

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 11

Шифр

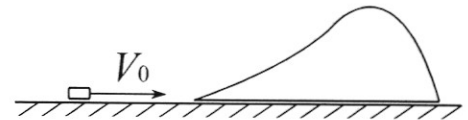
9-14

(заполняется секретарём)

Вариант 11-04

1. Небольшой шарик висит на легкой нити длиной 18 см. Какую минимальную горизонтальную скорость надо сообщить шарик, чтобы он, двигаясь по окружности, совершил полный оборот в вертикальной плоскости? Принять $g=10 \text{ м/с}^2$.

2. Небольшая монета массой m скользит по гладкому горизонтальному столу со скоростью v_0 к неподвижной незакрепленной горке массой $4m$ (см. рис.). Монета въезжает на горку, движется по ней без трения и отрыва и съезжает с горки в обратном направлении.

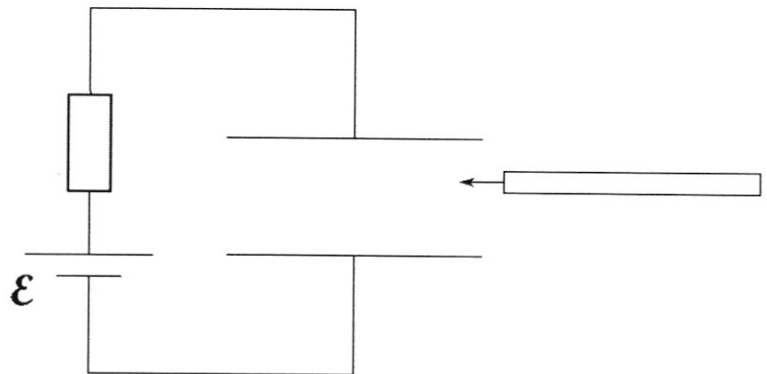


- 1) На какую максимальную высоту поднимается монета?
- 2) С какой скоростью монета съезжает с горки?

3. Теплоизолированный сосуд объемом $V = 8,31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ разделен перегородкой на две части с различными объемами. В первой части находится гелий при температуре 127°C в количестве $\nu_1 = 0,1$ моль. Во второй части находится гелий при температуре 7°C в количестве $\nu_2 = 0,4$ моль. Перегородка прорывается.

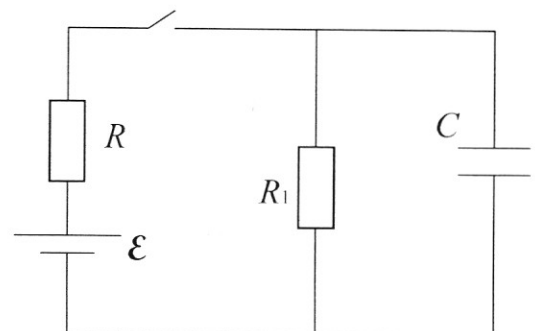
- 1) Какая температура (в градусах Цельсия) установится в сосуде после наступления термодинамического равновесия?
- 2) Найти конечное давление в сосуде.

4. Плоский воздушный конденсатор емкостью C_0 подсоединен через резистор к источнику с ЭДС ε (см. рис.). В конденсатор вводят параллельно обкладкам незаряженную проводящую пластину и располагают ее напротив обкладок. Форма поверхности пластины совпадает с формой поверхности обкладок. Толщина пластины в 3 раза меньше расстояния между обкладками.



- 1) Найти емкость конденсатора с пластиной.
- 2) Какой заряд пройдет через резистор после начала введения пластины?

5. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут. Параметры цепи указаны на схеме. Внутреннее сопротивление источника «содержится» в R , $R_1=4R$. Ключ замыкают. После достижения в цепи установившегося режима ключ размыкают. Известными величинами считать C , ε , R .



- 1) Найти ток через источник сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти установившееся напряжение на конденсаторе при замкнутом ключе.
- 3) Какое количество теплоты выделится в цепи после размыкания ключа?

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 3

Дано:
 $V = 8,31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$
 $T_1 = 127^\circ\text{C} = 400\text{K}$
 $V_1 = 0,1 \text{ моль}$
 $T_2 = 7^\circ\text{C} = 280\text{K}$
 $V_2 = 0,4 \text{ моль}$

$T_{\text{об}}, p_k - ?$

$$1) \frac{3}{2} V_1 R T_1 + \frac{3}{2} R V_2 T_2 = \frac{3}{2} R T_{\text{об}} V_1 + \frac{3}{2} R T_{\text{об}} V_2$$

$$V_1 T_1 + V_2 T_2 = T_{\text{об}} (V_1 + V_2)$$

$$T_{\text{об}} = \frac{V_1 T_1 + V_2 T_2}{V_1 + V_2} = \frac{400 \cdot 0,1 + 0,4 \cdot 280}{0,5} =$$

$$= \frac{40 + 112}{0,5} = \frac{152}{0,5} = 304\text{K} = 31^\circ\text{C} \text{ (Точечное)}$$

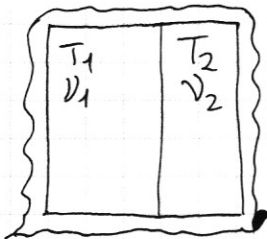
$$2) p_k \cdot V_{\text{об}} = V_{\text{об}} R T_{\text{об}} ;$$

$$p_k \cdot 8,31 \cdot 10^{-3} = 0,5 \cdot 8,31 \cdot 304$$

$$p_k = 152 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$\text{Ответ: } 31^\circ\text{C}; 152 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

Рисунок к задаче 3:



Задача 1

Дано:
 $l = 18 \text{ см}$
 $g = 10 \text{ м/с}^2$

$v_0 - ?$

По закону сохранения энергии в системе!

$$\frac{m v_0^2}{2} = 2l \cdot mg + \frac{m v^2}{2}$$

v_0 - нач. скорость, $mg \cdot 2l$ - потенциаль-

ное. (2e, т.к. шарик поднят над землей на двойную длину нити). $\frac{mv^2}{2}$ - энергии, которая останется у шарика после верхней точки, чтобы он совершил обрат, а не застрял.

По 23.и.: $ma_{yc} = mg + T$; но по условию $T=0$, значит $ma_{yc} = mg$; $\frac{mv^2}{e} = mg$; $v^2 = ge$;

Подставим это в ЗСЭ:

$$\frac{mv_0^2}{2} = 2mge + \frac{m(ge = v^2)}{2}$$

$$v_0^2 = 4ge + ge = 5ge;$$

$$v_0 = \sqrt{5ge} = \sqrt{50 \cdot 0,18} = \sqrt{9} = 3 \text{ (м/с)}$$

Ответ: 3 м/с

Задача №4

Дано:

ϵ_0, ϵ

$$d_{\text{нш}} = \frac{d_{\text{обш}}}{3}$$

C_1, ϵ - ?

Внешние

После внесения пластины мы получим 2 последовательных конденсатора.

$$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}; \quad C_0 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d};$$

Пусть C_1, C_2 - емкости двух новых конденсаторов.

$$C_1 = \frac{3\epsilon \epsilon_0 S}{d}; \quad C_2 = \frac{3\epsilon \epsilon_0 S}{d};$$

$$C_{\text{об}} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}, \text{ т.к. конденсаторы соединены}$$

$$\text{последовательно. } C_{\text{об}} = \frac{9\epsilon \epsilon_0 S^2}{d^2}, \text{ но т.к. } C_0 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d},$$

$$\text{то } C_{\text{об}} = \frac{9}{6} C_0 = \frac{3}{2} C_0.$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Теперь найдем заряд, который прошел через резистор:

$$\Delta q = C_0 \omega_2 \cdot U - C_0 \omega_1 \cdot U = \frac{3}{2} C_0 \cdot U - \frac{C_0}{2} \cdot U;$$

но $U = \mathcal{E}$, т.к. конденсатор заряжается до напряжения источника.

$$\text{Тогда } \Delta q = \frac{3}{2} C_0 \cdot \mathcal{E} - \frac{1}{2} C_0 \cdot \mathcal{E} = C_0 \cdot \mathcal{E}.$$

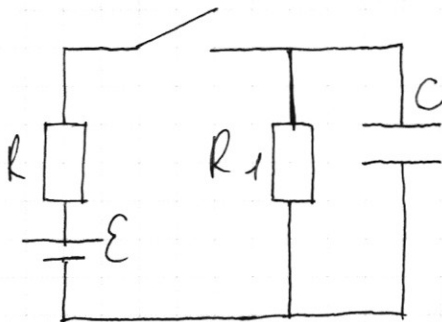
$$\text{Ответ: } \frac{3}{2} C_0; C_0 \cdot \mathcal{E}.$$

Задача \checkmark 5

Дано:

$C, \mathcal{E}, R, R_1, r$

$I, U, Q - ?$



Решение

Сразу после включения ток от источника пойдет через резистор, а конденсатор не успеет зарядиться, тогда, по закону Ома для полной цепи: $I = \frac{\mathcal{E}}{r+R}$, где r - внутр. сопротивление, а R - внешнее.

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R+r} = \frac{\mathcal{E}}{5R}. \text{ Теперь найдем напряжение на}$$

резисторе, а т.к. он соединен параллельно с

конденсаторам, то это напряжение для них будет одинаковым.

$$U = I \cdot R_1 = \frac{\varepsilon}{5R} \cdot 4R = \frac{4}{5} \varepsilon.$$

Далее нужно найти Q , но т.к. в конце опыта ключ разомкнут, то $U_K = 0$.

$$\frac{CU_K^2}{2} = Q + \frac{CU_K^2}{2}; \text{ т.к. } U_K = 0, \text{ то } Q = \frac{CU_K^2}{2} = \frac{C \cdot \frac{16}{25} \varepsilon}{2} = \frac{8}{25} \varepsilon \cdot C.$$

Ответ: $I = \frac{\varepsilon}{5R}$; $U = \frac{4}{5} \varepsilon$; $Q = \frac{8\varepsilon \cdot C}{25}$.

Задача 2

$\frac{mV_0^2}{2} = \frac{4mV^2}{2} + \frac{mu^2}{2}$; u - скорость шара после столкновения; V - скорость горки после столкновения.

По ЗСИ: $V_0 = V + u$.

Решим систему:

$$\begin{cases} V_0^2 = 4V^2 + u^2 \\ V_0 = V + u \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} V_0^2 = 4V^2 + u^2 \\ V_0^2 = u^2 + V^2 + 2uV \end{cases} \quad \text{приравняем!}$$

$$4V^2 + u^2 = u^2 + V^2 + 2uV$$

$$3V^2 = 2uV; \quad 3V = 2u; \quad V = \frac{2}{3}u;$$

$$V_0 = u + \frac{2}{3}u = \frac{5}{3}u; \quad u = \frac{3}{5}V_0;$$

$$V = \frac{2}{5}V_0;$$

Т.к. двинулась горка и шарик,

$$\frac{m(V+u)^2}{2} = mgh_{\max}; \quad h_{\max} = \frac{V_0^2}{2g};$$

$$u - V = \frac{V_0}{5}. \quad \text{Ответ: } \frac{V_0 \cdot V_0^2}{5}, \frac{2g}{5}.$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$m v_0 = m v_m + 4 m v_r$$

$$v_0 = v_m + 4 v_r$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{4 m v_r^2}{2} + \frac{m v_m^2}{2} + m g h$$

$$m v_0^2 = 4 m v_r^2 + m v_m^2 + 2 m g h$$

$$v_0^2 = 4 v_r^2 + v_m^2 + 2 g h_{\max}$$

$$\frac{C v_0^2}{2} = Q + \frac{C v_m^2}{2}$$

$$\frac{4}{5} \varepsilon$$

$$\frac{C \varepsilon^2}{2} = Q + \frac{C \frac{16}{25} \varepsilon^2}{2} \quad I = \frac{\varepsilon}{5R}; \quad U = IR = \frac{4R\varepsilon}{5R}$$

$$C \varepsilon^2 = 2Q + \frac{C \varepsilon^2 - 16}{25}$$

$$2Q = \frac{9C \varepsilon^2}{25}$$

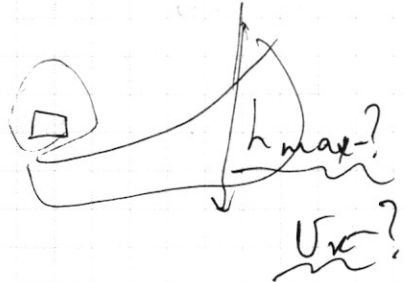
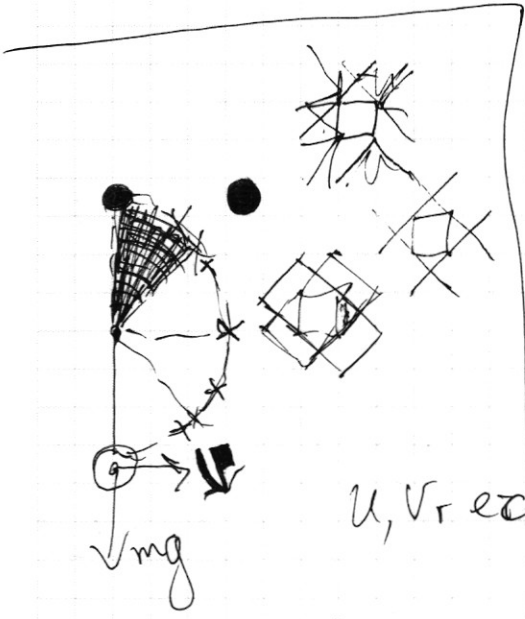
$$Q = \frac{9C \varepsilon^2}{50}$$

$$\frac{C \varepsilon^2}{2} = Q + \frac{8C \varepsilon^2}{25}$$

$$Q = \frac{25C \varepsilon^2}{50} - \frac{8C \varepsilon^2}{50} = \frac{9C \varepsilon^2}{50}$$

$$\frac{C \varepsilon^2}{2} = Q; \quad \frac{8C \varepsilon^2}{25} = Q$$

$$u - v_r = \frac{2}{5} v_0 - \frac{3}{5} v_0 = -\frac{v_0}{5}$$



$$\frac{m u^2}{2} = m g h_{\max}$$

$$\frac{m (u + v_r)^2}{2} = m g h_{\max}$$

$$\frac{mV_0^2}{2} = mg2l + \frac{mV^2}{2}$$

3544



$$m a_{yc} = mg + T$$

$$\frac{mV^2}{r} = mg$$

$$V^2 = g l$$

$$V = 2gh$$

$$V_0^2 = 4V^2 + u^2$$

$$V_0^2 = 4 \cdot \frac{4}{9} u^2 + u^2$$

$\frac{9V_0^2}{50g}$

$$\frac{mV_0^2}{2} = 2mgl + \frac{mgl}{2}$$

$$V_0^2 = \frac{16}{9} V^2 + \frac{9}{9} V^2$$

$$V_0^2 = 4gl + gl = 5gl$$

$$V_0 = \frac{5}{3} u$$

$$V_0 = \sqrt{5gl} = \sqrt{50 \cdot 0,18} = 3 \text{ m/s}$$

$$u = \frac{3}{5} V_0$$

$$C_0 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}; C_1 = \frac{3\epsilon \epsilon_0 S}{d}$$

$$C_0 C_1 = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{\frac{9\epsilon \epsilon_0 S}{d}}{\frac{6\epsilon \epsilon_0 S}{d}} = \frac{3}{2} C_0$$

$$h_{max} = \frac{u^2}{2g} = \frac{\frac{9}{25} V_0^2}{2g} = \frac{9V_0^2}{50g}$$

$$\Delta q = C_0 \phi; U = C_0 \cdot \phi = \frac{3}{2} C_0 \phi = \frac{1}{2} C_0 \epsilon = C_0 \epsilon$$

$$u = \frac{2}{5} V_0$$

$\sqrt{2}$

$$V = \frac{3}{5} V_0$$

$$V_0^2 = 4V^2 + u^2$$

$$V_m = \frac{V_0}{5}; V_0 = u + \frac{3}{5} V_0$$

$$V = V_0 \frac{m}{m+M}$$

$$V_0^2 = V^2 + u^2 + 2Vu$$

$$V = \frac{2}{3} u$$

$$4V^2 + u^2 = u^2 + V^2 + 2Vu$$

$$\frac{mV_m^2}{2} = mgh_m$$

$$3V^2 = 2u^2$$

$$3V^2 = 2u^2$$

$$V_m^2 = 2gh_{max}$$

$$h_{max} = \frac{V_m^2}{2g} = \frac{\frac{V_0^2}{25}}{2g} = \frac{V_0^2}{50g}$$

$$\frac{mV_0^2}{2} = \frac{(4m)V^2}{2} + \frac{m u^2}{2}$$

$$\frac{mV_0^2}{2} = \frac{M V^2}{2} + \frac{m u^2}{2}$$

$$V_0 = 4V + u$$

$$V_0^2 = 4V^2 + u^2$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$v_0 = 4v + u$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{4mv^2}{2} + \frac{mu^2}{2};$$

✗

mv

$$\begin{cases} v_0 = 4v + u \\ v_0^2 = 4v^2 + u^2 \end{cases} \quad \begin{cases} v_0^2 = 16v^2 + 8u \cdot v + u^2 \\ v_0^2 = 4v^2 + u^2 \end{cases}$$

$$12v^2 + 8uv$$

$$4v^2 = v_0^2 - u^2;$$

$$v_0^2 = 4v_0^2 - 4u^2 + 8uv + u^2$$

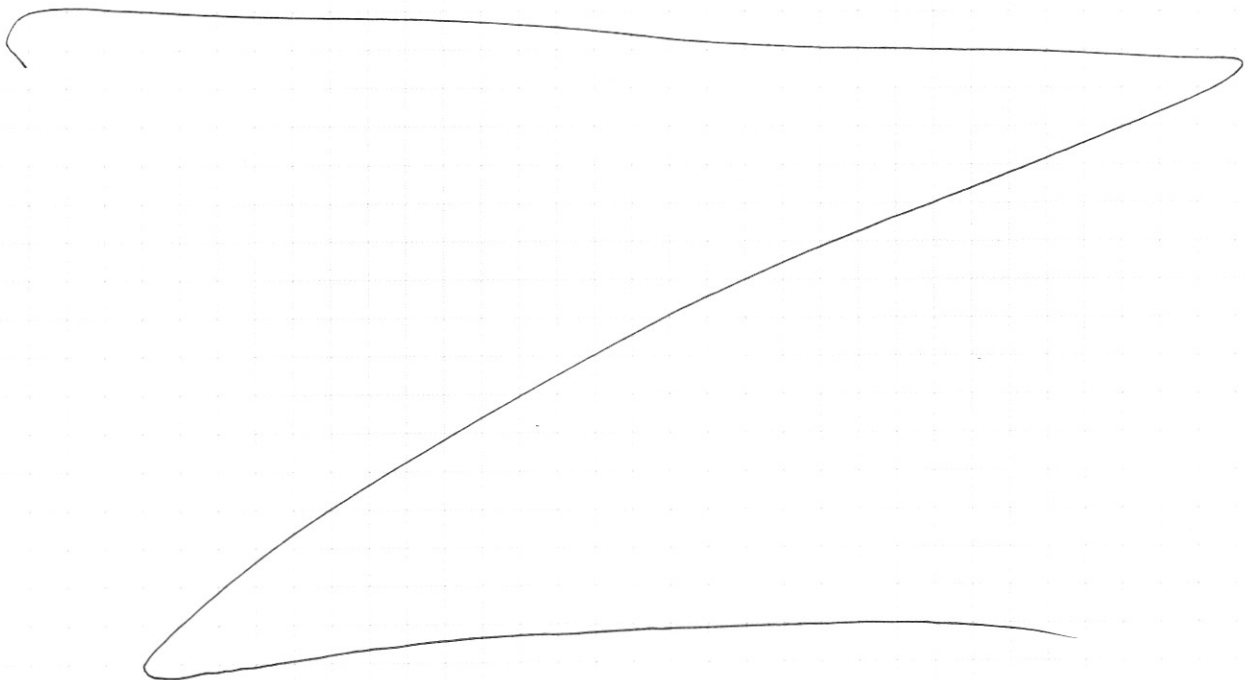
$$0 = 3v_0^2 - 4u^2 + 8uv + u^2$$

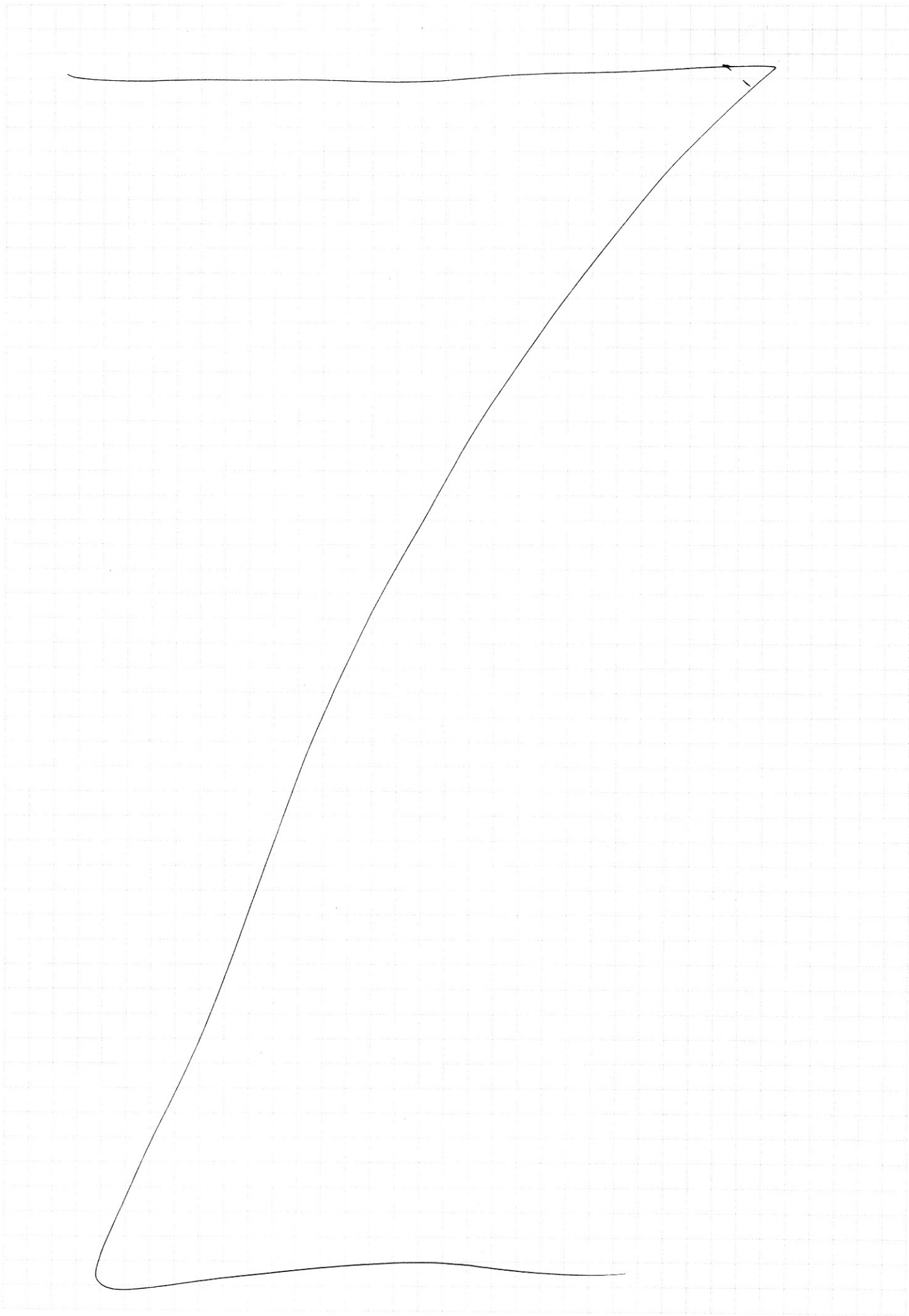
$$3u^2 = 3v_0^2 + 8uv$$

$$3u^2 - 8uv = 3v_0^2$$

$$u(3u - 8v) = 3v_0^2$$

$$u^2 - \frac{8}{3}uv = 4v^2 + u^2$$

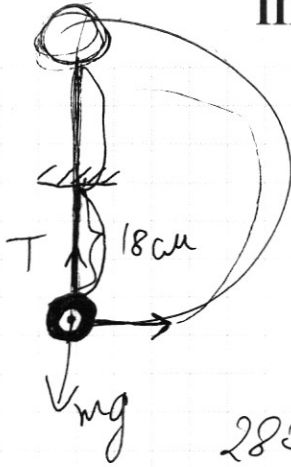




черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$\sqrt{1}$

$g = 10$

$\frac{mv^2}{2} = mgh$

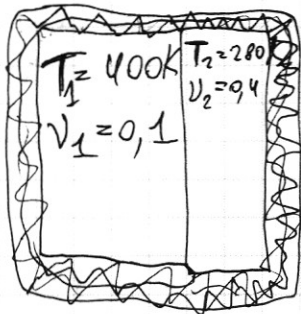
$280 \cdot 0,4 = 28 \cdot H$

$v^2 = 4gh ; v = \sqrt{40 \cdot 0,18} = \sqrt{7,2}$

3,6 $\times \frac{1,8}{9} = 0,18$
 $2 \cdot 0,605^2 = 1,2 \sqrt{5}$
 $0,18 \sqrt{20} = \sqrt{20 \cdot 0,36} = \sqrt{2 \cdot 3,6^2}$

$V = 8,31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$

$\sqrt{13}$



$127 + 273 = 400$

$280 \cdot 0,4 = 28 \cdot 4 = 112$

$\mu = 0, \Delta \mu = \text{const}$
 $\frac{3}{2} V_1 R T_1 + \frac{3}{2} V_2 R T_2 = \frac{3}{2} R (V_1 T_1 + V_2 T_2)$

$\frac{3}{2} R (V_1 T_1 + V_2 T_2) = \frac{3}{2} R T_{05} (V_1 + V_2)$

$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$

$T_{05} = \frac{V_1 T_1 + V_2 T_2}{V_1 + V_2} = \frac{40 + 112}{0,5}$

$T_{05} = 304 \text{ K} = 31^\circ \text{C}$

$152 \cdot 2 = 304$

$P_k - ?$

$P_0 = \frac{i}{2} \nu R T$

$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$

$P_1 = \nu R T \frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1 V_2}{T_2 V_1}$

$P_1 = \frac{P_2 T_1 V_2}{T_2 V_1}$

$P \cdot 8,31 \cdot 10^{-3} = 0,5 \cdot 8,31 \cdot 304$

$P_{05} \cdot V = (V_1 + V_2) R T_{05}$

$P = 0,5 \cdot 304 \cdot 10^3 = 152 \cdot 10^3 \text{ Па}$

черновик чистовик

$m v_0 = 5m v_k; \quad v_k = \frac{v_0}{5}$

$m v_0 = m v_m + 4m v_r$



$v_r = \frac{v_0}{5}$
 $v_m = \frac{4v_0}{5}$

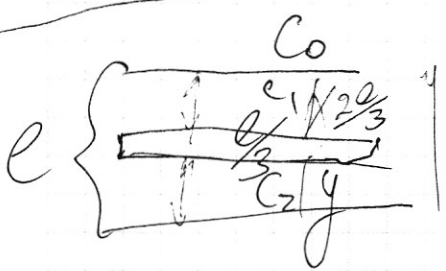
$\frac{m(v_0)^2}{2} = mgh$

$h = \frac{v_0^2}{2g}$

$v_m = v_0 - 4v_r$

$\frac{m v_m^2}{2} = mgh_{max}$

$v_m = v_0 - 4v_r$



max $\frac{2}{3}l$

$\frac{m(v_m + v_r)^2}{2} = mgh_{max}$

$C_0 = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$

$C = d \cdot U$

$v_m (v_0 + 5v_r)^2 = 2hmg$

$C_0 = l \cdot \epsilon$ and $q = CU$

$l = \frac{C_0}{\epsilon}$

$(v_0 - 3v_r)^2 = 2ghm$

1) $J = \frac{\epsilon}{2+l} = \frac{\epsilon}{5R}$

$\frac{4}{5}\epsilon$

$\beta = \epsilon \cdot R$

$C_1 = C_2 = \frac{C_0}{3}$

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

~~q = It~~

$U_0 = \epsilon$

$C_{05} = \frac{C_0^2}{2C_0}$

$l = \frac{C_0}{\epsilon}; \quad C = d \cdot U$

$\frac{C_0^2}{3 \cdot 2C_0} = \frac{C_0}{6}$

$\frac{3\epsilon^2}{2C_0}$



$C_1 = x \cdot \epsilon$

$C_2 = y \cdot \epsilon$

$x + y = \frac{2C_0}{3\epsilon}$

$C_{05} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{3C_1 C_2}{2C_0} = \frac{3C_1 C_2}{2C_0}$

$C_1 = \frac{C_0 \epsilon}{3} = \frac{C_0}{3} = C_2$