

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант № 1

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов

по физике

Матвеева Никиты Алексеевича

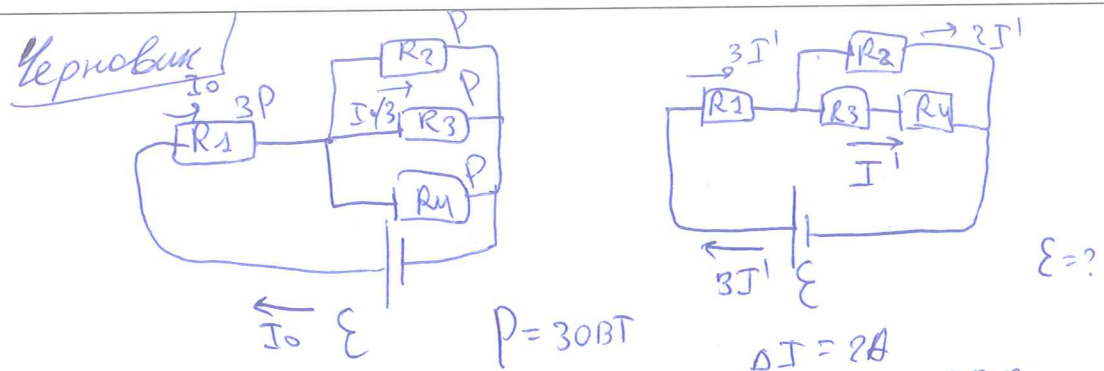
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

« 14 » 02 2025 года

Подпись участника

AM



$$\frac{R}{2} \cdot R = \frac{R}{3}$$

$$I_0^2 R = 3P = 90 \text{ Вт}$$

$$\frac{2R \cdot R}{3R} = \frac{2}{3} R$$

$$3I' + \Delta I = I_0 \rightarrow 3I' = I_0 - \Delta I$$

$$I_0 \cdot \frac{4}{3} R = \varepsilon = 3I' \cdot \frac{5}{3} R$$

$$\frac{4}{5} I_0 = I_0 - \Delta I \rightarrow \Delta I = \frac{I_0}{5} \rightarrow I_0 = 10 \text{ А}$$

$$\frac{3P}{I_0^2} = R = \frac{90}{100} = 0,9 \Omega$$

$$\varepsilon = I_0 \cdot \frac{4}{3} R = 5 \Delta I \cdot \frac{4}{3} \cdot \frac{3P}{(\Delta I)^2} =$$

$$= \frac{4P}{5\Delta I} = \frac{30 \cdot 4}{5 \cdot 2} = 12$$

$$\varepsilon = 12 \text{ В}$$

$$\frac{4}{3} I_0 R = 5 I' R \rightarrow \frac{I_0 \cdot 4}{15} = I'$$

$$\frac{4}{5} I_0 + \Delta I = I_0 \rightarrow \Delta I = \frac{I_0}{5}$$

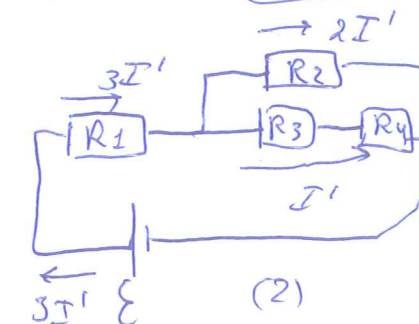
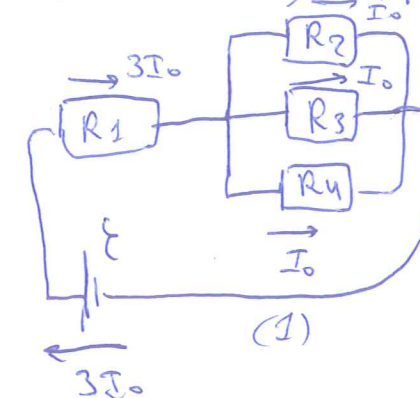
$$\begin{array}{r} 400 \overline{) 3600} \\ 36 \overline{) 3600} \\ 100 \\ 36 \overline{) 100} \end{array}$$

71-62-23-96
(4.1)

Задача 1.3.

решено

$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R; P_{R_4} = 30 \text{ Вт}; \Delta I = 2 \text{ А}; \varepsilon = ?$$



1) Введем ток в цепи (1) и (2); т.к. все резисторы имеют сопр. R → ток распределен в (1) через R₂, R₃, R₄ равные I₀; ⇒ через R₁ → 3I₀; в (2) через R₃ и R₄ ток I' ⇒

⇒ через R₂ → 2I' (параллельно); ⇒ через R₁ → 3I'

2) $3I_0 = 3I' + \Delta I$ (общий ток уменьшился)

$$3) P_{R_4} = I_0^2 R = P$$

4) Запишем общее эк. напряжение ε для (1) и (2):

$$(1) \varepsilon = 4I_0 R \Rightarrow 4I_0 = 5I'$$

$$(2) \varepsilon = 5I' R$$

$$5) \text{ Из (2) подставим в 4) } \rightarrow \frac{4I_0}{5} = I_0 - \frac{\Delta I}{3} \rightarrow \frac{\Delta I}{3} = \frac{I_0}{5} \rightarrow I_0 = \frac{\Delta I \cdot 5}{3}$$

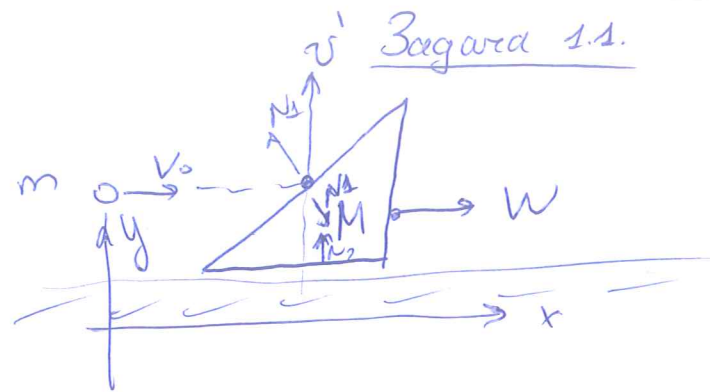
$$\rightarrow I_0 = \frac{5 \Delta I}{3}$$

$$6) P = I_0^2 R \Rightarrow R = \frac{P}{I_0^2} = \frac{P \cdot 9}{25 \Delta I^2} \rightarrow$$

$$\rightarrow \varepsilon = 4I_0 R = \frac{4 \cdot \Delta I \cdot 5}{3} \cdot \frac{P \cdot 9}{25 \Delta I^2} = \frac{12P}{5 \Delta I}$$

$$= \frac{12 \cdot 30}{5 \cdot 2} = 36 \text{ В}$$

Ответ: ε = 36 В



$v_0 = 5 \text{ м/с}$
 $m = 36 \text{ кг}$
 $M = 100 \text{ кг}$
 $g = 10 \text{ м/с}^2$
 $S = ?$

1) Запишем З.С.Э. (т.к. сил трения нет)

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv'^2}{2} + \frac{MW^2}{2}$$

2) Запишем З.С.И. на O_x ($F_{\text{внеш}} = 0$)

$$mv_0 = MW \rightarrow W = \frac{mv_0}{M}$$

подставим в (1) $\rightarrow mv_0^2 = mv'^2 + \frac{m^2 v_0^2}{M}$

$$\rightarrow v'^2 = v_0^2 \left(\frac{M-m}{M} \right) \rightarrow v' = v_0 \sqrt{\frac{M-m}{M}}$$

3) $S = W \cdot t$ (t - время, за которое шар дойдет до макс. высоты) - движение равномерное по O_x , т.к. нет сил внешних

4) $v' - gt = 0$ (на макс. высоте скорость шара будет равна 0; равноускоренное движение вверх)

$$t = \frac{v'}{g} = \frac{v_0}{g} \sqrt{\frac{M-m}{M}}$$

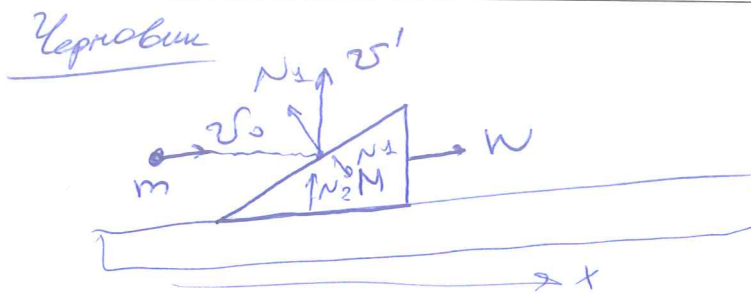
Подставим в (3) $\rightarrow S = \frac{mv_0}{M} \cdot \frac{v_0}{g} \sqrt{\frac{M-m}{M}} =$

$$= \frac{v_0^2 m}{gM} \sqrt{\frac{(M-m)m}{M}} = \frac{5^2 \cdot 36}{10 \cdot 100} \cdot \sqrt{\frac{(100-36) \cdot 36}{100}} =$$

$\Rightarrow$ (масса в гр. не влияет на S , т.к. коэффициент)

$$= \frac{25 \cdot 36}{10 \cdot 100} \cdot \sqrt{\frac{64 \cdot 36}{100}} = \frac{25 \cdot 36}{1000} \cdot \frac{8}{5} = \frac{1}{5} \cdot \frac{1}{5} \cdot 36 = 0,72 \text{ м}$$

Ответ: $S = 0,72 \text{ м}$



$m = 0,036 \text{ кг}$
 $v_0 = 5 \text{ м/с}$
 $M = 0,1 \text{ кг}$
 $S = ?$
 $g = 10 \text{ м/с}^2$

1. $mv_0 = MW$
 $W = \frac{mv_0}{M}$

2. $\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv'^2}{2} + \frac{MW^2}{2}$
 $mv_0^2 = mv'^2 + \frac{m^2 v_0^2}{M}$
 $v'^2 = v_0^2 - \frac{v_0^2 m}{M} = v_0^2 \left(\frac{M-m}{M} \right)$

3. $v' - gt = 0$
 $v' = v_0 \sqrt{\frac{M-m}{M}}$
 $\frac{v_0 \sqrt{\frac{M-m}{M}}}{g} = t$

4. $t \cdot W = S = \frac{v_0}{g} \sqrt{\frac{M-m}{M}} \cdot \frac{mv_0}{M} =$
 $= \frac{v_0^2}{g} \cdot \sqrt{\frac{(M-m)m}{M^2}} = \frac{v_0^2}{Mg} \sqrt{(M-m)m}$

$\frac{56 \cdot 745}{843} \cdot 10^{-2} = \frac{41720}{843} \cdot 10^{-2} = 49,24 \cdot 10^{-2} = 0,4924$
 $\frac{36}{10} = 3,6$
 $0,4924 \cdot 3,6 = 1,77264$

$PV = \nu RT$

$dPV + dV P = \nu R dT$

$\frac{dP}{P} + \frac{dV}{V} = \frac{\nu R dT}{\nu P T}$
 $dP + \frac{dV}{V} P = \frac{\nu R dT}{V}$

Черновик ~~///~~
 $n = 2\% \rightarrow V_0 \rightarrow 1,02 V_0 \quad \frac{dV}{V} = 0,02$
 $k = 1\% \rightarrow P_0 \rightarrow P_0 \cdot 0,99 \quad \frac{dP}{P} = -0,01$
 $\eta = ? \frac{A}{Q_+}$
 $\mu(N_2) = 28 \cdot 10^{-3} \text{ м/моль}$
 $C_v = 745 \text{ Дж/моль} \cdot \text{град}$
 $R = 8,3 \text{ Дж/моль} \cdot \text{град}$

$$\frac{dP}{P} + \frac{dV}{V} = \frac{dT}{T} = 0,01 \quad \frac{dT}{T} = 0,01$$

$$Q = \Delta U + A$$

$$\Delta U = \frac{i}{2} \nu R dT$$

$$A = P dV$$

$$\frac{A}{\eta} = Q = \frac{i}{2} \nu R dT + P dV$$

$$C_v = \frac{i}{2} R$$

$$\frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{град}} = \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{град}}$$

$$\frac{1}{\text{м}} = \frac{1}{\text{моль}} \cdot X$$

$$C_v = \frac{i}{2} \frac{R}{\mu}$$

$$\frac{P dV}{\eta} = \frac{i}{2} \nu R dT + P dV$$

$$\frac{P dV}{\eta} = \frac{i}{2} dP \cdot V + \frac{i}{2} P dV + P dV$$

$$\frac{dV}{\eta} = \frac{i}{2} \frac{dP}{P} \cdot V + \frac{i}{2} dV + dV$$

$$\frac{dV}{V \cdot \eta} = \left(\frac{i}{2} \frac{dP}{P} + \frac{i}{2} \frac{dV}{V} + \frac{dV}{V} \right) \eta$$

$$0,02 = \left(-\frac{i}{2} \cdot 0,01 + \frac{i}{2} \cdot 0,02 + 0,02 \right) \eta$$

$$2 = \left(-\frac{i}{2} + i + 2 \right) \eta$$

$$2 = \left(-\frac{5}{2} + 5 + \frac{4}{2} \right) \eta$$

$$\frac{9}{2} \eta = 2$$

$$\eta = \frac{4}{9}$$

$$\frac{2 \cdot 28 \cdot 10^{-3} \cdot 745}{8,3} =$$

$$=$$

$$\frac{8,2 \cdot 28 \cdot 36}{10 \cdot 1000} = \frac{72}{100}$$

Задача 1.2

$$n = 2\%$$

$$k = 1\%$$

$$\eta = \frac{A}{Q_+} = ?$$

$$\mu(N_2) = 28 \cdot 10^{-3} \text{ м/моль}$$

$$C_v = 745 \text{ Дж/моль} \cdot \text{град}$$

$$R = 8,3 \text{ Дж/моль} \cdot \text{град}$$

1) Упр-ние крайперона-Менделеева: $PV = \nu RT$
 запишем его в диф. форме: $d(PV) = \nu R dT$
 $dP \cdot V + dV \cdot P = \nu R dT$ | поделим на PV
 $\frac{dP}{P} + \frac{dV}{V} = \frac{\nu R dT}{PV} = \frac{dT}{T} \rightarrow \frac{dP}{P} + \frac{dV}{V} = \frac{dT}{T}$

$$2) \frac{dP}{P} = \frac{-k}{100\%} \quad \frac{dV}{V} = \frac{n}{100\%}$$

3) ~~Тервое~~ Первое начало термодинамики:

$$Q_+ = \Delta U + A$$

Выразим $\eta = \frac{A}{Q_+} \rightarrow Q_+ = \frac{A}{\eta}$, подставим

$$\frac{A}{\eta} = \Delta U + A; \quad A = P dV; \quad \Delta U = \frac{i}{2} \nu R dT = \frac{i}{2} dP \cdot V + \frac{i}{2} P dV$$

$$4) \frac{P dV}{\eta} = \frac{i}{2} P dV + \frac{i}{2} V dP + P dV \quad | \text{ поделим на } PV$$

$$\frac{dV}{V} = \eta \left(\frac{i}{2} \frac{dV}{V} + \frac{i}{2} \frac{dP}{P} + \frac{dV}{V} \right)$$

5) Азот двуатомный газ $\rightarrow i = 5$ +

$$\frac{n}{100\%} = \eta \left(\frac{5}{2} \frac{n}{100\%} + \frac{5}{2} \frac{k}{100\%} + \frac{n}{100\%} \right)$$

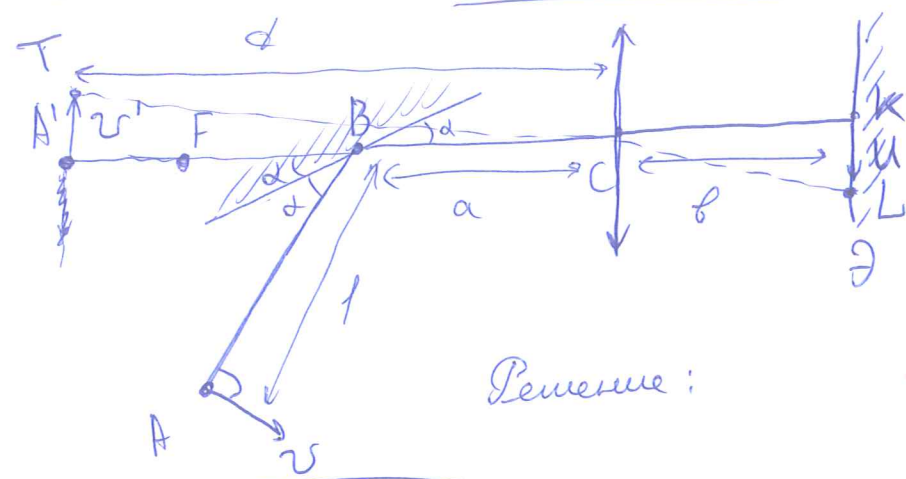
$$\eta = \frac{n}{\frac{5}{2} n - \frac{5}{2} k + n} = \frac{2}{\frac{5}{2} \cdot 2 - \frac{5}{2} \cdot 1 + 2} = \frac{2}{2 + \frac{5}{2}} = \frac{4}{9}$$

$$\text{Ответ: } \eta = 44\%$$

+

Решение

Задача 1.4

 $|U| = ?$ 

$$\begin{aligned} \alpha &= 30^\circ \\ v &= 2 \text{ м/с} \\ R &= 25 \text{ см} \\ a &= 10 \text{ см} \\ F &= 30 \text{ см} \end{aligned}$$

Решение:

1.) Построим изображение в зеркале $T.A \rightarrow A' \Rightarrow$
 $\Rightarrow A'$ лежит на продолжении Г.О.О. линии C на
 равных углов α

2.) $AB = A'B = R \rightarrow \frac{A'C}{d} = A'B + BC = a + R = 35 \text{ см},$
 $a + R > F \Rightarrow$

$\Rightarrow A'$ лежит за фокусом шара $\rightarrow$ изображение
 на экране действительное

3.) $d = a + R$; b - расстояние от C до $\mathcal{O}$

Запишем формулу тонкой линзы: $\frac{1}{d} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F}$ собирающая

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F} \rightarrow \frac{1}{b} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d} \Rightarrow b = \frac{Fd}{d-F} = \frac{35 \cdot 30}{5} = 210 \text{ см}$$

4.) Заметим, что после отражение в зеркале, скорость
 v' сохранится и будет равна v ; к тому же она
 будет перпендикулярно $A'B$, т.к. была AB перпендику-
 лярна $\Rightarrow v' \perp \text{Г.О.О.}$;

5.) Пусть прошло время $t \rightarrow$ тогда

$$A' \rightarrow T \quad (A'T = v't); \quad K \rightarrow L \quad (KL = ut)$$

отсюда следует $\frac{A'T}{KL} = \frac{v'}{u}$; но в силу

подобия $\Delta A'TC$ и $\Delta CKL \rightarrow \frac{A'T}{KL} = \frac{d}{b} \Rightarrow$

6.) $\frac{v'}{u} = \frac{d}{b} \rightarrow u = \frac{b}{d} v' = \frac{210}{35} \cdot 2 = 12 \text{ м/с}$

Верно

Черновик

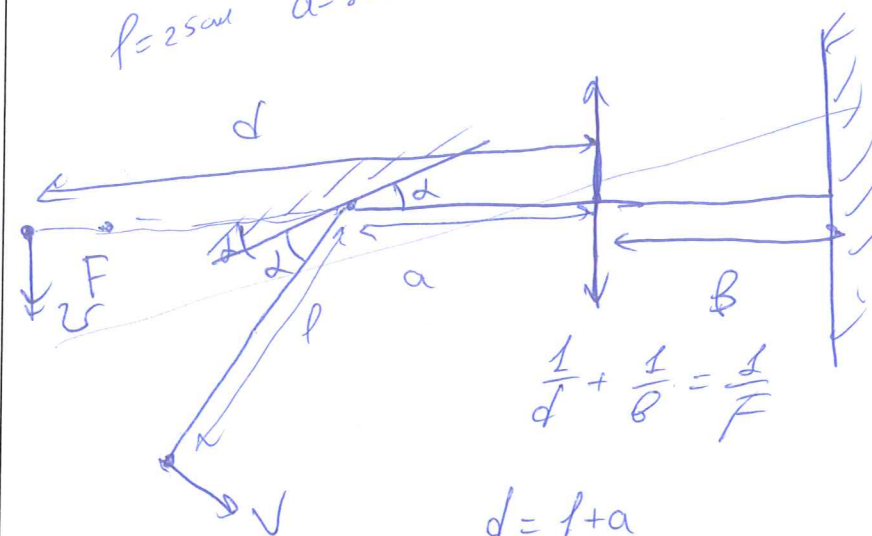
 $|U| = ?$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$F = 30 \text{ см}$$

$$R = 25 \text{ см}$$

$$a = 10 \text{ см} \quad v = 2 \text{ м/с}$$



$$\frac{1}{d} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F}$$

$$d = a + R$$

$$\frac{1}{F} - \frac{1}{d+a} = \frac{1}{b}$$

$$\frac{1}{30} - \frac{1}{35} = \frac{1}{b} \rightarrow \frac{1}{210} \rightarrow b = 210 \text{ см}$$

$$\frac{d}{b} = \frac{v}{u} \rightarrow u = \frac{v b}{d} = \frac{2 \cdot 210}{35} =$$

$$= \frac{2}{6} = \frac{1}{3} \quad u = \frac{1}{3} \text{ м/с}$$

$$\frac{1}{30} = \frac{1}{35} + \frac{1}{b} \quad b = 210 \quad \frac{1}{210} = \frac{1}{b}$$

$$\frac{b}{d} = \frac{u}{v} \Rightarrow 2 \cdot \frac{210}{35} = u =$$

$$= 12 \text{ м/с}$$

Черновик $n = ?$ $V_n = N$ $B = 0.1 \text{ Тл}$ $I = 8 \text{ мА}$ $U = 4 \text{ мВ}$

$$I = \frac{dq}{dt} = \frac{V_n q}{dt} +$$

 $V_n q = q$ $U_1 - U_2 = 4 \text{ мВ}$ 71-62-23-96
(4.1)