

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 1
город Москва

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов

по физике

Решцова Владислава Дмитриевна
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата
«14» февраля 2025 года

Подпись участника
В.Реш

Черновик

 $V_0; V; u$

$$P_x: m \cdot V_0 = M \cdot u; u = \frac{m V_0}{M}$$

$$E: \frac{m \cdot V_0^2}{2} = \frac{M u^2}{2} + \frac{m V^2}{2}$$

$$V^2 = \frac{m V_0^2 - M u^2}{m} = V_0^2 - V_0^2 \frac{m}{M} = V_0^2 \left(1 - \frac{m}{M}\right)$$

$$V = V_0 \sqrt{1 - \frac{m}{M}}$$

$$V_{(t)} = 0 = V - g t; t = \frac{V}{g}$$

$$S = t \cdot u = \frac{V_0^2}{g} \cdot \frac{m}{M} \sqrt{1 - \frac{m}{M}} = \frac{25}{10} \cdot \frac{0,36}{0,1} \cdot \sqrt{1 - \frac{36}{100}}$$

$$= \frac{25}{10} \cdot 0,36 \cdot \frac{8}{10} = 0,72 \text{ м}$$

$$P_2 = \left(1 - \frac{k}{100}\right) P_1; V_2 = \left(1 + \frac{n}{100} t\right) V_1$$

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

$$T_2 = (1 - \frac{k}{100}) \cdot T_1; \Delta T = T_1 (1 - \frac{k}{100})$$

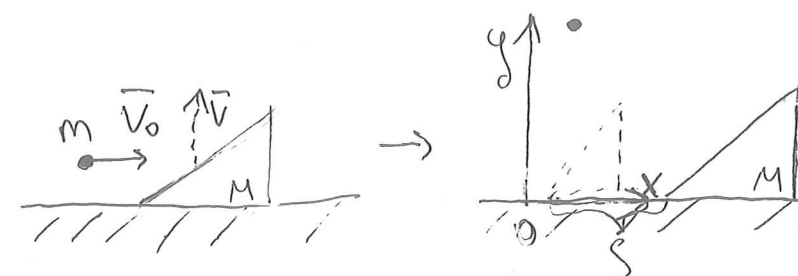
$$A = P(\Delta V) = P_1 \cdot V_1 \cdot \frac{n}{100} = \frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} \cdot T_1 \cdot \frac{n}{100} = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T_1 \cdot \frac{n}{100}$$

$$\eta = \frac{A}{Q} = \frac{P_1 \cdot V_1 \cdot \frac{n}{100}}{P_1 \cdot V_1 \cdot \frac{n}{100} + \frac{m}{M} \cdot R \cdot T_1 \cdot \frac{n}{100}} \cdot 100\% = \frac{1}{1 + \frac{m}{M} \cdot \frac{R \cdot T_1}{P_1 \cdot V_1}} \cdot 100\%$$

Чистовик

w 1.1

Дата:

 $m = 362$ $M = 1002$ $g = 10 \text{ м/с}^2$ $V_0 = 5 \text{ м/с}$ $S = ?$ 

Решение

Введём эти координаты так, как показано на рисунке. Так как процесс абсолютно упругий удар $\Rightarrow$ законимся 3-м сохранением энергии и 3-м сохранением импульса вдоль

$$Ox: E: \frac{m V_0^2}{2} = \frac{m V^2}{2} + \frac{M u^2}{2} \quad (1)$$

$$Px: m V_0 = m V + M u \quad (2)$$

где V - скорость шарика после удара по условию вертикаль

но вверх), u - скорость клина после удара

$$Uz (2) \Rightarrow u = \frac{m V_0}{M}, \text{ подставим в (1)}$$

$$m V_0^2 = m V^2 + \left(\frac{m V_0}{M}\right)^2 \cdot M$$

$$V^2 = V_0^2 \cdot \left(1 - \frac{m}{M}\right) \Rightarrow V = V_0 \cdot \sqrt{1 - \frac{m}{M}}$$

Так как скорость у шарика в верхней точке его траектории $= 0 \Rightarrow 0 = V - g t$, где t - время подъёма $\Rightarrow t = \frac{V}{g}$

$$Пусть S - искомая величина \Rightarrow S = u \cdot t = \frac{m \cdot V_0}{M} \cdot \frac{V}{g} = \frac{m \cdot V_0}{M} \cdot \frac{V_0 \sqrt{1 - \frac{m}{M}}}{g} = \frac{V_0^2}{g} \cdot \frac{m}{M} \cdot \sqrt{1 - \frac{m}{M}} = \frac{25}{10} \cdot \frac{36 \cdot 10^{-3}}{100 \cdot 10^{-3}} \cdot \sqrt{1 - \frac{36 \cdot 10^{-3}}{100 \cdot 10^{-3}}} = 0,72 \text{ м}$$

$$= \frac{25}{10} \cdot 0,36 \cdot \frac{8}{10} \cdot \mu = 2 \cdot 0,36 \mu = 0,72 \mu \quad \text{чистовик}$$

$$\text{Ответ: } 0,72 \mu = \frac{V_0^2 \cdot m}{q \cdot M} \cdot \sqrt{1 - \frac{m}{M}} \quad +$$

w 1.3

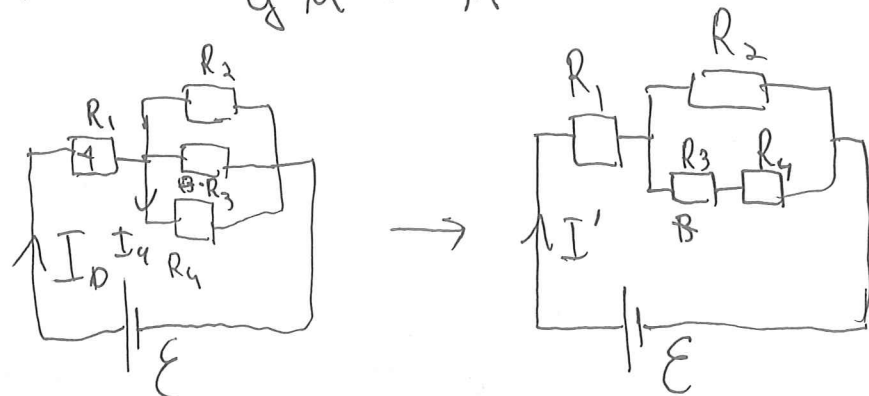
Дано:

$$P = 30 \text{ BT}$$

$$\Delta I = 2 \text{ A}$$

$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R$$

E-?



Решение

В начальном положении полное сопротивление цепи $R_0 = R + \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \frac{1}{R}} = R + \frac{R}{3} = \frac{4R}{3}$ +

$$\text{В конечном } R' = R + \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{R+R}} = R + \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{2R}} =$$

$$= R + \frac{2R}{3} = \frac{5R}{3} \quad +$$

$$\text{По 3-му закону Ома: } \begin{cases} I_0 = \frac{E}{R_0} = \frac{3E}{4R} \\ I' = \frac{E}{R'} = \frac{3E}{5R} \end{cases}, \text{ а по условию}$$

$$\Delta I = I_0 - I' = \frac{3E}{4R} - \frac{3E}{5R} = \frac{3E}{20R}$$

П.к. $R_2 = R_3 = R_4 \Rightarrow I_4 = \frac{I_0}{3}$, где I_4 - сила тока, протекающего через R_4

$$\text{м.к. } P = I_4^2 \cdot R_4 = \left(\frac{I_0}{3}\right)^2 \cdot R = \left(\frac{3E}{3 \cdot 4R}\right)^2 \cdot R = \frac{E^2}{16R} \quad +$$

Черновик

$$= \frac{R \cdot n}{\mu C_v \cdot (100-1) + \frac{R \cdot n}{100}} = \frac{8,3 \cdot 2}{28 \cdot 10^3 \cdot 745 \cdot 0,0098 + \frac{8,3 \cdot 2}{100}} =$$

$$\begin{array}{r} 1,02 \\ - 0,99 \\ \hline 0,03 \\ + 918 \\ \hline 918 \\ + 18 \\ \hline 10098 \end{array} \quad \begin{array}{r} 745 \\ \cdot 28 \\ \hline 5960 \\ + 1490 \\ \hline 20860 \end{array} \quad \begin{array}{r} 2086 \\ \cdot 98 \\ \hline 16688 \\ + 18774 \\ \hline 204428 \end{array} \quad \begin{array}{r} 204 \\ + 166 \\ \hline 370 \end{array}$$

$$= \frac{16,6}{20,86 \cdot 0,0098 + 0,166} = \frac{16,6}{0,366} = \frac{16,6}{0,37} =$$

$$\approx \frac{166}{3,7} \quad 0,0098 = 98 \quad 16,61$$

$$\begin{array}{r} 166 \overline{) 3,7} \\ \underline{15} \\ 16 \\ \underline{2086} \\ 16688 \\ \underline{18774} \\ 204428 \end{array} \quad 2086 \cdot 10^3 \cdot 98 \cdot 10^{-4} = 2086 \cdot 98 \cdot 10^{-6} =$$

$$\begin{array}{r} 2086 \\ \cdot 98 \\ \hline 16688 \\ + 18774 \\ \hline 204428 \end{array} \quad \begin{array}{r} 166 \overline{) 3,7} \\ \underline{15} \\ 16 \\ \underline{2086} \\ 16688 \\ \underline{18774} \\ 204428 \end{array} \quad \begin{array}{r} 166 \overline{) 3,7} \\ \underline{15} \\ 16 \\ \underline{2086} \\ 16688 \\ \underline{18774} \\ 204428 \end{array}$$

$$R_1 = \frac{4R}{3} \quad R_2 = \frac{5R}{3}$$

$$\frac{A}{Q} = \frac{m \cdot R \cdot T_i \cdot 0,02}{\mu C_v \cdot T_i \cdot (100-1) + \frac{m \cdot R \cdot T_i \cdot 0,02}{100}} = \frac{R \cdot 0,02}{C_v \cdot \mu \cdot (100-1) + R \cdot 0,02} =$$

$$= \frac{0,166}{0,21 + 0,166} = \frac{0,166}{0,376} = \frac{166}{376}$$

76-12-09-10
(4.5)

итого:
$$\begin{cases} \frac{3\varepsilon}{20R} = \Delta I & (1) \\ \frac{\varepsilon^2}{16R} = P \Rightarrow R = \frac{\varepsilon^2}{16P} \end{cases}$$
 , подставим в (1)

$$\frac{3\varepsilon}{20 \frac{\varepsilon^2}{16P}} = \Delta I$$

$$\frac{3 \cdot 16P}{20 \Delta I} = \varepsilon \quad ; \quad \varepsilon = \frac{12P}{5 \Delta I} = \frac{12 \cdot 30}{5 \cdot 2} \text{ В} = 36 \text{ В}$$

Ответ: $36 \text{ В} = \frac{12P}{5 \Delta I}$

и 1.4

Дано:

$$F = 30 \text{ см}$$

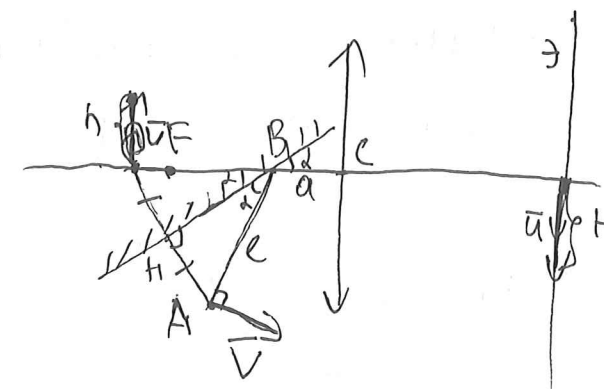
$$\alpha = 30^\circ$$

$$BC = a = 10 \text{ см}$$

$$V = 2 \text{ см/с}$$

$$AB = l = 25 \text{ см}$$

и-?



Решение

сначала найдем изображение точки в зеркале. Для этого из т. А опустим $\perp$ на плоскость зеркала ($АН \perp ВН$) и продлим АН вдвое ($AD = 2АН$). Заметим, что точка D попадет на главную оптическую ось линзы (т.к. $ВН \perp AD$ и Н-сер АD $\Rightarrow \angle BAD = \angle DBA = 2\alpha$; $\angle CBA = 180 - 2\alpha$, а $\angle ABC + \angle DBA = 180 - 2\alpha + 2\alpha = 180 \Rightarrow DB \perp AC$ - диаметр)

$DB=AB=l$, скорость изображения мурки $\perp$ н.в. от оси
 Поскольку расстояние m . D - максимальная, а
 β' - расстояние от экрана до мурки $\Rightarrow$
 $\Rightarrow \beta'$ можно найти по формуле тонкой
 линзы: $\frac{1}{DC} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{F}$, $DC = a+l$ Чистовик

$$\frac{1}{\beta} = \frac{1}{F} - \frac{1}{a+l} = \frac{a+l-F}{F(a+l)}; \beta = \frac{F(a+l)}{a+l-F}$$

Пусть за некоторое время t мурка
 пролетела $h \Rightarrow h = t \cdot v$, тогда на экране мурка
 пролетела $H = u \cdot t$, где u - скорость мурки
 на экране
 Узнаем линейное увеличение мурки (Γ)
 $\Gamma = \frac{\beta}{a+l}$, но также $\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{u \cdot t}{v \cdot t} = \frac{u}{v}$

найдем, что $\frac{\beta}{a+l} = \frac{u}{v}$

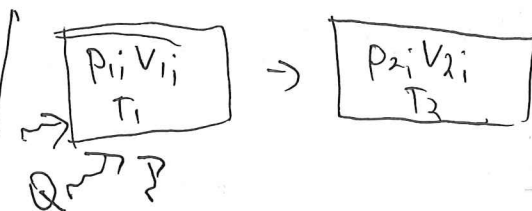
$$u = \frac{\beta \cdot v}{a+l} = \frac{F(a+l) \cdot v}{(a+l)(a+l-F)} = \frac{F \cdot v}{a+l-F} = \frac{30 \cdot 2}{10+25-30} = \frac{60}{5} \text{ см/с} = 12 \text{ см/с}$$

Ответ: $u = \frac{F \cdot v}{a+l-F} = 12 \text{ см/с}$

~ 1.2

Дано:

$n = 2\%$; $M(N_2) = 28 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
 $k = 1\%$; $c_v = 745 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{град}}$
 $Q = 8,3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{моль}}$
 $\frac{A}{Q} = \eta = ?$



76-12-09-10
(4.5)

Пусть $\left\{ \begin{array}{l} P_1 - \text{давление, которое было} \\ V_1 - \text{объем, который был} \\ T_1 - \text{температура газа, которая была} \\ \gamma - \text{ка-во веш-ва (оно не изменилось)} \\ P_2 - \text{давление, которое стало} \\ V_2 - \text{объем, который стал} \\ T_2 - \text{температура, которая стала} \end{array} \right.$ Чистовик

Запишем ^e ур-е Клапейрона-Менделеева, для обеих ситуаций

$$\left. \begin{array}{l} P_1 \cdot V_1 = \gamma \cdot R \cdot T_1 \\ P_2 \cdot V_2 = \gamma \cdot R \cdot T_2 \end{array} \right\} \Rightarrow \gamma R = \frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2}$$

Запишем P_2 и V_2 через P_1 и V_1 :

$$P_2 = P_1 \left(1 - \frac{k}{100}\right); V_2 = V_1 \left(1 + \frac{n}{100}\right)$$

подставим в полученное ур-е

$$\frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_1 \left(1 - \frac{k}{100}\right) \cdot V_1 \left(1 + \frac{n}{100}\right)}{T_2}$$

$$T_2 = T_1 \left(1 - \frac{k}{100}\right) \left(1 + \frac{n}{100}\right); \Delta T = T_2 - T_1 = T_1 \left(1 - \frac{k}{100}\right) \left(1 + \frac{n}{100}\right) - 1$$

Пренебрежем изменением давления $\Rightarrow$

$$A = p_1 (V_2 - V_1) = p_1 \cdot V_1 \cdot \frac{n}{100} = \gamma \cdot R \cdot T_1 \cdot \frac{n}{100} = \frac{m}{\mu} \cdot R \cdot T_1 \cdot \frac{n}{100} \Rightarrow$$

$$\Delta U = C_v \cdot m \cdot \Delta T = C_v \cdot m \cdot T_1 \left(1 - \frac{k}{100}\right) \left(1 + \frac{n}{100}\right)$$

$\Rightarrow$ по 1-му 3-му термод-ки: $Q = \Delta U + A$

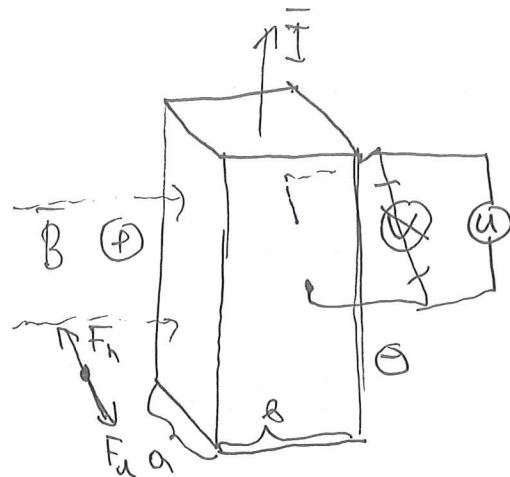
$$\eta = \frac{A \cdot 100\%}{Q} = \frac{A \cdot 100\%}{A + \Delta U} = \frac{\frac{m}{\mu} \cdot R \cdot T_1 \cdot \frac{n}{100}}{\frac{m}{\mu} \cdot R \cdot T_1 \cdot \frac{n}{100} + C_v \cdot m \cdot T_1 \left(1 - \frac{k}{100}\right) \left(1 + \frac{n}{100}\right)} \cdot 100\%$$

$$= \frac{R \cdot \frac{n}{100}}{C_v \cdot \mu \left(1 - \frac{k}{100}\right) \left(1 + \frac{n}{100}\right) + R \cdot \frac{n}{100}} \cdot 100\% = \frac{16,6}{20,86 \cdot 0,0098 + 0,166} \% \approx$$

$$\approx \frac{16,6}{21,0,01 + 0,166} \% = \frac{16,6}{0,2166} \% = \frac{16,6}{0,376} \% \approx 45 \% \quad \text{Чистовик}$$

Ответ: $\frac{R \cdot \frac{n}{100}}{C_V \cdot \mu \left((1 - \frac{x}{100}) (1 + \frac{n}{100}) - 1 \right) + R \cdot \frac{n}{100}} \cdot 100\% = \eta \approx 45\%$

W 1.5.
 Дано:
 $B = 0,1 \text{ Тл}$
 $I = 8 \text{ мА}$
 $b = 5 \text{ мм}$
 $U = 4 \text{ мВ}$
 $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
 $n - ?$



Решение

Как как пластинка n-типа $\Rightarrow$ есть свободные электроны. На электроны, движущиеся во внешнем магнитном, будет действовать сила

Лоренца F_L , равная по модулю $V \cdot e \cdot B$, где V - скорость электронов, e - их заряд, B - индукция магнитного поля $\Rightarrow$ на передней грани будет скапливаться отрицательный заряд $\Rightarrow$ возникнет разность потенциалов (фиксируемая вольтметром) $\Rightarrow$ возникнет электрическое поле, $\propto$ напряженность концентрация которого $E = \frac{U}{a}$, где a - расстояние между передней и задней стороны пластины (см. рисунок).

Это поле будет действовать на электроны силой $F_n = e \cdot E$.

В том момент, когда $F_n = F_L$, накопление

заряда прекратится. Чистовик

Плотность тока $j = n \cdot e \cdot V$, но также

$$j = \frac{I}{S} = \frac{I}{a \cdot b} \quad (\text{при } j = \text{const})$$

$$F_L = F_n$$

$$V e B = e \cdot E$$

$$V e B \cdot n = e \cdot \frac{U}{a} \cdot n$$

$$\frac{B I}{a b} = e \cdot \frac{U}{a} \cdot n$$

$$n = \frac{B I}{e b U} = \frac{0,1 \cdot 8 \cdot 10^{-3}}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot 4 \cdot 10^{-3}} \text{ м}^{-3} = \frac{1}{4} \cdot 10^{21} \text{ м}^{-3} = 2,5 \cdot 10^{20} \text{ м}^{-3}$$

$$= 2,5 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}$$

Ответ: $n = \frac{B I}{e b U} = 2,5 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}$ +