Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

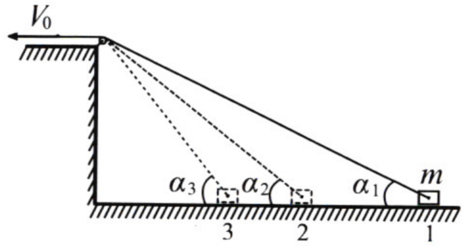
Класс 11

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}.



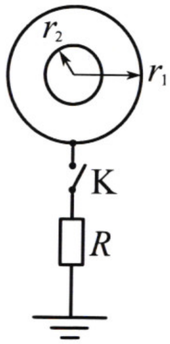
1) Найти скорость V_2 груза при прохождении точки 2.
2) Найти работу лебедки A_{12} при перемещении груза из точки 1 в точку 2.
3) Найти время t_{13} перемещения груза из точки 1 в точку 3.

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.

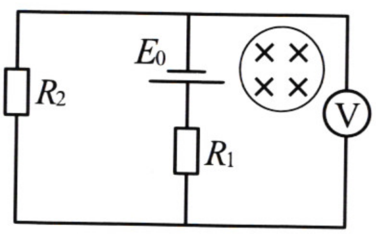
3. Два тонкостенных полых проводящих шара (тонкостенные сферы) с общим центром и радиусами r_1 и r_2 образуют сферический конденсатор (см. рис.). На внешнем шаре находится положительный заряд q, а на внутреннем шаре – положительный заряд Q. Внешний шар соединен с Землей через ключ К и резистор R. Ключ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

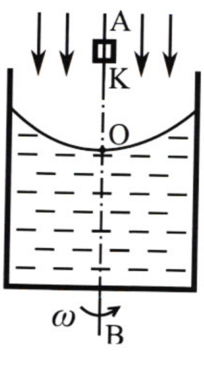
Сопротивление проводов, шаров и Земли не учитывать. Радиусы шаров значительно меньше расстояния между Землей и шарами.

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.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

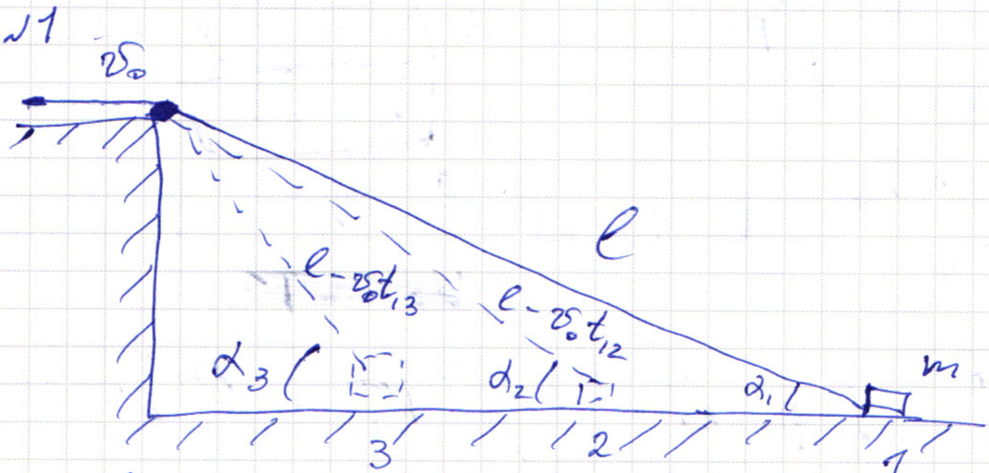
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1



1) Если горизонтальная часть лебедки за время Δt увеличила свою длину на $\Delta x = v_0 \Delta t$, то наклонная часть лебедки уменьшила свою длину на Δx, груз за малое время Δt проезжает на $\Delta y = v \cdot \Delta t$, причем $\Delta y = \frac{\Delta x}{\cos\alpha}$, откуда скорость груза $v = \frac{v_0}{\cos\alpha}$, для точки 2 $v_2 = \frac{v_0}{\cos\alpha_2} = \frac{v_0}{\sqrt{1-\frac{4}{9}}} = \frac{3v_0}{\sqrt5}$

2) Для точки 1: $v_1 = \frac{v_0}{\cos\alpha_1} = \frac{v_0}{\sqrt{1-\frac{1}{16}}} = \frac{4v_0}{\sqrt{15}}$,

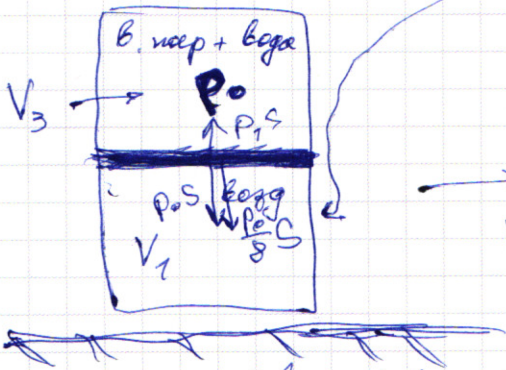
Так как сила реакции и сила тяжести перпендикулярны скорости, то они работу не совершают. По закону сохранения энергии:

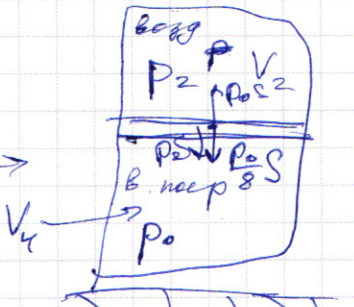
$$\frac{mv_1^2}{2} + A_{12} = \frac{mv_2^2}{2} \Rightarrow A_{12} = \frac{m\cdot 9v_0^2}{2\cdot 5} - \frac{m\cdot 16v_0^2}{2\cdot 15} = \frac{11mv_0^2}{30}$$

3) Пусть длина наклонной лебедки, когда груз проезжает точку 1, — l; тогда длины наклонных лебедок, когда груз проезжает точки 2 и 3, см. продолжение на стр. 2

☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

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





$$mg = \frac{p_0}{8}S$$

$$p_2 = p_0 - \frac{p_0}{8} = \frac{7}{8}p_0$$

$$\frac{9}{8}p_0 \cdot V_1 = \frac{7}{8}p_0 \cdot V_2$$

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

$$V_3 + V_1 = \underset{\frac{9}{7}V_1}{\underset{\parallel}{V_2}} + V_4 \ ; \quad V_3 - V_4 = \Delta V = \left(\frac{9}{7} - 1\right)V_1 = \frac{2}{7}V_1$$

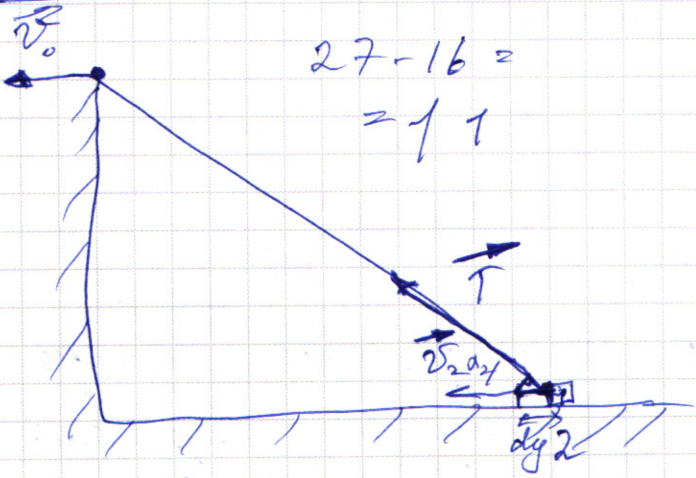
$$\begin{cases} p_0 \cdot V_3 = \frac{m_1}{\mu}RT_0 \\ p_0 \cdot V_4 = \frac{m_2}{\mu}RT_0 \end{cases} \quad \left\{ p_0 \cdot \Delta V = \frac{(m_1 - m_2)}{\mu}RT_0 = \frac{\Delta m}{\mu}RT_0 \right.$$

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

$$U_1 = \frac{5}{2}\nu_в RT_0 + \frac{i}{2}\frac{m_1}{\mu}RT_0 + U_{в1}$$

$$U_2 = \frac{5}{2}\nu_в RT_0 + \frac{i}{2}\frac{m_2}{\mu}RT_0 + U_{в2}$$

$$\Delta U = \Delta U_в + \frac{i}{2}\frac{\Delta m RT_0}{\mu}$$



$$27 - 16 = 11$$

$$dx = dy \cdot \cos\alpha_2$$

$$v_0 = v_2 \cdot \cos\alpha_2$$

$$v_2 = \frac{v_0}{\cos\alpha_2} = \frac{v_0}{\sqrt{1 - \frac{4}{9}}} = \frac{3v_0}{\sqrt{5}}$$

$$T \cdot \cos\alpha_2 = m \cdot \frac{dv}{dt}$$

$$dA = T \cdot v \cdot dt \cdot \cos\alpha = v\,dt \cdot m\frac{dv}{dt} = m v\,dv$$

$$\cancel{A_{12} = \int_{v_1}^{v_2} m v\,dv = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}}$$

$$\frac{3v_0}{\sqrt{5}} > \frac{4v_0}{\sqrt{15}} \quad \sqrt{3}$$

$$3\sqrt{3} > 4$$
$$> 16$$

$$v_2 = \frac{3v_0}{\sqrt{5}} \ ; \quad v_1 = \frac{v_0}{\cos\alpha_1} = \frac{v_0}{\sqrt{1 - \frac{1}{16}}} = \frac{4v_0}{\sqrt{15}}$$

$$A = \Delta E_к = \frac{m \cdot 27 v_0^2}{2 \cdot 15} - \frac{m \cdot 16 v_0^2}{2 \cdot 15} = \frac{11 m v_0^2}{30}$$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__
(Поставьте галочку в нужном поле) (Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

– в, соответственно, $l - v_0 t_{12}$, и $l - v_0 t_{13}$

Высота стены – H:

$$\begin{cases} H = l \cdot \sin\alpha_1 \\ H = (l - v_0 t_{12}) \cdot \sin\alpha_2 \\ H = (l - v_0 t_{13}) \cdot \sin\alpha_3 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} l \cdot \frac{1}{4} = (l - v_0 t_{12}) \cdot \frac{2}{3} \\ 3l = 8l - 8 v_0 t_{12} \end{cases}$$

$\Rightarrow l = \frac{8}{5} v_0 t_{12} \Rightarrow \frac{8}{5} \cdot v_0 t_{12} \cdot \sin\alpha_1 = (\frac{8}{5} v_0 t_{12} - v_0 t_{13}) \cdot \sin\alpha_3$

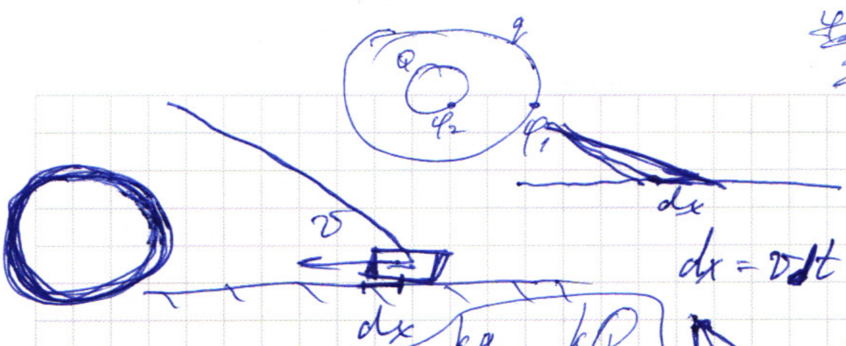
$\Rightarrow \frac{8}{5} \cdot t_{12} \cdot \frac{1}{4} = (\frac{8}{5} t_{12} - t_{13}) \cdot \frac{3}{4} \Rightarrow \cancel{24 t_{12}}$

$\Rightarrow 8 t_{12} = 24 t_{12} - 15 t_{13}; \Rightarrow t_{13} = \frac{16}{15} t_{12}$

Ответ: 1) $v_2 = \frac{3 v_0}{\sqrt{5}}$

2) $A_{12} = \frac{11 m v_0^2}{30}$

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



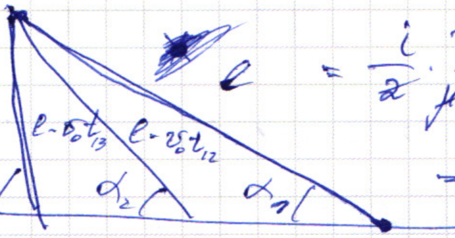
$v = \frac{v_0}{\cos\alpha}$

$dx = v\,dt$ $\quad v_0 t_{12} = l \cdot \frac{\sin\alpha_2 - \sin\alpha_1}{\sin\alpha_2}$

$\varphi_2 = \frac{kq}{r_1} + \frac{kQ}{r_2}$

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

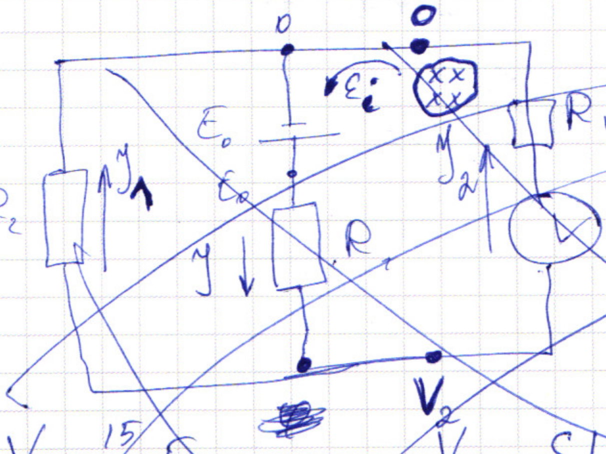
$l = \frac{i}{2} \cdot \frac{2 p_0 V_1 \mu}{\mu\, 7 R T_0} \cdot R T_0 = \frac{i}{7} p_0 V_1$



$H = l \cdot \sin\alpha_1 = (l - v_0 t_{12}) \cdot \sin\alpha_2 = (l - v_0 t_{13}) \cdot \sin\alpha_3$

$l \cdot \frac{\sin\alpha_1}{\sin\alpha_2} = l - v_0 t_{12} \qquad l - v_0 t_{13} = l \cdot \frac{\sin\alpha_1}{\sin\alpha_3}$

$t_{13} = \frac{l}{v_0} \cdot \frac{\sin\alpha_3 - \sin\alpha_1}{\sin\alpha_3} = \frac{v_0 t_{12}}{v_0} \cdot \frac{\sin\alpha_2}{\sin\alpha_2 - \sin\alpha_1}$



$I_1 = \frac{\varphi}{3R}; \quad I_2 = \frac{\varphi}{5R}; \quad I = \frac{\mathcal{E}_0 - \varphi}{R}$

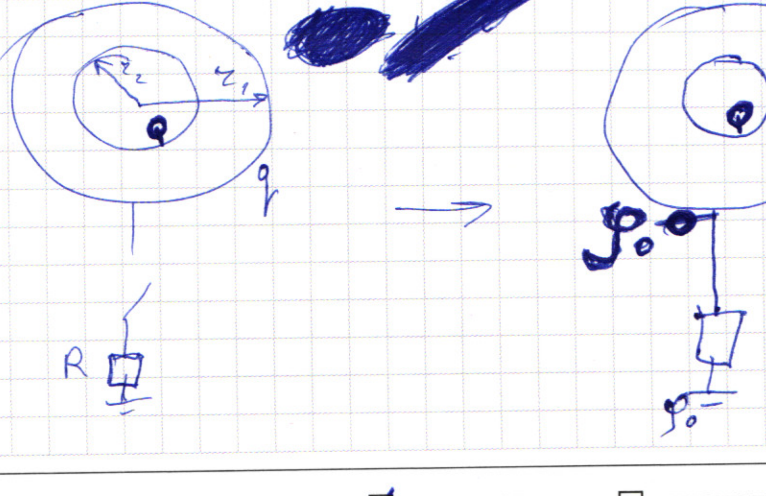
$\frac{\mathcal{E}_0 - \varphi}{R} = \frac{\varphi}{5R} + \frac{\varphi}{3R} \quad \Big| \cdot 15$

$15\mathcal{E}_0 - 15\varphi = 3\varphi + 5\varphi$

$15\mathcal{E}_0 = 23\varphi; \quad \varphi = \frac{15}{23}\mathcal{E}_0$

$V_1 = \frac{15}{23}\mathcal{E}_0 \qquad V_2 = Sk + \varphi$

$\mathcal{E}_i = -Sk \qquad I_2 =$

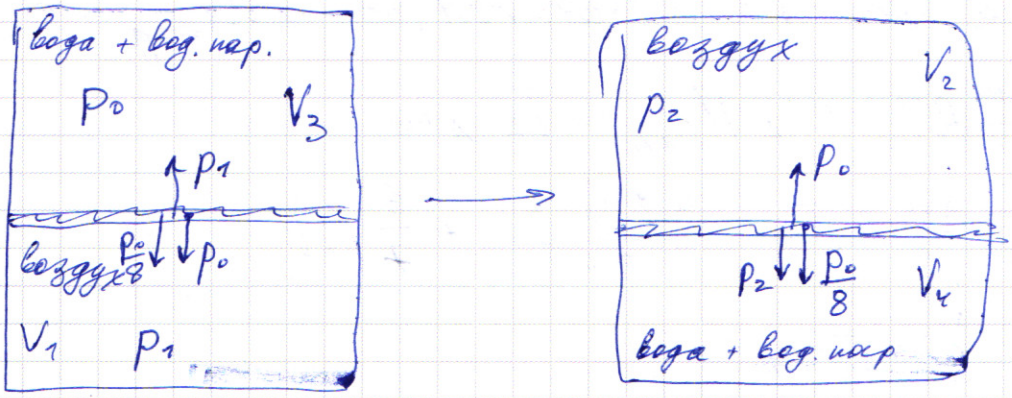


☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2



1) Давление насыщенных паров воды при температуре T_0 равно нормальному атмосферному p_0.
Т.к. водяной пар имеет контакт с водой, то пар – насыщенный. ~~[illegible]~~ (давлением столба жидкости пренебрегаем, т.к. объем жидкости мал). Тогда давление воздуха в начале $p_1 = p_0 + \frac{p_0}{8} = \frac{9}{8}p_0$.
Давление воздуха в конце $p_2 = p_0 - \frac{p_0}{8} = \frac{7}{8}p_0$
По закону Бойля–Мариотта для воздуха: $p_1V_1 = p_2V_2$
$\Rightarrow \frac{9}{8}V_1 = \frac{7}{8}V_2 \Rightarrow V_2 = \frac{9}{7}V_1$

2) Пусть объем пара в начале и в конце – V_3 и V_4, соответственно. Из неизменности объема всего сосуда: $V_1 + V_3 = V_2 + V_4 \Rightarrow V_3 - V_4 = \frac{2}{7}V_1$.
По ур-нию Клапейрона–Менделеева:

$$\begin{cases} p_0 \cdot V_3 = \frac{m_1}{\mu}RT_0 \\ p_0 \cdot V_4 = \frac{m_2}{\mu}RT_0 \end{cases} \Rightarrow p_0 \cdot \frac{2}{7}V_1 = \frac{\Delta m}{\mu}RT_0 \Rightarrow \Delta m = \frac{2p_0V_1\mu}{7RT_0}$$

См. на следующей странице

3) Внутренняя энергия содержимого сосуда складывается из внутр. эн. воздуха, воды и водяного пара. $U = U_{возд} + U_{вод} + U_{пара}$

$\Delta U = \Delta U_{возд} + \Delta U_{воды} + \Delta U_{пара}$. Т.к. кол-во воздуха и его температура не меняется, то $\Delta U_{возд} = 0$

$\Delta U_{пара} = \frac{6}{2} \frac{\Delta m}{\mu} R T_0$; $\Delta U_{воды} = L \cdot \Delta m$

$$\Delta U = L \Delta m + \frac{6}{2} \cdot \frac{\Delta m}{\mu} R T_0 = \frac{2 p_0 V_1 \mu L}{7 R T_0} + \frac{6}{7} p_0 V_1$$

Ответ: 1) $V_2 = \frac{9}{7} V_1$

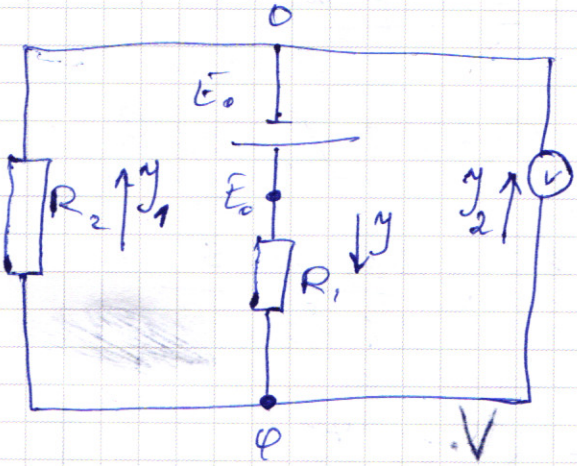
2) $\Delta m = \frac{2 p_0 V_1 \cdot \mu}{7 R T_0}$

3) $\Delta U = \frac{2 p_0 V_1 \mu L}{7 R T_0} + \frac{6}{7} p_0 V_1$

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4



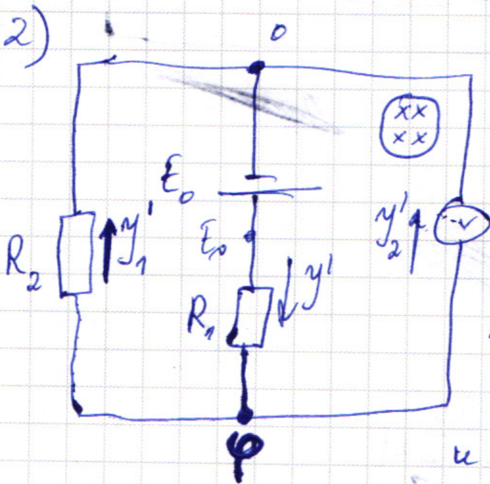
1) Если $B = const$, то $\Delta B = 0$ и ЭДС индукции, по закону Фарадея, $\mathcal{E}_i = 0$.
J, J_1, J_2 – силы тока через резистор R_1, R_2 и вольтметр соответственно.

$J = \frac{\mathcal{E}_0 - \varphi}{R_1}$; $J_1 = \frac{\varphi}{R_2}$; $J_2 = \frac{\varphi}{R_V}$

$J = J_1 + J_2$; $\frac{\mathcal{E}_0 - \varphi}{R} = \frac{\varphi}{3R} + \frac{\varphi}{5R} \Rightarrow 15\mathcal{E}_0 - 15\varphi = 5\varphi + 3\varphi$

$\Rightarrow \varphi = \frac{15}{23}\mathcal{E}_0 \Rightarrow V_1 = \varphi - 0 = \frac{15}{23}\mathcal{E}_0$

2)



По з-ну Фарадея, $\mathcal{E}_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -S\frac{\Delta B}{\Delta t} = -Sk$

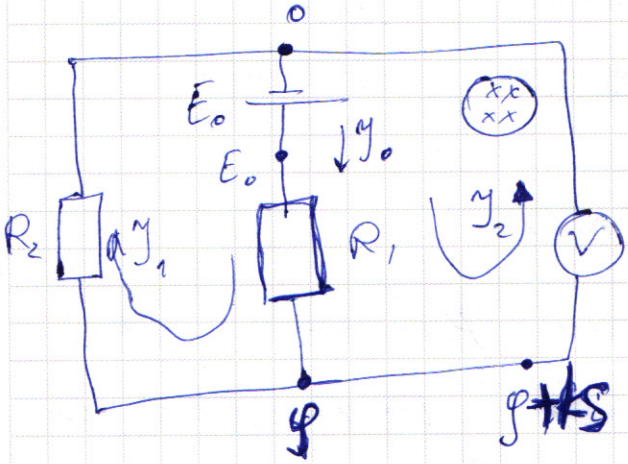
Тогда если напряжение на R_2 равно φ, то напряжение на R_1 и вольтметре, соответственно, $\mathcal{E}_0 - \varphi + |\mathcal{E}_i|$ и $\varphi + |\mathcal{E}_i|$. J', J_1' и J_2' – токи через R_1, R_2 и вольтметр соответств. $J = J_1' + J_2'$

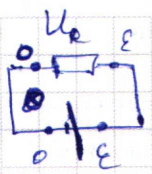
$\frac{\mathcal{E}_0 - \varphi + |\mathcal{E}_i|}{R} = \frac{\varphi}{3R} + \frac{\varphi + |\mathcal{E}_i|}{5R} \Rightarrow \varphi = \frac{15\mathcal{E}_0 + 12kS}{23} \Rightarrow$

$\Rightarrow V_2 = \varphi + |\mathcal{E}_i| = \frac{15\mathcal{E}_0 + 35kS}{23}$

Ответ: 1) $V_1 = \frac{15}{23}\mathcal{E}_0$; 2) $V_2 = \frac{15\mathcal{E}_0 + 35kS}{23}$

$U_R = \mathcal{E} + |\mathcal{E}_i|$





$\mathcal{E}_i = -kS$

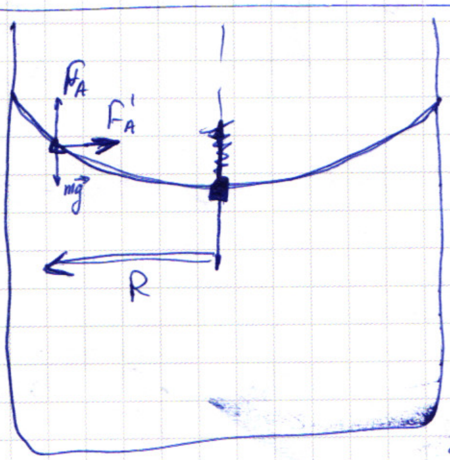
$V_2 = kS + \varphi$

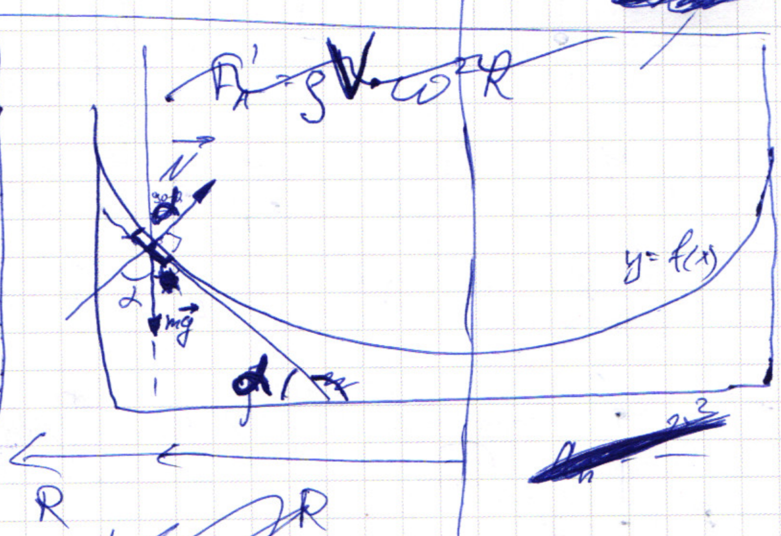
$y_0 = \frac{E_0-\varphi}{R}$; $y_1 = \frac{\varphi}{2R}$; $y_2 = \frac{\varphi+kS}{5R}$

$\frac{E_0-\varphi}{R} = \frac{\varphi}{2R} + \frac{\varphi+kS}{5R} \Big| \cdot 10$

$10E_0 - 10\varphi = 5\varphi + 2\varphi + 2kS$; $\varphi = \frac{10E_0 - 2kS}{17}$

$V_2 = \varphi + kS = \frac{10E_0 - 2kS + 17kS}{17} = \frac{10E_0 + 15kS}{17}$





$\cancel{F_A' = \rho V \omega^2 R}$

$N = mg\cos\alpha$

$N\sin\alpha = m\omega^2 R$

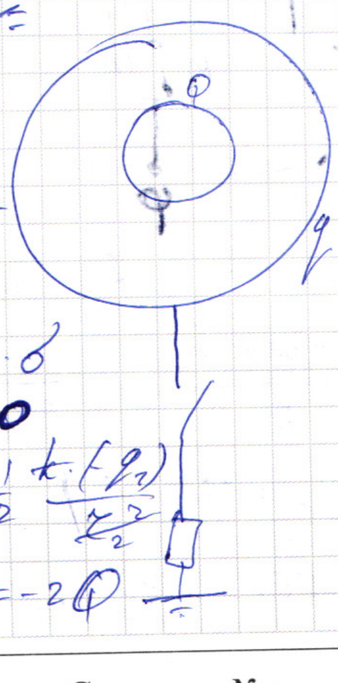
$\frac{1}{2} mg\, 2\sin\alpha\cos\alpha = m\omega^2 R$

$\sin 2\alpha = \frac{2\omega^2 R}{g}$

$\cos 2\alpha = \sqrt{1 - \frac{4\omega^4 R^2}{g^2}} = 2\cos^2\alpha - 1$

$f'(R) = \operatorname{tg}\alpha$

$\sigma = \frac{q_1}{4\pi r_1^2}$



$dq = dS \cdot \sigma$

$E = \frac{kQ}{r_2^2}$

$E_2 = \frac{1}{2}\frac{k|q_1|}{r_2^2}$

$q_1 < 0$

$\frac{kQ}{r_2^2} = \frac{1}{2}\frac{k(q_1)}{r_2^2}$

$q_1 = -2Q$

☑ черновик ☐ чистовик

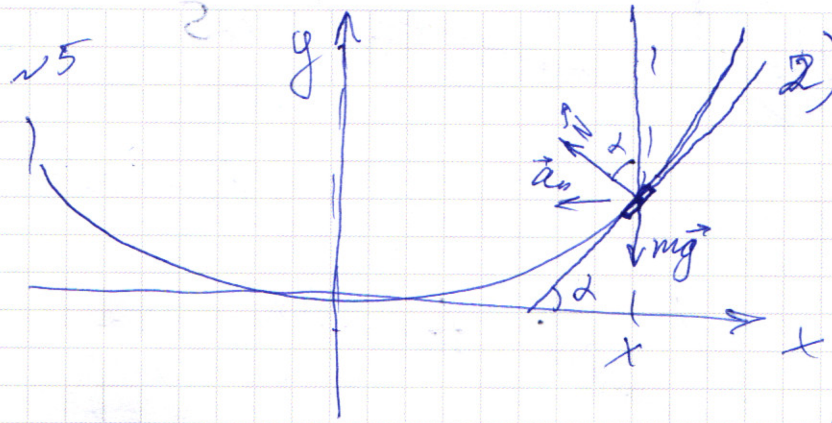
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5

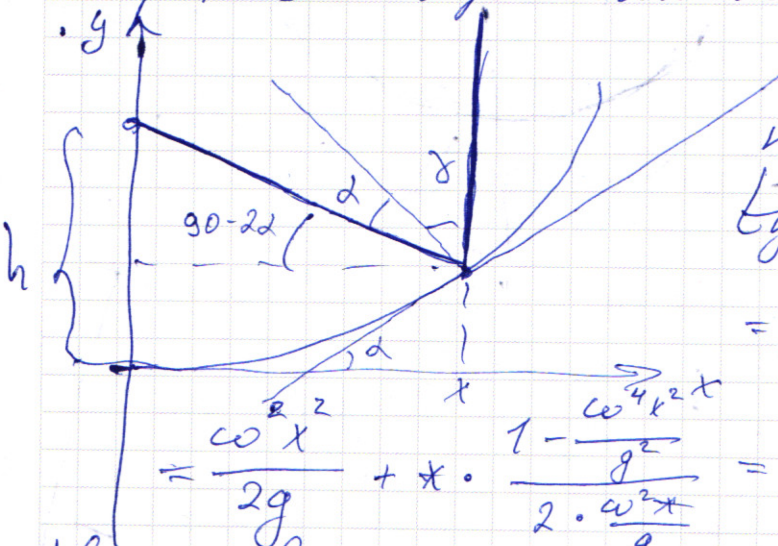


2) Рассмотрим кусочек жидкости на поверхности, находящийся на расстоянии x от оси вращения.

По II-му з-ну Ньютона: $\begin{cases} N\cos\alpha = mg \\ N\sin\alpha = m\omega^2 x \end{cases} \Rightarrow tg\,\alpha = \dfrac{\omega^2 x}{g}$

Если кривая поверхности задается функцией $y = f(x)$, то $tg\,\alpha = (f(x))'$ $\quad (f(x))' = \dfrac{\omega^2 x}{g} \Rightarrow f(x) = \dfrac{\omega^2}{2g} \cdot x^2$

Итак, ~~форма~~ кривая, образованная сечением поверхности вертикальной плоскостью, — парабола.



Рассмотрим луч, падающий на поверхность.

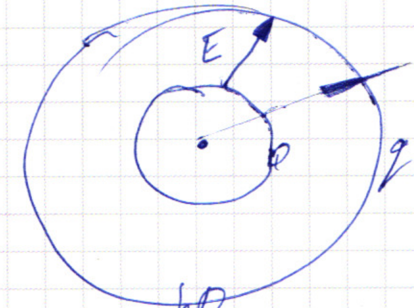
$tg\,\alpha = \dfrac{\omega^2 x}{g}$; $h = \dfrac{\omega^2 x^2}{2g} + x \cdot tg(90 - 2\alpha) =$

$= \dfrac{\omega^2 x^2}{2g} + x \cdot \dfrac{1 - tg^2\alpha}{2tg\alpha} =$

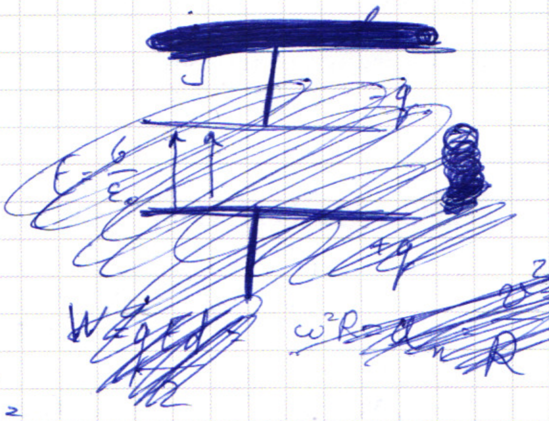
$= \dfrac{\omega^2 x^2}{2g} + x \cdot \dfrac{1 - \frac{\omega^4 x^2}{g^2}}{2 \cdot \frac{\omega^2 x}{g}} = \dfrac{\omega^4 x^2}{2g\omega^2} + \dfrac{g^2 - \omega^4 x^2}{2\omega^2 g} = \dfrac{g^2}{2\omega^2 g} = \dfrac{g}{2\omega^2}$

Итак, все лучи, падающие на поверхность, пересекутся в точке, находящейся на высоте $h = \dfrac{g}{2\omega^2}$ от точки O. $\boxed{\text{См. на следующей странице}}$

$\frac{1}{2}+\frac{1}{8}=0,5+0,125$



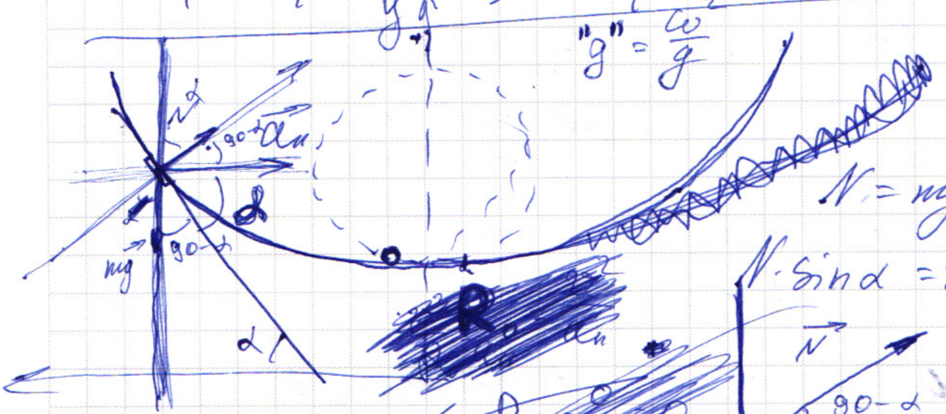
$E=\frac{kQ}{r}$



$R=\frac{v^2}{a_n}$

$\frac{\omega^2}{g}$ $\frac{g}{\omega^2}$

$15E_0-15\varphi+15kS=$
$=5\varphi+3\varphi+3kS;\ 23\varphi=15E_0+12kS;\ \varphi=\frac{15E_0+12kS}{23}$



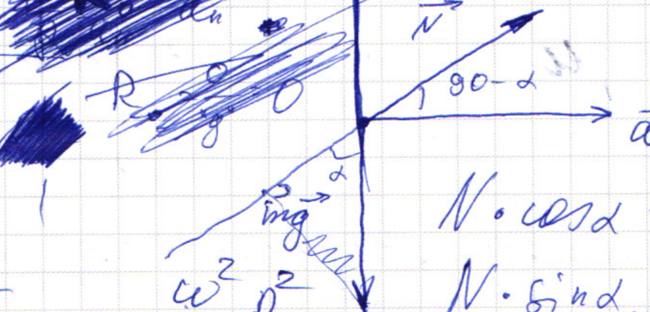
$"g"=\frac{\omega^2}{g}$

$tg\alpha=y'$

$g=\omega^2R$

$N=mg\cos\alpha$

$N\cdot\sin\alpha=m\omega^2R$



~~$N=mg\cos\alpha$~~

~~$N\cdot\sin\alpha=ma_n$~~

$y=\frac{\omega^2}{2g}\cdot R^2$

$tg\alpha=\frac{\omega^2R}{g}$

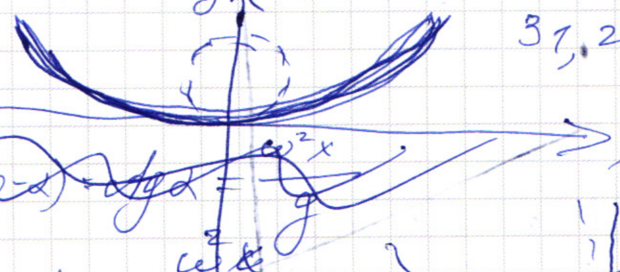
$N\cdot\cos\alpha=mg$

$N\cdot\sin\alpha=m\omega^2R$

$(y(R))'=\frac{\omega^2R}{g}\ \rightarrow\ y=\frac{\omega^2}{2g}R^2$

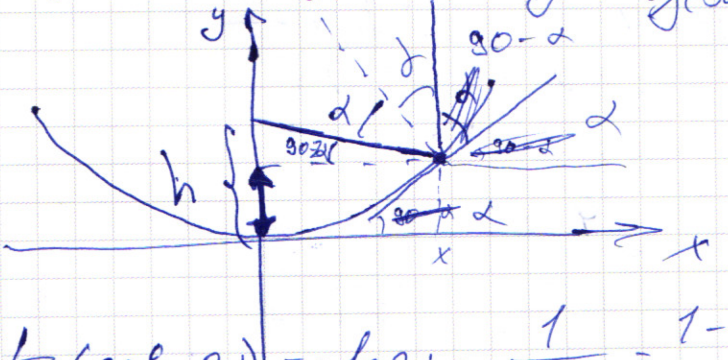
$y=kR^2$

$y'=2kR=\frac{\omega^2R}{g}\Rightarrow k=\frac{\omega^2}{2g}$



31,25

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

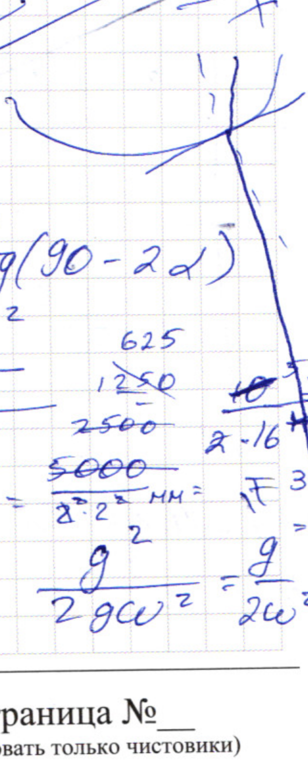


$h=\frac{\omega^2x^2}{2g}+x\cdot tg(90-2\alpha)$

$tg(90^\circ-2\alpha)=ctg2\alpha=\frac{1}{tg2\alpha}=\frac{1-tg^2\alpha}{2tg\alpha}=\frac{1-\frac{\omega^4x^2}{g^2}}{2\cdot\frac{\omega^2x}{g}}$

$\frac{625}{\cancel{1250}}\ \frac{\cancel{2500}}{}\ \frac{5000}{8^2\cdot2^2}$ мм $=$ 312,5 мм $=$ 31,25 см

$\frac{10^5\cdot10^3}{2\cdot16}$ мм



$h=\frac{\omega^4x^2}{2g\omega^2}+\frac{g^2-\omega^4x^2}{2g\omega^2}=\frac{g^2}{2g\omega^2}=\frac{g}{2\omega^2}$

☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1) Вблизи точки О поверхность можно рассматривать как сферическое зеркало, радиус которого равен искомому радиусу кривизны. Фокусное расстояние этого зеркала $F = \frac{g}{2\omega^2}$. Радиус и фок. расстояние связаны:

: $F = \frac{R}{2} \Rightarrow R = \frac{g}{\omega^2} = \frac{10}{16}$ м $= \frac{5}{8}$ м $= 0{,}625$ м $= 62{,}5$ см

Ответ: 1) $R = \frac{g}{\omega^2} = 62{,}5$ см ; 2) $h = \frac{g}{2\omega^2} = 31{,}25$ см

№3

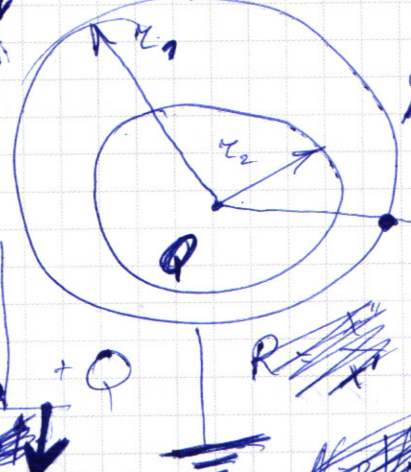
1) Заряд на внутреннем шаре останется таким же, а на внешнем станет таким, чтобы напряженность поля на поверхности внеш. шара была равна нулю. От внутр. шара $E_2 = \frac{kQ}{r_1^2}$

От внеш: $E_1 = \frac{k|q_1|}{2r_1^2} \overset{(E_1=E_2)}{\Rightarrow} |q_1| = 2Q$; $q_1 = -2Q$

$W_1 \quad W = \frac{qU}{2}$

$q_1 < 0$

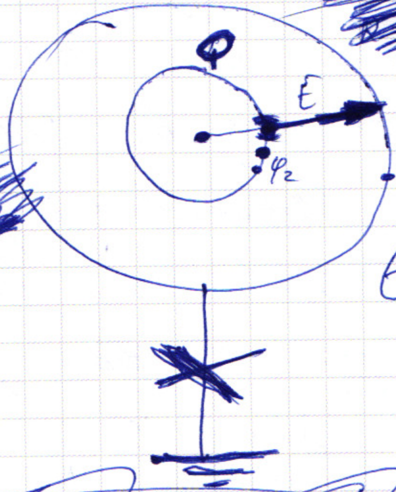
$E_1 = E_2$



$E_1 = \frac{kQ}{r_1^2}; \quad E_2 = \frac{kQ\,|q_1|}{2r_2^2}$

$\Rightarrow \boxed{q = -2Q}$

$\varphi = \frac{kq}{r}$



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

$\varphi = \frac{kq}{r}\Big|_{r=r_1}$

$E = \frac{kQ}{r^2}\Big|_{r=r_2}$

$E = \frac{d\varphi}{dr}$

$\int \frac{dr}{r^2} = -\frac{1}{r}$

$d\varphi = \frac{kQ}{r^2}dr$

$\frac{kQ}{r} + \frac{kq}{r_1}$

$\varphi_2 = \frac{kQ}{r_2} + \frac{kq}{r_1}$

$\frac{kQ}{r_2} + \cancel{\frac{kq}{r_1}} \gtrless \cancel{\frac{kq}{r_1}} + \frac{kQ}{r_1}$

$\varphi_1 = \frac{k(q+Q)}{r_1}$

$r = \frac{R}{2}$

$r_1 \gtrless r_2$

$\varphi_2 > \varphi_1$

$dW = dA = El \cdot dq = \frac{q\,dq}{\varepsilon_0 S} \cdot l$

$dA = (\varphi_2 - \varphi_1)\,dq = \left(\frac{kQ}{r_2} + \cancel{\frac{kq}{r_1}} - \cancel{\frac{kq}{r_1}} - \frac{kQ}{r_1}\right)dq$

$W = \frac{lq^2}{2\varepsilon_0 S}$

$\boxed{W = k\,\frac{r_1 - r_2}{r_1 r_2} \cdot \frac{Q^2}{2}}$

$C = \frac{\varepsilon_0 S}{l} \qquad W = \frac{q^2}{2C}$

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

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

~~$dW = dA = (\varphi_2 - \varphi_1)dq = \left(\frac{kQ}{r_2} - \frac{kQ}{r_1}\right)dq$~~