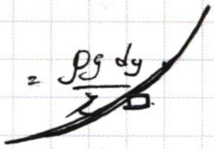
$W_1 = \dfrac{1}{2}\varphi_1 Q + \dfrac{1}{2}\varphi_2 q = \dfrac{1}{2}\cdot\dfrac{kQ^2}{r_2} + \dfrac{1}{2}\dfrac{kqQ}{r_1}$

$+ \dfrac{1}{2}\dfrac{k(Q+q)}{r_1}\cdot q$

$x^2 + y^2 = R^2$

$= \dfrac{k}{2}\left(\dfrac{Q^2}{r_2} + \dfrac{qQ}{r_1} + \dfrac{q(Q+q)}{r_1}\right)$

$\dfrac{1}{2}dx\,S = \dfrac{\rho g\,dy}{2}$



$x^2 + (y - Rkp)^2 = Rkp^2$

$\dfrac{1/c^2 \cdot M^2}{M/c^2} = M$

$\dfrac{dy}{dx} = \dfrac{2w^2 x}{2g} = \boxed{\dfrac{w^2 x}{g}}$

$W_2 = \dfrac{kQ}{2}\left(\dfrac{kQ}{r_2} - \dfrac{kQ}{r_1}\right)$

$W_1 - W_2 = \dfrac{k}{2}\left(\cancel{\dfrac{Q^2}{r_2}} + \dfrac{qQ}{r_1} + \dfrac{q(Q+q)}{r_1}\right)$

$y = Rkp + \sqrt{Rkp^2 - x^2}$

$-\cancel{\dfrac{Q^2}{r_2}} + \dfrac{Q^2}{r_1}$

☒ черновик ☐ чистовик Страница №__

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