

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

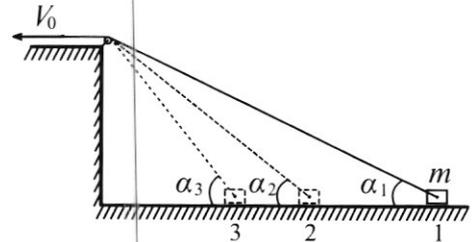
Класс 11

Вариант 11-06

Шифр

(заполняется секретарем)

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 $\sin \alpha_1 = \frac{1}{2}$, $\sin \alpha_2 = \frac{3}{4}$, $\sin \alpha_3 = \frac{4}{5}$. От точки 1 до точки 2 груз перемещается за время t_{12} .



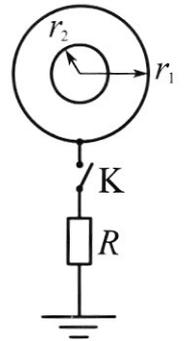
- 1) Найти скорость V_2 груза при прохождении точки 2.
- 2) Найти работу лебедки A_{23} при перемещении груза из точки 2 в точку 3.
- 3) Найти время t_{13} перемещения груза из точки 1 в точку 3.

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

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

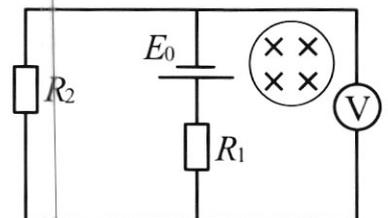
Удельная теплота испарения воды L , молярная масса воды μ . Массой воды, пара и воздуха по сравнению с массой поршня пренебречь. Объемом воды при конденсации пара можно пренебречь по сравнению с объемом пара, из которого образовалась вода. Воздух считать идеальным газом.

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



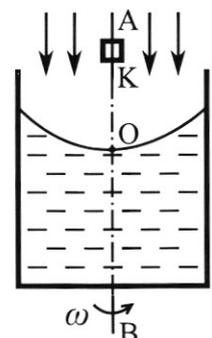
- 1) Найти заряд q_1 на внешнем шаре после замыкания ключа.
- 2) Найти энергию W_1 электрического поля в пространстве между шарами (сферами) до замыкания ключа.
- 3) Какое количество теплоты W выделится в резисторе R после замыкания ключа? Сопротивление проводов, шаров и Земли не учитывать. Радиусы шаров значительно меньше расстояния между Землей и шарами.

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



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

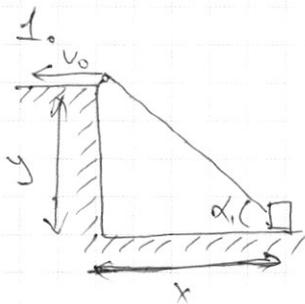
5. Цилиндрический сосуд с жидкостью вращается с угловой скоростью $\omega = 2,5 \text{ с}^{-1}$ вокруг вертикальной оси АВ, совпадающей с осью симметрии сосуда (см. рис.). Наблюдатель, находясь вблизи экватора Земли, рассматривает в полдень изображение Солнца с помощью миниатюрной камеры К, расположенной 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 $g = 10 \text{ м/с}^2$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\sin \alpha_1 = \frac{1}{2} \quad \sin \alpha_2 = \frac{3}{4} \quad \sin \alpha_3 = \frac{4}{5}$$

длина троса $L(t) = l_0 - v_0 t$

длина троса $L(t) = \sqrt{y^2(t) + x^2(t)}$ $y(t) = \text{const}$

$$L'(t) = -v_0 = \left(\sqrt{y^2 + x^2} \right)' = \frac{1 \cdot (x^2)' + (y^2)'}{2 \sqrt{y^2 + x^2}} = \frac{2x x'}{2 \sqrt{y^2 + x^2}}$$

$$v_x = x' = \frac{-v_0 \sqrt{y^2 + x^2}}{x}$$

$$v_x = -\frac{v_0}{\cos \alpha_2}$$

1) $v_2 = \frac{v_0}{\cos \alpha_2}$ $\cos \alpha_2 = \sqrt{\frac{7}{16}}$ $v_2 = \frac{4v_0}{\sqrt{7}}$

2) Запишем ЗСД: (т.к. груз не пер. $Q = A + U = 0$)

$$\Delta E_k = A$$

$$A = \frac{m v_3^2}{2} - \frac{m v_2^2}{2} = \frac{m v_0^2}{2} \left(\frac{1}{\cos^2 \alpha_3} - \frac{1}{\cos^2 \alpha_2} \right) = \left(\frac{1}{\left(\sqrt{1 - \frac{16}{25}} \right)^2} - \frac{1}{\left(\sqrt{1 - \frac{9}{16}} \right)^2} \right) \frac{m v_0^2}{2} =$$

$$= \frac{m v_0^2}{2} \left(\frac{25 \cdot 7 - 16 \cdot 9}{9 \cdot 7} \right) = \frac{m v_0^2}{2} \left(\frac{175 - 144}{63} \right) = \frac{m v_0^2}{2} \cdot \frac{31}{63}$$

3) $x_1 = y / \tan \alpha_1$ $x_2 = y / \tan \alpha_2$ $x_3 = y / \tan \alpha_3$ $\tan \alpha_1 = \frac{1}{\sqrt{3}}$ $\tan \alpha_2 = \frac{3}{\sqrt{7}}$

~~хорошо~~ $\sqrt{x_1^2 + y^2} - \sqrt{x_2^2 + y^2} = v_0 t_{12}$
изменение длины троса.

$$\tan \alpha_3 = \frac{4}{3}$$

$$y \sqrt{\frac{3}{3} + 1} - y \sqrt{\frac{7}{9} + 1} = v_0 t_{12}$$

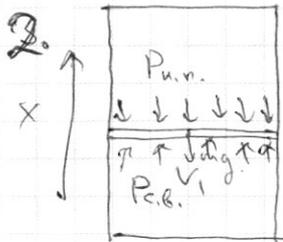
$$2y - \frac{4}{3}y = v_0 t_{12}$$

$$\frac{2}{3}y = v_0 t_{12} \quad y = \frac{3}{2} v_0 t_{12}$$

$$y \sqrt{3 + 1} - y \sqrt{\frac{9}{16} + 1} = v_0 t_{13}$$

$$2y - \frac{5}{4}y = v_0 t_{13} \quad \frac{3}{4}y = v_0 t_{13} \quad v_0 t_{13} = \frac{3}{4} \cdot \frac{3}{2} v_0 t_{12}$$

$$t_{13} = \frac{9}{8} t_{12}$$



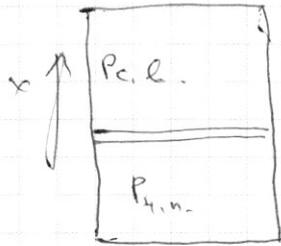
$P_{н.н.} (373K) = P_0$ пар насыщ. т.к. есть вода.

$$\frac{mg}{S} = \frac{P_0}{6}$$

запишем 1 закон Ньютона.

$$SP_{с.в.} - mg - P_{н.н.}S = 0$$

$$P_{с.в.} = \frac{P_0}{6} + P_0 = \frac{7}{6} P_0$$



запишем 1 закон Ньютона.

$$SP_{н.н.} - mg - SP_{с.в.} = 0$$

$$P_{н.н.} = \frac{P_0}{6} + P_{с.в.}$$

$$P_{с.в.} = \frac{5}{6} P_0$$

$P_{с.в.} V_2 = P_{с.в.} V_1$ — из уравнение Менделеева Клапейрона

$$PV = \nu RT = \text{const}$$

$$\nu = \text{const} \quad R = \text{const}$$

$$PV = \text{const.}$$

$$T = \text{const.}$$

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

$$1) V_2 = \frac{7}{5} V_1$$

$$\Delta V = V_1 - V_2 = -\frac{2}{5} V_1$$

запишем уравнение М-К для насыщ. пара

$$P_{н.н.} V_{н.н.} = \nu RT$$

$$V_{н.н.} - V_{н.н.} = -\Delta V$$

$$P_{н.н.} V_{н.н.} = \nu RT$$

$$-\Delta V P_{н.н.} = \Delta \nu RT$$

$$2) \Delta \nu = \frac{\Delta m}{\mu}$$

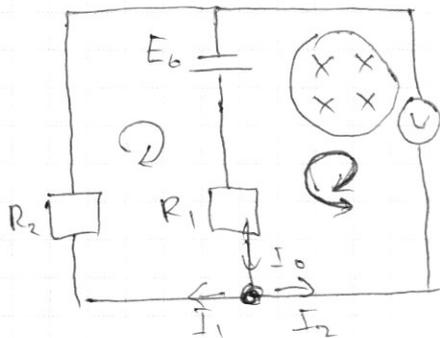
$$\frac{2}{5} V_1 P_0 = \frac{\Delta m}{\mu} RT \rightarrow \Delta m = \frac{2 V_1 P_0 \mu}{5 RT}$$

3. т.к. температура $T = 373K$ — константа. изменение

внутренней энергии может произойти только из перехода пара в воду. $\rightarrow \Delta U = \Delta m L$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4.



$$1) \quad \mathcal{E}_i = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = 0$$

$$R_V = 4R \quad R_1 = R \quad R_2 = 3R$$

Запишем 2 закона Кирхгофа:

$$I_0 R + 4R I_2 = \mathcal{E}_0$$

$$I_0 R + 3R I_1 = \mathcal{E}_0$$

Запишем 1 закон Кирхгофа:

$$I_0 = I_1 + I_2$$

$$3R I_1 = 4R I_2$$

$$I_1 = \frac{4}{3} I_2$$

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

решаем систему уравнений

$$I_0 R + 4R I_2 = \mathcal{E}_0$$

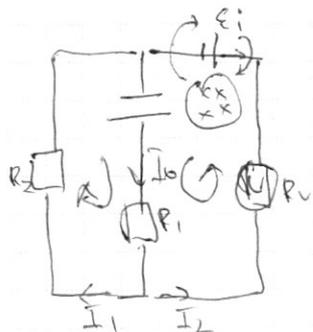
$$\frac{7}{3} I_2 R + 4R I_2 = \mathcal{E}_0$$

$$\frac{19}{3} I_2 R = \mathcal{E}_0$$

$$U_V = 4R I_2 = 4R \cdot \frac{3\mathcal{E}_0}{19R} = \frac{12\mathcal{E}_0}{19}$$

$$2) \quad |\mathcal{E}_i| = \frac{d\Phi}{dt} = \frac{d(BS)}{dt} = \frac{S dB}{dt} = kS$$

т.к. \mathcal{E}_i будет идти против изменения магнитного поля.



Запишем 2 закона Кирхгофа

Запишем 1 закон Кирхгофа

$$I_0 = I_1 + I_2$$

$$E - \mathcal{E}_i = I_0 R + 4R I_2$$

$$E = I_0 R + 3R I_1$$

$$\mathcal{E}_i = 3R I_1 - 4R I_2$$

решаем уравнения.

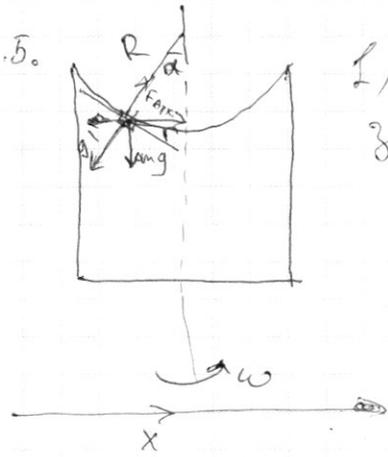
$$kS + 4R I_2 = 3R I_1 \Rightarrow I_1 = \frac{kS}{3R} + \frac{4}{3} I_2$$

$$I_0 = \frac{kS}{3R} + \frac{4}{3} I_2 + I_2 = \frac{kS}{3R} + \frac{7}{3} I_2$$

$$E = \frac{kS}{3} + \frac{7}{3} I_2 R + 4R I_2 + kS = \frac{4kS}{3} + \frac{19}{3} I_2 R$$

$$I_2 = \frac{E - \frac{4}{3} kS}{19R} \cdot 3$$

$$U_V = I_2 \cdot 4R = \frac{E - \frac{4}{3} kS}{19R} \cdot 3 \cdot 4R = \frac{12E - 16kS}{19}$$



1) рассмотрим маленький кусок воды.
 запишем 1 закон Ньютона на ось X

$$F_{цн} \sin \alpha = \Delta m \omega^2 R$$

$$\rho V g' \sin \alpha = \Delta m \omega^2 R$$

$$\Delta m g' \sin \alpha = \Delta m \omega^2 R$$

запишем 1 закон Ньютона на ось Y

$$F_{н} \cos \alpha = \Delta m g$$

$$\Delta m g' \cos \alpha = \Delta m g \quad g' = \frac{g}{\cos \alpha}$$

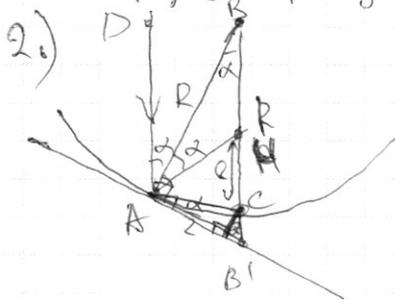
$$g \tan \alpha = \omega^2 R.$$

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

замечаем что $R \cdot \tan \alpha = v \quad R \cdot \frac{\omega^2 R}{g} = v$

$$R = \frac{g}{\omega^2} = 1.6 \text{ м.}$$

если рассмотрим и другие куски воды на водной глади то у них $R = 1.6 \text{ м}$,
 т.е. радиус кривизны $R = 1.6 \text{ м}$.



$$\triangle A \parallel BC$$

$$\angle PAB = \angle ABC \text{ (накрест)}$$

$$\angle BAH = \angle BAD \text{ (угол падения = угол отражения)}$$

продолжим BC до пересечения. заметим что AR - медиана в прямоугольном треугольнике.

$$HB' = BH$$

(но мы рассматриваем α-малый угол)

$$\alpha\text{-малый} \Rightarrow BB' \approx BA + R \alpha \approx \frac{R \alpha^2}{2 \cos \alpha}$$

$$\frac{R \alpha^2}{2 \cos \alpha} \approx 0$$

$$BB' = BC$$

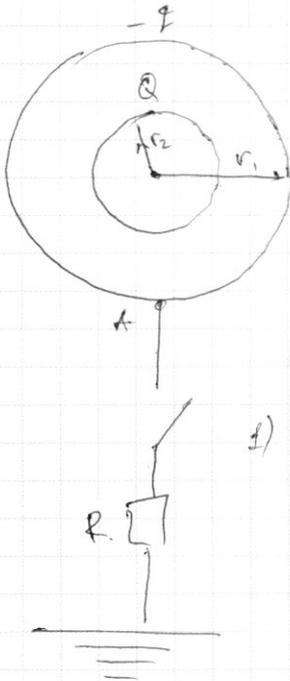
$$BH = 0.8 \text{ м} = \frac{BC}{2} = \frac{R}{2}, \text{ а } B_1 H - \text{ это расстояние от точки}$$

O на котором наблюд. солнце.

$$l = 0.8 \text{ м}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3.



Заряд установился когда разность потенциалов будет $\Delta\varphi = 0$

т.е. потенциал земли и внутренней.

потенциал на шаре должен равен 0.

задачу можно представить как: есть дот провод тел бесконечности.

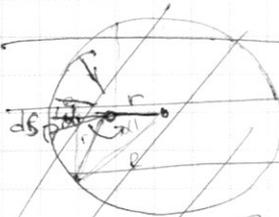
1) $\varphi = \frac{kq}{r}$ потенциал шара на поверхности.

$$\varphi_1 = \frac{kQ}{r_2} \quad \varphi_2 = \frac{k(-Q)}{r_1}$$

$$\Delta\varphi = 0 = \varphi_1 + \varphi_2 - 0 = \frac{k}{r_1} (Q + Q_1) = 0$$

$$Q + Q_1 = 0 \quad \underline{Q_1 = -Q}$$

2.



потенциал внутри шара везде одинаковый.



на шаре.

$$\varphi_1 = k \frac{q}{r_1}$$

$$\varphi_{\text{внутр}} = k \frac{q}{r_1} + k \frac{Q}{r}$$

$$\varphi_2 = k \frac{Q}{r}$$

$$q_{\text{конденс}} = Q + Q_1$$

$$\Delta W_1 = \varphi_{\text{внутр}} Q$$

$$W_1 =$$

3) разность потенциалов между А и землей.

$$\Delta\varphi_1 = \frac{k}{r_1} (Q + q_1)$$

$$\Delta W = \int_{-q}^0 \Delta\varphi_1 dq = \int_{-q}^0 \frac{k}{r_1} Q dq + \int_{-q}^0 \frac{k}{r_1} q dq = \frac{kQ}{r_1} (q - Q) + \frac{k}{r_1} \left(\frac{Q^2}{2} - \frac{q^2}{2} \right)$$

$$= \frac{k}{r_1} (Q - q) \left(\frac{Q}{2} + \frac{q}{2} - Q \right) = \frac{kQ}{2r_1} (Q - q)^2 = \frac{1}{8\pi\epsilon_0 r_1} (Q - q)^2$$

2) $W_1 - W_2 = \Delta W$

~~внутри~~ потенциал внутри шара везде одинаков и равен

а снаружи имеет вид $\varphi = \frac{kQ}{r}$
и т.д.

~~внутри шара потенциал равен нулю~~

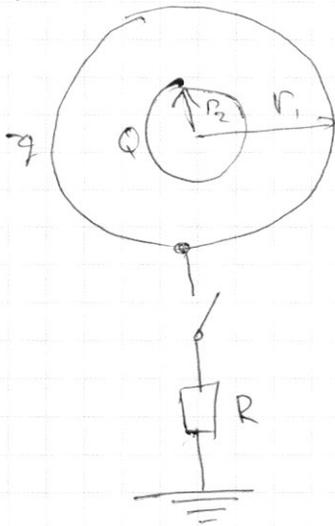
$$\Delta\varphi = \frac{kQ}{r_2} - \frac{kQ}{r_1} = \frac{kQ}{8\pi\epsilon_0 r_1} (Q - q)^2$$

$Q - q$ - общий заряд.

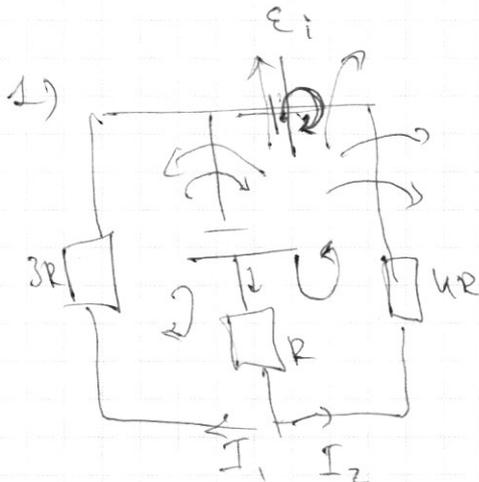
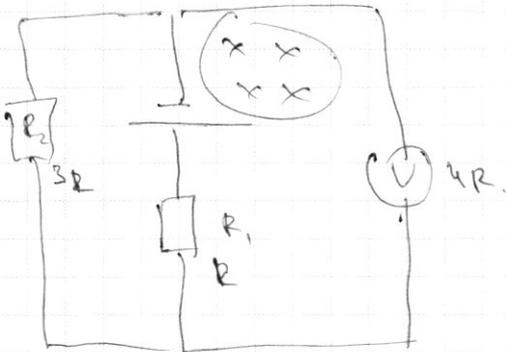
$$W_1 = \int_0^{Q-q} \Delta\varphi dq = \frac{kQ}{r_2 r_1} (r_1 - r_2) (Q - q)$$

$$\Delta\varphi = \frac{kQ}{r_2} - \frac{kQ}{r_1}$$

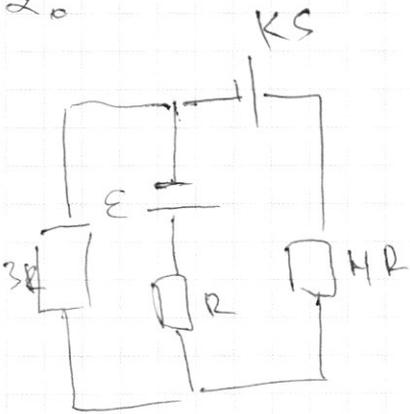
3.



4.



2.



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

$$I_2(4R) + (I_1 + I_2)R = E$$

$$I_1(3R) = I_2(4R)$$

$$I_1 = \frac{4I_2}{3}$$

$$I_1 + I_2 = I_0$$

$$\frac{4I_2}{3} = I_0 \quad I_2 = \frac{3}{7} I_0$$

$$U_U = 4R \cdot I_2 = \frac{3}{7} I_0 \cdot 4R = \frac{12 I_0 R}{7}$$

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

$$I_2(4R) + (I_1 + I_2)R + KS = E_0 \quad \left(\frac{E_1}{\epsilon_1} \right) = \text{---} = (BS)' = KS$$

$$I_1(3R) = I_2(4R) + KS$$

$$4R I_2 + \left(\frac{4}{3} I_2 + \frac{KS}{3R} + I_2 \right) R + KS = E_0$$

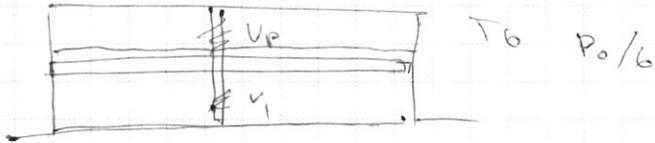
$$I_1 = \frac{I_2(4R) + KS}{3R} = \frac{I_2(4)}{3} + \frac{KS}{3R}$$

$$I_1 + I_2 = I_0 \quad E_0 - \frac{4KS}{3} = \frac{19}{2} R I_2$$

$$\frac{4I_2}{3} + \frac{KS}{3R} + I_2 = I_0 \quad I_2 = \frac{3E_0 - 4KS}{19R} \quad U = I_2 \cdot 4R$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2.

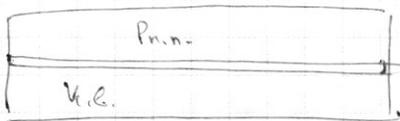


$$P v_1 = \text{const}$$

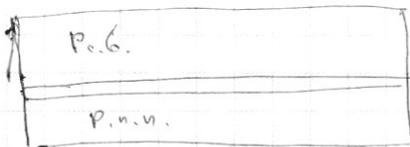
$$P_{\text{нн}} = P_0$$

$$P = P_0 + \frac{P}{6} = \frac{7}{6} P_0$$

$$\frac{7}{6} P_0 v_1 = \text{const.}$$



$$P_{\text{с.в.}} = \frac{7}{6} P_0$$



$$P_{\text{с.в.2}} = \frac{5}{6} P_0$$

$$P_0 \frac{5}{6} v_2 = P_0 \frac{7}{6} v_1$$

$$v_2 = \frac{7}{5} v_1$$

$$\Delta v = \frac{2}{5} v_1$$

$$P_{\text{н.}} V = \nu R T$$

$$P_0 \frac{2}{5} v_1 = \nu R T = \frac{\Delta m}{\mu} R T$$

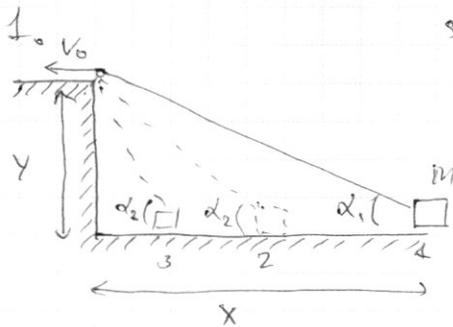
$$\Delta m = \frac{P_0 \frac{2}{5} v_1 \mu}{R T}$$

$$\mu = 18 \text{ г/моль.}$$

т.к. T_0 - неизм. то внутр. энергия преобр. в воду

$$\Delta U = \Delta m L$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\sin \alpha_1 = \frac{1}{2} \quad \sin \alpha_2 = \frac{3}{4} \quad \sin \alpha_3 = \frac{4}{5}$$

длина троса $L(t) = L_0 - V_0 t$

длина троса $L(t) = \sqrt{y^2 + x^2}$ $y = \text{const}$

$$L(t)' = (\sqrt{y^2 + x^2})' = \frac{2(x^2)'}{2\sqrt{y^2 + x^2}} = \frac{2x \frac{dx}{dt}}{2\sqrt{y^2 + x^2}}$$

$$L(t)' = (L_0 - V_0 t)' = -V_0$$

$$-V_0 = \cos \alpha V_x$$

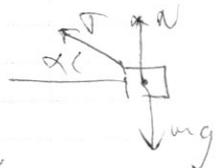
1) $\sin \alpha_2 = \frac{3}{4}$ т.к. $0 \leq \alpha \leq \frac{\pi}{2}$ $\cos \alpha_2 = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha_2} = \sqrt{1 - \frac{9}{16}} = \sqrt{\frac{7}{16}}$

$$V_2 = \frac{V_0}{\cos \alpha} = \frac{4V_0}{\sqrt{7}}$$

2) на груз во время движения действуют трос и земля.

т.к. поверхность гладкая и груз по вертикальной оси не переместился поэтому землей можно пренебречь.

т.к. и запишем силы действующие на блок



рассмотрим только ось X

$$ma = T \cos \alpha$$

$$V_0 = -\cos \alpha X' \quad X' = \frac{-V_0}{\cos \alpha} = \frac{-V_0 \sqrt{x^2 + y^2}}{x}$$

$$a = X'' = -V_0 \frac{\frac{X X'}{y \sqrt{x^2 + y^2}} - X' \frac{x^2 + y^2}{x^2}}{x^2} = \frac{\frac{X}{\sqrt{x^2 + y^2}} \cdot V_0 \frac{X \sqrt{x^2 + y^2}}{x} - \frac{V_0 \sqrt{x^2 + y^2}}{x} \cdot \frac{x^2 + y^2}{x^2}}{x^2} = \frac{V_0 X - V_0 \sqrt{x^2 + y^2}}{x^2} = \frac{V_0 (X - L_0 + V_0 t)}{x^2}$$

~~$$T = \frac{ma}{\cos \alpha} = \frac{m V_0 (X - L_0 + V_0 t)}{x^2 \cos \alpha}$$~~

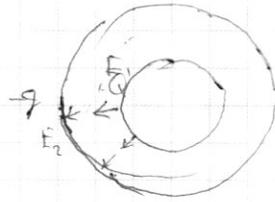
$$a = X'' = -V_0 X' \left(\frac{x^2 - x^2 - y^2}{y \sqrt{x^2 + y^2} x^2} \right) = -V_0 X' \left(\frac{-y^2}{\sqrt{x^2 + y^2} x^2} \right) = V_0 \frac{\sqrt{x^2 + y^2}}{x} \left(\frac{+ y^2}{\sqrt{x^2 + y^2} x^2} \right) = \frac{+V_0 y^2}{x^3}$$

$$T = \frac{ma}{\cos \alpha} = \frac{m a \sqrt{x^2 + y^2}}{x} = \frac{m V_0^2 y^2 \sqrt{x^2 + y^2}}{x^4}$$

3. теорема Гаусса.

$$\oint \vec{E} \cdot \vec{S} = \frac{q_k}{\epsilon_0}$$

2) $E_1 S + E_2 S = \frac{q}{\epsilon_0}$

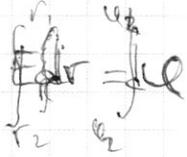


$4\pi r^2$

$$E_1 = k \frac{Q}{r^2} \quad E_2 = \frac{q}{2\epsilon_0} = \frac{-q}{2\epsilon_0}$$

$$4\pi r^2 \left(k \frac{Q}{r^2} \right) + \frac{q}{2\epsilon_0} = E_p S$$

$$k \frac{Q}{r^2} + \frac{q}{2\epsilon_0 4\pi r^2} = E_p$$



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

$U dq$

Q

q

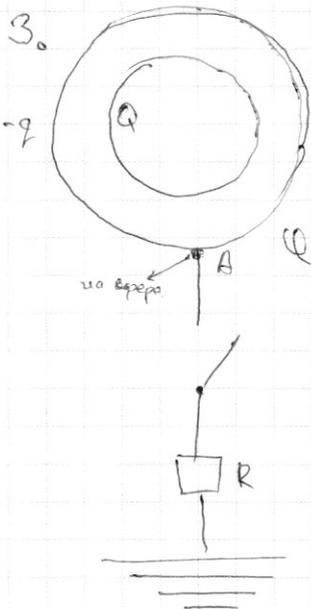
U

$$U = -\int_{r_2}^{r_1} \frac{Q}{4\pi \epsilon_0 r^2} dr = \int_{r_2}^{r_1} \frac{Q}{4\pi \epsilon_0 r^2} dr = \frac{Q}{4\pi \epsilon_0} \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right)$$

$$CU = q$$

$$U = \frac{q}{C} = \frac{q}{4\pi \epsilon_0} \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



1) потенциал в точке A должен быть равен 0
только тогда достигнется равновесие.

$$\varphi = \frac{k \cdot (-q)}{r_2} + \frac{k \cdot Q}{r_1} = 0 \quad \varphi = \frac{k \cdot q}{r}$$

$$\underline{1) \quad q_1 = -Q}$$

~~поле E между шарами $E = \frac{k \cdot Q}{r^2}$ $r_2 \leq r \leq r_1$~~

~~т.к. внутренний шар вытеснит себе же созданное поле.~~

~~$$\int_{R_1}^{R_2} d\varphi = \int_{R_1}^{R_2} E \cdot dr = \int_{R_1}^{R_2} \frac{k \cdot Q}{r^2} \cdot dr$$~~

~~конденсатор заряжен на $\varphi_k = Q - q$~~

~~$$\varphi = \frac{k \cdot Q}{r}$$~~

~~$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{k \cdot Q}{r_1} - \frac{k \cdot Q}{r_2}$$~~

~~$$\varphi_1 = \frac{k \cdot Q}{r_1}$$~~

~~$$\varphi_2 = \frac{k \cdot Q}{r_2} - \frac{k \cdot Q}{r_1} = \frac{k \cdot Q}{r_1 r_2} (r_1 - r_2)$$~~

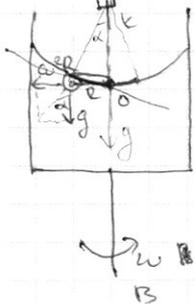
~~$$W_1 = q_k \cdot \varphi_2 = (Q - q) \cdot \frac{k \cdot Q}{r_1 r_2} (r_1 - r_2)$$~~

3) ~~$W_1 - W_2 = \Delta Q$ - тепло выделится из резистора.~~

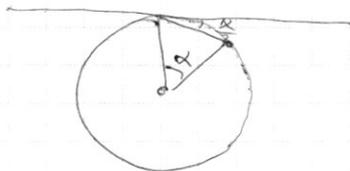
~~$$W_2 = 0 \quad \underline{W_1 = \Delta Q}$$~~

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

5. ↓↓ A ↓↓



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



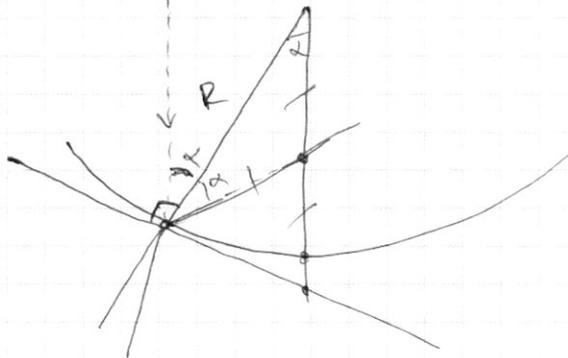
$$R = \operatorname{tg} \alpha r$$

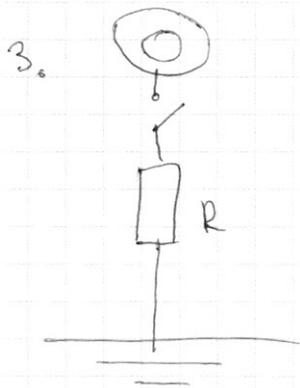
$$r = \frac{R}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{R g}{\omega^2 R} = \frac{g}{\omega^2} = \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{(2,5)^2 \frac{1}{\text{с}^2}} = 1,6 \text{ м}$$

т.е. F в сфере это $\frac{r}{2}$ $F = 0,8 \text{ м}$

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \quad \frac{1}{d} \approx 0$$

$$f = F = 0,8 \text{ м}$$





$$\varphi = k \frac{q}{r}$$

$$E = k \frac{q}{r^2}$$

$$\oint E dS = \frac{q}{\epsilon_0}$$

$$Q = E r$$

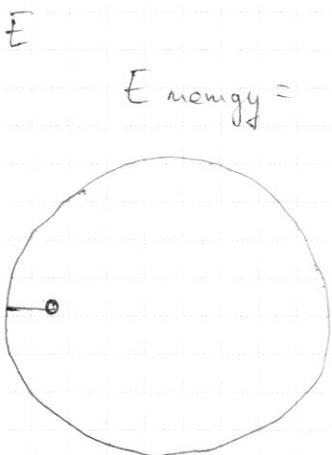
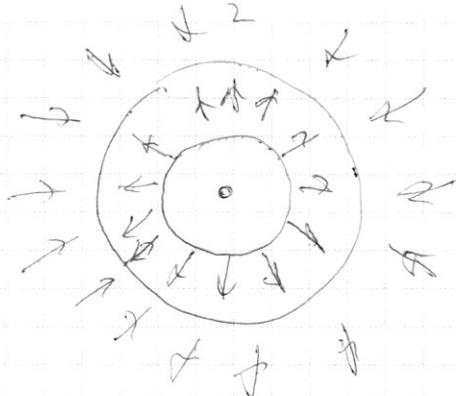
$$E S = \frac{q}{\epsilon_0} = \frac{q}{\epsilon_0}$$

$$E S^2 = \frac{q}{\epsilon_0}$$

E на сфере = $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2}$

$$w = \frac{c \epsilon_0 E^2}{2}$$

$$c u = q$$



Energy =

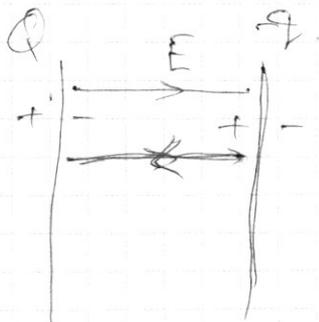
$$E_{energy} = \frac{kQ}{r^2}$$

$$E q r$$

$$\frac{Q}{4\pi\epsilon_0}$$

$$\varphi$$

$$\frac{q u}{2} = Q \frac{1}{4\pi\epsilon_0 r}$$



$$E d = E q \text{ — работа.}$$