



# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

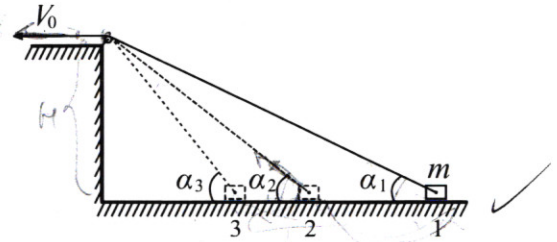
Класс 11

Вариант 11-06

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



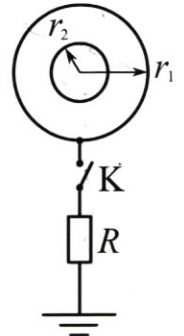
- 1) Найти скорость  $V_2$  груза при прохождении точки 2.
- 2) Найти работу лебедки  $A_{23}$  при перемещении груза из точки 2 в точку 3.
- 3) Найти время  $t_{13}$  перемещения груза из точки 1 в точку 3.

✓ 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  $\Delta m$  воды.
- 3) Найти изменение внутренней энергии содержимого сосуда.

Удельная теплота испарения воды  $L$ , молярная масса воды  $\mu$ . 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.

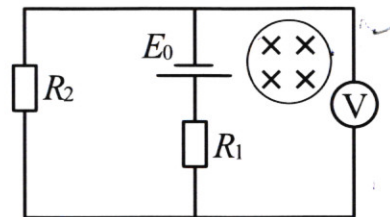
✓ 3. Два тонкостенных полых проводящих шара (тонкостенные сферы) с общим центром и радиусами  $r_1$  и  $r_2$  образуют сферический конденсатор (см. рис.). На внешнем шаре находится отрицательный заряд  $-q$ , где  $q > 0$ , а на внутреннем шаре - положительный заряд  $Q$ . Внешний шар соединен с Землей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

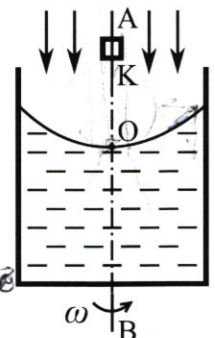
Сопротивление проводов, шаров и Земли не учитывать. Радиусы шаров значительно меньше расстояния между Землей и шарами.

✓ 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  $\omega = 2,5 \text{ c}^{-1}$  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

№2

$p_0$	$T_0$
$V_1$	$p_1$
	$T_0$

$$T_0 = 373 \text{ K}$$

в верхней части нас. пар т.к. вода и пар в равновесии. При температуре  $T_0$  давление нас. пара равно атмосферному  $p_0$

$$p_1 = p_0 + \frac{p_0}{6} = \frac{7}{6} p_0 \quad \text{равновесие порошка}$$

$V_2$	$p_2$
	$T_0$
$p_0$	$T_0$

давление пара не изменилось

$$\text{равновесие порошка: } p_2 + \frac{p_0}{6} = p_0$$

$$p_2 = \frac{5}{6} p_0$$

уравне уг для воздуха:

$$p_1 V_1 = p_2 V_2$$

$$V_2 = \frac{p_1}{p_2} V_1 = \frac{7}{6} \cdot \frac{6}{5} V_1 = \frac{7}{5} V_1 //$$

для пара:

$$p_0 V_1' = \frac{m_0}{\mu} R T_0$$

$$p_0 V_2' = \frac{m_0 - \Delta m}{\mu} R T_0$$

$$V_1' = V_0 - V_1 \quad \text{где } V_0 - \text{объем сосуда}$$

$$V_2' = V_0 - V_2 = V_0 - \frac{7}{5} V_1 = V_1' + V_1 - \frac{7}{5} V_1 = V_1' - \frac{2}{5} V_1$$

$$p_0 V_1' - \frac{2}{5} p_0 V_1 = \frac{m_0}{\mu} R T_0 - \frac{\Delta m}{\mu} R T_0$$

\* продолжение на с.2

$$\Delta m = \frac{5 p_0 V_1}{2 R T_0} - \frac{2}{5} \mu \frac{p_0 V_1}{R T_0} //$$

масса воды увеличилась на  $\Delta m$

и 2 продолжение

Внутренняя энергия воздуха не изменилась, так  $T = \text{const}$   
 Пар не конденсировал  $\Rightarrow$  его внутренняя энергия  
 уменьшилась на  $L \Delta m \leftarrow$  выделенная паром теплота

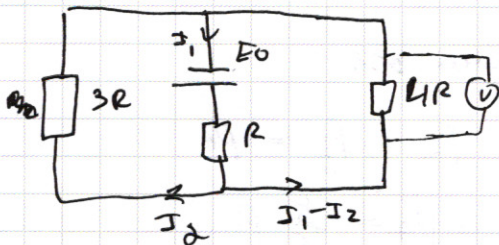
Ответ: 1)  $V_2 = \frac{7}{5} V_1$

2) масса воды ~~уже~~ увеличилась на

$$\frac{2}{5} \rho_0 V_1 \frac{\mu}{RT_0}$$

3) энергия уменьшилась на  $L \Delta m$

и 4



Вольтметр будет мерить напряжение

на  $4R$

Когда  $B = \text{const}$  не возникает  
 ЭДС индукции

$$\begin{cases} E_0 = I_1 R + 3I_2 R \\ E_0 = I_1 R + 4(I_1 - I_2) R \end{cases} \quad \text{з. Кирхгофа}$$

$$\begin{cases} E_0 = I_1 R + 3I_2 R \\ E_0 = 5I_1 R - 4I_2 R \end{cases} \quad |5$$

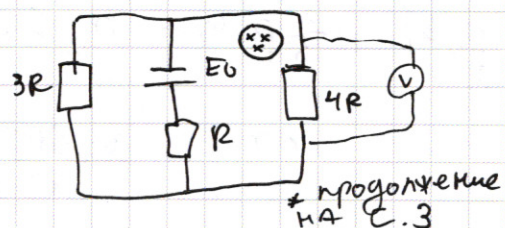
$$4E_0 = 19I_2 R \quad \Rightarrow \quad I_2 R = \frac{4}{19} E_0$$

$$V_1 = 4(I_1 - I_2) R = 3I_2 R = \frac{12}{19} E_0$$

2) Когда меняется  $B$ , меняется магнитный поток  
 $\Rightarrow$  по з. Фарадея возникает ЭДС индукции

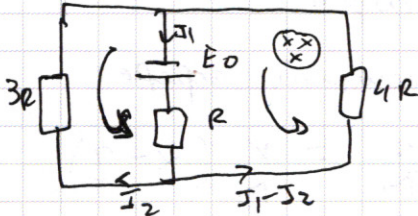
$$E_u = \frac{\Delta B}{\Delta t} S = \kappa S$$

$E_u$  возникает  $I_u$  который  
 будет протекать из-за изменения  
 потока



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

н.ч. продолжение



т.е.  $E_0$  будет создавать ток  
в направлении указанным

на рисунке

обойдем эти контуры в таком же  
направлении

$$V_2 = 4(I_1 - I_2)R$$

$$\begin{cases} E_0 - E_0 = -3I_2 R - I_1 R \\ E_0 + E_0 = I_1 R + (I_1 - I_2) 4R \end{cases}$$

$$\begin{cases} E_0 - E_0 = -3I_2 R - I_1 R & | \cdot 3 \\ E_0 + E_0 = I_1 R + 4(I_1 - I_2) R & | \cdot 5 \end{cases}$$

$$6E_0 - 4E_0 = -19I_2 R$$

$$I_2 R = \frac{4E_0 - 6E_0}{19}$$

$$E_0 - 7E_0 = -19I_1 R$$

$$I_1 R = \frac{7E_0 - E_0}{19}$$

$$V_2 = \frac{-4E_0 + 6E_0 + 7E_0 - E_0}{19} \cdot 4 = (3E_0 + 5E_0) \frac{4}{19} =$$

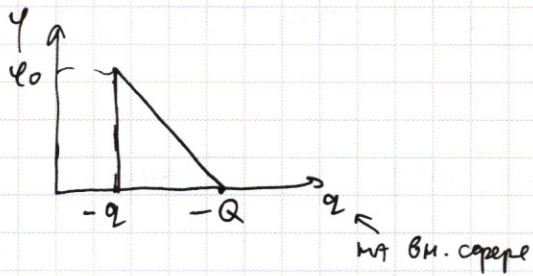
при этом  $E_0 = kS$

Ответ: 1)  $V_1 = \frac{12}{19} E_0$

2)  $V_2 = \frac{4}{19} (3E_0 + 5E_0) = \frac{4}{19} (3kS + 5kS) = \frac{12}{19} E_0 + \frac{20}{19} kS$

~3 продолжение

После того как ключ замкнут заряд внешней сферы поменяется, но поле от нее будет такое  $0$  (внутри)  $\Rightarrow$  энергия поля между сферами не изменится. Тепло на резисторе выделится из-за работы по перемещению заряда



в начале на внешней сфере

$$\varphi_0 = -\frac{kq}{r_1} + \frac{kQ}{r_1} = \frac{k}{r_1} (Q - q)$$

не важно что больше  $Q$  или  $q$  т.к. заряды в любом случае перейдут в одну или другую сторону

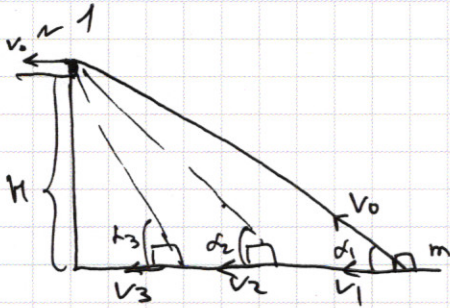
$$A = \frac{|Q - q| \varphi_0}{2} = \frac{|Q - q|}{2} \frac{k}{r_1} (Q - q) = \frac{(Q - q)^2}{8\pi\epsilon_0 r_1}$$

$$A = W$$

$$W = \frac{(Q - q)^2}{8\pi\epsilon_0 r_1}$$

- Ответ:
- 1)  $q_1 = -Q$
  - 2)  $W_1 = \frac{Q^2}{8\pi\epsilon_0} \frac{r_1^2 - r_2^2}{r_1 r_2}$
  - 3)  $W = \frac{(Q - q)^2}{8\pi\epsilon_0 r_1}$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



т.к. нить нерастяжима она движется  
с одной скоростью  $v_0$

$v_1 \cos \alpha_1 = v_0$  и так же как и для  
угла

$$v_1 = \frac{2}{\sqrt{3}} v_0$$

$$v_2 = \frac{4}{\sqrt{2}} v_0 //$$

$$v_3 = \frac{5}{3} v_0$$

$$\cos \alpha_1 = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\cos \alpha_2 = \frac{\sqrt{2}}{4}$$

$$\cos \alpha_3 = \frac{3}{5}$$

ЗЕЭ:  $\frac{mv_2^2}{2} + A_{23} = \frac{mv_3^2}{2}$

$$A_{23} = \frac{m}{2} (v_3^2 - v_2^2) = \frac{mv_0^2}{2} \left( \frac{25}{9} - \frac{16}{2} \right) = \frac{31}{126} mv_0^2 //$$

Между 1 и 2 груз пер  $t_{12}$

нужно H - высота стержня

тогда между 1 и 2

$$s_{12} = \frac{H}{g \alpha_1} - \frac{H}{g \alpha_2}$$

$$s_{13} = \frac{H}{g \alpha_1} - \frac{H}{g \alpha_3}$$

$$s_{12} = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2a}$$

$$s_{13} = \frac{v_3^2 - v_1^2}{2a}$$

$$v_2 = v_1 + a t_{12}$$

$$v_3 = v_1 + a t_{13}$$

$$\Rightarrow \frac{v_2 - v_1}{v_3 - v_1} = \frac{t_{12}}{t_{13}}$$

$$\Rightarrow t_{13} = \frac{v_3 - v_1}{v_2 - v_1} t_{12}$$

+ продолжение на след. стр.



и продолжение

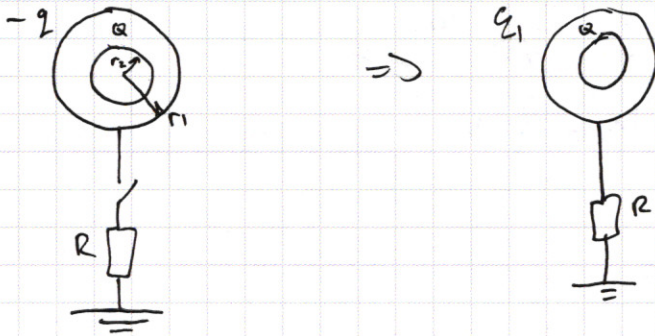
$$b_{13} = b_{12} \cdot \frac{\frac{4}{\sqrt{7}} - \frac{2}{\sqrt{3}}}{\frac{5}{3} - \frac{2}{\sqrt{3}}} = b_{12} \frac{5\sqrt{3} - 6}{4\sqrt{3} - \sqrt{7} \cdot 2} \frac{\sqrt{7}}{3}$$

ответ: 1)  $V_2 = \frac{4}{\sqrt{7}} V_0$

2)  $A = \frac{31}{126} m V_0^2$

3)  $b_{13} = \frac{5\sqrt{3} - 6}{4\sqrt{3} - 2\sqrt{7}} \frac{\sqrt{7}}{3} b_{12}$

~ 3



после замыкания потенциал внешней сферы равен 0

$$\varphi = \frac{kQ}{r_1} + \frac{kq_1}{r_1} = 0 \Rightarrow q_1 = -Q$$

поле внутри сферы 0  $\Rightarrow$  между сферами только поле от внутренней сферы  $E = \frac{kQ}{r^2} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$

Энергия поля  $W = \epsilon_0 \frac{E^2}{2} \cdot V$

$$dW_1 = \frac{Q^2}{2 \cdot 16 \pi^2 \epsilon_0 r^4} \cdot 4\pi r^2 dr =$$

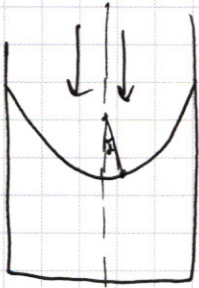
$$= \frac{Q^2}{8\pi\epsilon_0} \frac{dr}{r^2}$$

$$W_1 = \frac{Q^2}{8\pi\epsilon_0} \int_{r_2}^{r_1} \frac{dr}{r^2} = \frac{Q^2}{8\pi\epsilon_0} \left( \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right) = \frac{Q^2}{8\pi\epsilon_0} \frac{r_1^2 - r_2^2}{r_1^2 r_2^2}$$

\* продолжение на с. 6

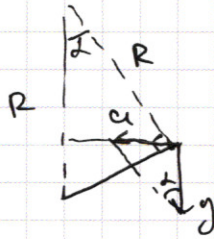
## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~5



~~рассмотрим точку в центре~~

рассмотрим точку близкую к O  
(все углы малы)



$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{g}$$

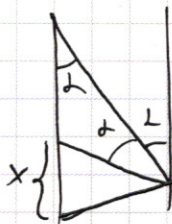
$$a = \omega^2 R \sin \alpha$$

$$\operatorname{tg} \alpha \approx \sin \alpha$$

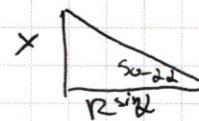
$$g \sin \alpha = \omega^2 R \sin \alpha$$

$$\Rightarrow R = \frac{g}{\omega^2} = \frac{10}{2,5^2} = \frac{8}{5} = 1,6 \text{ м}$$

лучи близкие к O приходят к широкости и отражаются



т.к. углы малы



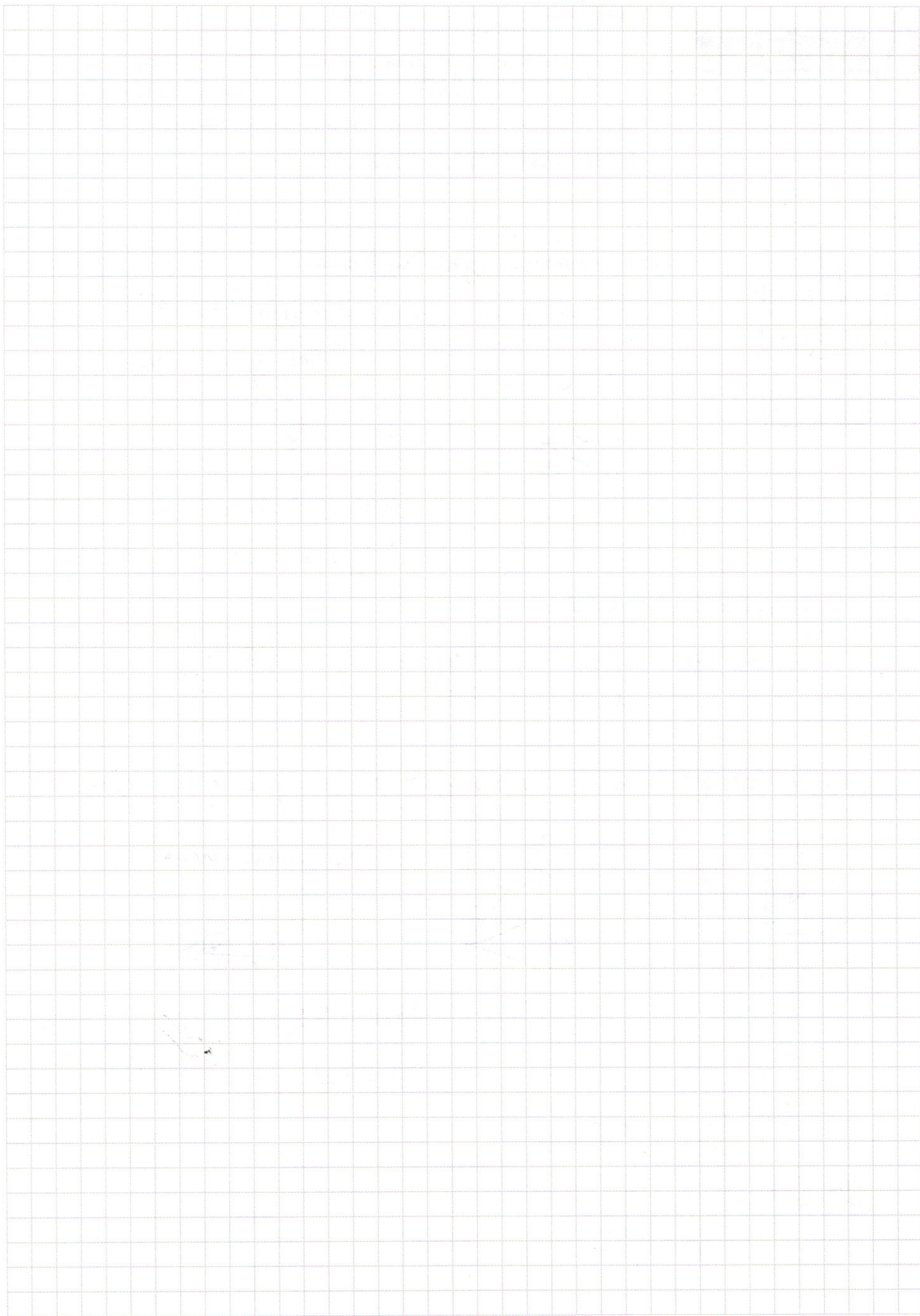
$$\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{R \sin \alpha}{x}$$

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

$$x = \frac{R}{2} = 0,8 \text{ м}$$

Ответ: 1) 1,6 м

2) 0,8 м



черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)

$$\sqrt{16-9}$$



ch



(h<sub>g</sub>)

$$\epsilon = 0.9$$

$$\frac{4}{2} \cdot 0.9$$

d

-10

$$\frac{4}{3} \pi (r+d)^3 - \frac{4}{3} \pi r^3$$

$$4 \pi r^2 \cdot dr$$



$\int g dE^2$



$$\omega^2 R \sin \alpha = g \sin \alpha$$

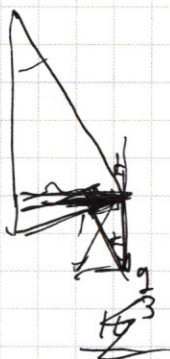
$$2d = \frac{Rd}{x}$$

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

$$\frac{5 \cdot 5}{10} \cdot \frac{5 \cdot 5}{10}$$

$$\frac{10 \cdot 10 \cdot 10}{5 \cdot 5 \cdot 5 \cdot 5}$$

$$\frac{2 \cdot 2 \cdot 2}{5}$$



$$\frac{10}{(\sqrt{5} \cdot 5)^2}$$

$$\frac{10 \cdot 10^2}{5^2 \cdot 5^2}$$

$$\frac{5 \cdot 2 \cdot 5^2 \cdot 2^2}{5^2 \cdot 5^2} = \frac{8}{5}$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\omega^2 r = \omega^2 R$

$mg \cdot R(1 - \cos \alpha) =$

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

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

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

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

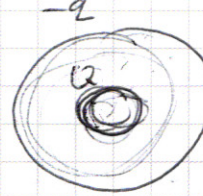
$\frac{g}{\omega^2} = \frac{g}{\omega^2} = \alpha$

$g =$

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

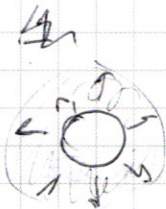
## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{Q \cdot U}{C} = \frac{Q \cdot U}{2}$$



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

$$\frac{kQ}{r^2} dr = \frac{kQ}{r_1} - \frac{kQ}{r_2}$$



$$\begin{aligned} \frac{Q}{2} \left( \frac{kQ}{r_1} - \frac{kQ}{r_2} \right) &= \\ &= \frac{kQ^2 (r_2 - r_1)}{2 r_1 r_2} \end{aligned}$$

$$\epsilon_0 \cdot \frac{Q^2}{32 \pi^2 \epsilon_0 r^4} \cdot \frac{4}{3} \pi (r_2^3 - r_1^3) \cdot 2 \pi r \cdot dr$$

$$\frac{Q^2}{24 \pi \epsilon_0} \cdot \frac{r_2^3 - r_1^3}{r^4} \cdot \frac{Q^2}{16 \pi \epsilon_0} \int_{r_2}^{r_1} \frac{dr}{r^3}$$

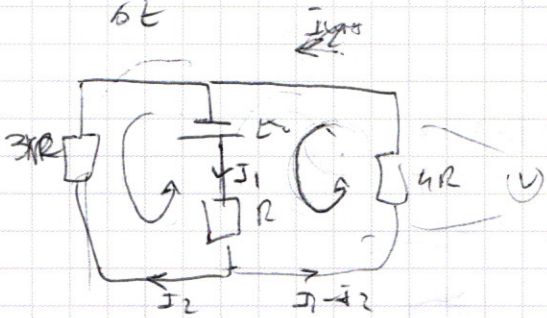
$$\frac{Q^2}{24 \pi \epsilon_0}$$

$$-\frac{1}{2r_1^2} + \frac{1}{2r_2^2}$$

$$W = \frac{Q^2}{32 \pi \epsilon_0} \frac{r_2^2 - r_1^2}{r_1^2 r_2^2}$$

$$\frac{AB}{6E} = k$$

$$E_{\text{avg}} = kS$$



$$E_u - E_0 = -I_1 R - 3I_2 R$$

$$E_u + E_0 = I_1 R + (I_1 - I_2) 4R$$

$$U = (I_1 - I_2) 4R$$

$$E_u kS - E_0 = -I_1 R - 3I_2 R \quad | \cdot 4 \quad | \cdot 4$$

$$kS + E_0 = 5I_1 R - 4I_2 R \quad | \cdot 3 \quad | \cdot 3$$

$$6kS - 4E_0 = -19I_2 R$$

$$I_2 R = \frac{4E_0 - 6kS}{19}$$

$$kS - E_0 = -19I_1 R$$

$$I_1 R = \frac{kS - E_0}{19}$$

$$-I_1 E_0 + kS = \frac{12E_0 - 18kS}{19}$$

$$= \frac{E_0 + kS}{19}$$

$$\frac{17kS - 5E_0}{19}$$

$$U = \frac{I_1 E_0 - kS - 4E_0 + 6kS}{19} \cdot 4 = \frac{(3E_0 + 5kS) \cdot 4}{19}$$

$$E_0 - E_u - \frac{3}{19}(4E_0 - 6E_u) =$$

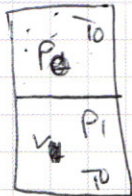
$$\frac{3}{19}(4E_0 - 6E_u)$$

$$= \frac{7}{19}E_0 - \frac{1}{19}E_u$$

$$\frac{18}{19}$$

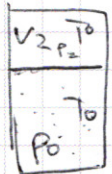
$$\frac{7}{19}E_0 + \frac{1}{19}E_u - \frac{4}{19}E_0 + \frac{6}{19}E_u$$

$$\left( \frac{3}{19}E_0 + \frac{7}{19}E_u \right) \cdot 4$$



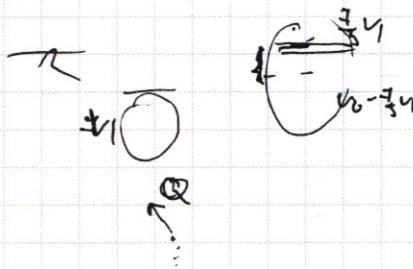
$$\frac{mg}{S} = \frac{P_0}{S}$$

$$P_1 = P_0 + \frac{f_0}{S} = \frac{7}{6} P_0$$



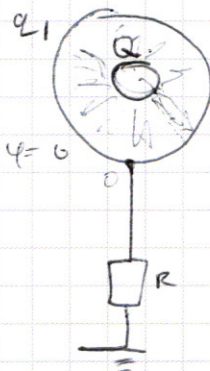
$$P_2 + \frac{f_0}{S} = P_0$$

$$P_2 = \frac{5}{6} P_0$$



$$U_1 = U_2 \approx L \text{ cm}$$

увеличивается на  $L \text{ cm}$



$$C = \frac{\epsilon_0 S}{d}$$

$$\frac{V}{R}$$

$$\frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2}$$

$$\frac{kQ}{r_1} + \frac{kQ_1}{r_2} = 0$$

$$Q_1 = -Q$$

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

$$E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

$$\frac{\epsilon_0 E^2}{2}$$

$$E_{\text{ср}} = \frac{kQ}{r_2^2} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r_2^2}$$

$$C = \frac{\epsilon_0 S}{d}$$

$$\frac{4Q^2}{2\epsilon_0 S^2} \cdot \frac{\epsilon_0 S}{2} = \frac{Q^2}{S}$$

$$\frac{kQ^2}{4\pi^2 \epsilon_0 r_2^2} \cdot \frac{4}{3} \pi (r_1^3 - r_2^3)$$

$$\frac{\epsilon_0 Q^2}{2\epsilon_0 S^2} d$$

$$\frac{Q^2}{24\pi\epsilon_0} \frac{r_1^3 - r_2^3}{r_2^2}$$

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

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

$$\varphi_2 = -\frac{kQ}{r_1} + \frac{kQ}{r_1}$$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

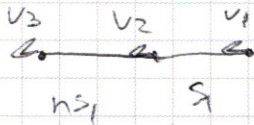
$$4\sqrt{3} - \frac{\sqrt{7}}{3} H = \left( \frac{16}{4} - \frac{4}{9} \right) \frac{1}{2aH}$$

$$4\sqrt{3} - \frac{3}{4} H = \left( \frac{25}{9} - \frac{4}{9} \right) \frac{1}{2aH}$$

$$2aH = \frac{\frac{16}{4} - \frac{4}{9}}{\sqrt{3} - \frac{\sqrt{7}}{3}}$$

$$2aH = \frac{\frac{25}{9} - \frac{4}{9}}{\sqrt{3} - \frac{3}{4}}$$

$$\frac{\sqrt{7}}{3} = \frac{16-1}{9}$$



$$\begin{array}{r} \times \frac{16}{9} \\ \frac{144}{28} \\ \hline 146 \end{array}$$

$$\frac{116.3}{3\sqrt{3} - \sqrt{7}}$$

$$\frac{21.4}{9(4\sqrt{3} - 3)}$$

$$\frac{31}{126} m \cdot l_0^2 = F.$$

$$v_3 = v_1 + a \cdot t_3$$

$$\frac{dv}{dt} = g \cdot \frac{1}{\sin \alpha}$$

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

$$\sin \alpha = \frac{\sqrt{v^2 - v_0^2}}{v}$$

$$\frac{dv}{dt} = \frac{\sqrt{v^2 - v_0^2}}{v_0}$$

$$\frac{dv}{dt} = g \frac{\sqrt{v^2 - v_0^2}}{v_0}$$

$$\int_{v_0}^{v_3} \frac{dv}{\sqrt{v^2 - v_0^2}} = \int_{t_0}^{t_3} \frac{g}{v_0} dt$$

$$\frac{dv}{\sqrt{v^2 - v_0^2}} = \frac{g}{v_0} dt$$

$$v = \frac{v_0}{\cos^2 \alpha}$$

$$\left( \cos^2 \alpha \right)^{-1} = \frac{+1}{\cos^2 \alpha}$$

$$\frac{+v_0}{\cos^2 \alpha} \cdot \sin \alpha \, d\alpha = g \, dt \cdot t \, d\alpha$$

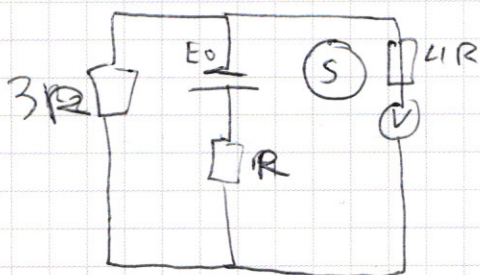
$$\frac{v_0}{\cos \alpha} \, d\alpha = g \, dt$$

$$\int \frac{d\alpha}{\sqrt{\frac{1}{\cos^2 \alpha} - 1}} = g \int dt$$

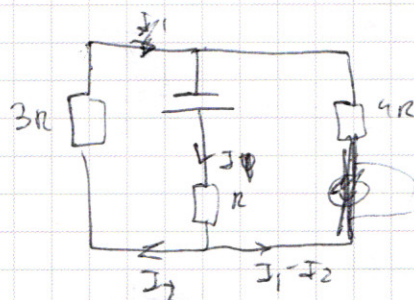
$$\int \frac{\cos \alpha \, d\alpha}{\sin \alpha} = g \int dt$$

$$\left. \frac{\sin \alpha}{-1} \right|_{\alpha_1}^{\alpha_2} = g t_{13}$$

$$\frac{g}{16} - 3 = 2g t_{13}$$



$P = \text{const}$



~~$$I_1 R + I_2 3R = E_0$$~~

~~$$I_1 R + I_1$$~~

~~$$U_V = E_0 - (I_1 - I_2) 4R$$~~

$$U_V = E_0 - I_1 R = (I_1 - I_2) 4R = 3 I_2 R$$

$$I_2 R = 4 I_1 R$$

$$I_2 = 4 I_1$$

$$E_0 - I_1 R = \frac{12}{4} I_1 R$$

$$E_0 = \frac{19}{4} I_1 R$$

$$I_1 R = \frac{4}{19} E_0$$

$$U_V = E_0 - \frac{4}{19} E_0 = \frac{15}{19} E_0$$

### ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$V_2 \cos \alpha_2 = V_0$   
 $V_2 = \frac{V_0}{\cos \alpha_2}$   
 $\cos \alpha_2 = \sqrt{1 - \frac{g}{16}} = \frac{\sqrt{15}}{4}$   
 $V_2 = \frac{4V_0}{\sqrt{15}}$

$\cos \alpha_3 = \frac{3}{5}$      $\cos \alpha_1 = \frac{\sqrt{3}}{2}$   
 $V_3 = \frac{V_0}{\cos \alpha_3} = \frac{5V_0}{3}$

$\frac{mV_2^2}{2} + A_{23} = \frac{mV_3^2}{2}$   
 $A_{23} = \frac{m}{2} \left( \frac{25}{9} - \frac{16}{15} \right) V_0^2 = \frac{mV_0^2}{2} \frac{31}{63 \cdot 2} = \frac{31}{126} mV_0^2$

$mV_2 = V_1 + a t_{12}$   
 $V_3 = V_1 + a t_{13}$

$V_1 = \frac{V_0}{\cos \alpha_3} = \frac{2V_0}{\sqrt{3}} = \frac{2\sqrt{3}}{3} V_0$   
 $\frac{V_2 - V_1}{V_3 - V_1} = \frac{t_{12}}{t_{13}}$   
 $t_{13} = t_{12} \frac{V_3 - V_1}{V_2 - V_1}$

$F \sin \alpha = mg$   
 $F \cos \alpha = ma$   
 $\tan \alpha = \frac{a}{g}$      $a = g \tan \alpha$

$\frac{H}{g t_{12}} - \frac{H}{g t_{13}} = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2a}$   
 $\frac{H}{g t_{12}} - \frac{H}{g t_{13}} = \frac{V_3^2}{2a}$

$\frac{H}{g t_{12}} - \frac{H}{g t_{13}} = \frac{V_3^2}{2a}$

$\frac{H}{g t_{12}} - \frac{H}{g t_{13}} = \frac{V_3^2}{2a}$

$\frac{H}{g t_{12}} - \frac{H}{g t_{13}} = \frac{V_3^2}{2a}$

$\frac{H}{g t_{12}} - \frac{H}{g t_{13}} = \frac{V_3^2}{2a}$