



33-23-06-20
(4.10)



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 1

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наименование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Юрченко Михаил Андреевича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

«14» февраля 2025 года

Подпись участника

Юрченко

Черновик.

$$V_2 = (1 + \frac{n}{100}) V_1 = \alpha V_1 \quad \alpha = 1,02$$

$$p_2 = (1 - \frac{k}{100}) p_1 = \beta p_1 \quad \beta = 0,99$$

$$C_v = 745 \text{ Дж/(кг·К)} \quad Q_H = A + \Delta U$$

$$R = 8,3 \text{ Дж/(моль·К)}$$

$$p_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$p_2 V_2 = \nu R T_2$$

$$A = p_1 \Delta V = p_1 \cdot (1 - \alpha) V_1$$

$$\Delta U = \frac{5}{2} \nu R \Delta T$$

$$Q = \Delta U = C_v \cdot m \cdot \Delta T$$

$$V = \text{const} \Rightarrow A = 0$$

$$\eta = \frac{p_1 V_1 (1 - \alpha)}{p_1 V_1 (1 - \alpha) + C_v}$$

$$Q = \frac{4000}{3009}$$

$$A = 0$$

$$\beta \cdot \alpha - 1$$

$$\frac{1 - \alpha}{\frac{5}{2} \beta \alpha - 1}$$

$$\frac{1,02}{0,99}$$

$$\frac{1,0098}{2,5}$$

$$K = \frac{1}{4 \pi \epsilon_0 e}$$

$$\epsilon_0 = \frac{1}{4 \pi \cdot 9 \cdot 10^9}$$

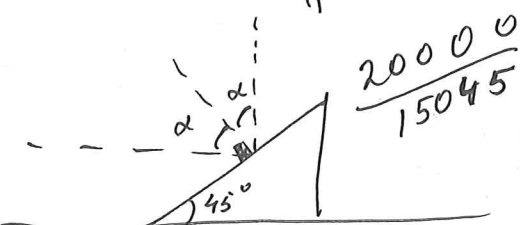
$$6,2450 - 1,02$$

$$\frac{200}{62250}$$

$$\frac{20000}{62250}$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v_1^2}{2} + \frac{m v_2^2}{2}$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v_1^2}{2} + m$$



33-23-06-20
(4.10)

Чистовик

Решение:

Дано:

$$n = 2\%$$

$$k = 1\%$$

$$\mu(M_2) = 28 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$$

$$C_v = 745 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

$$R = 8,3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

$\eta = ?$

1) Пусть в первом случае p_1 и V_1 , а во втором p_2 и V_2 , тогда:

$$V_2 = (1 + \frac{n}{100}) V_1 = \alpha V_1 \quad \alpha = 1,02$$

$$p_2 = (1 - \frac{k}{100}) p_1 = \beta p_1 \quad \beta = 0,99$$

2) Зр-е Менделеева - Клапейрона:

$$p_1 V_1 = \nu R T_1 = \frac{m}{\mu} R T_1$$

$$p_2 V_2 = \nu R T_2 = \frac{m}{\mu} R T_2$$

3) T начало термодинамики:

$$Q = A + \Delta U, \text{ м.к. } \Delta V > 0 \Rightarrow A > 0, \alpha$$

$$\Delta T > 0, \text{ м.к. } \beta \cdot \alpha - 1 = 1,02 \cdot 0,99 - 1 > 0 \Rightarrow Q = Q_H$$

$$Q = Q_H = A + \frac{5}{2} \nu R \Delta T = A + \frac{5}{2} \frac{m}{\mu} R \Delta T \quad (\frac{5}{2} \nu R \Delta T \text{ макс. изот.})$$

двухатомный газ)

$$\eta = \frac{A}{Q_H} = \frac{A}{A + \Delta U} = \frac{A}{A + \frac{5}{2} \frac{m}{\mu} R \Delta T}$$

$$5) A = p_1 \cdot \Delta V = p_1 \cdot V_1 (\alpha - 1)$$

6) Рассмотрим ситуацию, когда газ получаем медленно, но его объем не меняется:

$$Q = A + \Delta U = \Delta U = C_v \cdot m \cdot \Delta T \quad (A = p \Delta V, \Delta V = 0 \Rightarrow A = 0)$$

$$6) p_2 V_2 - p_1 V_1 = \frac{m}{\mu} R \Delta T = p_1 V_1 (\beta \cdot \alpha - 1) = \nu R \Delta T$$

$$\Delta U = \frac{5}{2} \nu R \Delta T = \frac{5}{2} p_1 V_1 (\beta \alpha - 1)$$

$$\eta = \frac{-p_1 V_1 (1 - \alpha)}{p_1 V_1 (1 - \alpha) + \frac{5}{2} p_1 V_1 (\beta \alpha - 1)} = \frac{-(1 - \alpha)}{1 - \alpha + \frac{5}{2} \beta \alpha - \frac{5}{2}} =$$

$$= \frac{-(1 - \alpha)}{\frac{5}{2} \beta \alpha - \frac{3}{2} - \alpha} \approx 1\%$$

Ответ: 1%

См. следующий лист

Константы: $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$, $\mu_0 = 4 \pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$, $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$, $k_B = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$, $R = 8,31 \text{ Дж/(моль·К)}$, $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$

№1.3

Дано:

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

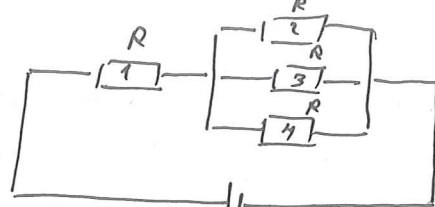
$$P_4 = 30 \text{ Вт}$$

$$\Delta I = -2 \text{ А}$$

$$\mathcal{E} = ?$$

Решение:

(1)



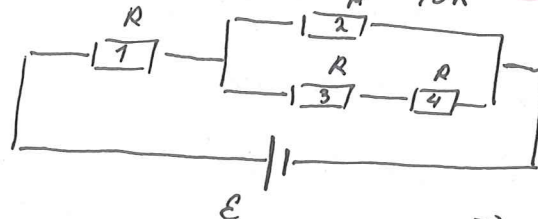
1) Общий ток, протекающий в цепи:

$$I_{01} = \frac{\mathcal{E}}{\frac{4}{3}R} = \frac{3}{4} \cdot \frac{\mathcal{E}}{R}$$

2) $U_2 = U_3 = U_4 = \mathcal{E} - U_1 = \mathcal{E} - I_{01} \cdot R_1 = \mathcal{E} - \frac{3}{4} \cdot \frac{\mathcal{E}}{R} \cdot R = \frac{1}{4} \mathcal{E}$

3) $P_4 = U_4 \cdot I_4 = \frac{U_4^2}{R} = \frac{(\frac{1}{4} \mathcal{E})^2}{R} = \frac{\mathcal{E}^2}{16R}$

(2)



4) Общий ток:

$$I_{02} = \frac{\mathcal{E}}{\frac{5}{3}R} = \frac{3}{5} \cdot \frac{\mathcal{E}}{R}$$

5) $\Delta I = I_{02} - I_{01} = -2 \text{ А}$

6) $P_4 = \frac{\mathcal{E}^2}{16 \cdot 0,15 \mathcal{E}} = \frac{-\mathcal{E} \cdot \Delta I}{2,4} \Rightarrow 0,15 \frac{\mathcal{E}}{R} = -\Delta I \Rightarrow$

$\Rightarrow \mathcal{E} = \frac{2,4 P_4}{-\Delta I} = \frac{2,4 \cdot 30 \text{ Вт}}{2 \text{ А}} = \frac{72}{2} = 36 \text{ В}$

$= 2,4 \cdot 15 \text{ В} = 36 \text{ В}$ верно

Ответ: 36 В

№1.1

Дано:

$$m = 36 \text{ г}$$

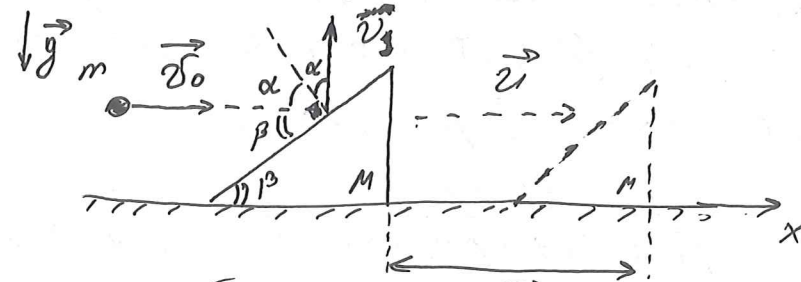
$$v_0 = 5 \text{ м/с}$$

$$M = 100 \text{ г}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$S = ?$$

Решение:



1) Раз удар абсолютно упругий, то скорость центра масс "отражение" равен углу "падения". Тогда $\alpha + \beta = 90^\circ \Rightarrow$

$\Rightarrow \alpha = 45^\circ$
 $\alpha + \beta = 90^\circ \Rightarrow \beta = 45^\circ$

2) на систему не действуют внешние силы по горизонтали (или можно пренебречь), тогда:

ЗСИ на ось Ox:

$$m v_0 + M \cdot 0 = m \cdot 0 + M \cdot v \Rightarrow v = \frac{m v_0}{M}$$

Решение:

$F = 30 \text{ мН}$
 $\alpha = 30^\circ$
 $\alpha = 10 \text{ мН}$
 $v = 2 \text{ м/с}$
 $E \cdot b \cdot l = \frac{q \cdot l}{\epsilon_0} = \frac{q \cdot a}{\epsilon_0}$
 $E = \frac{q}{\epsilon_0 \cdot a}$
 $U = \frac{q}{\epsilon_0 \cdot b}$
 $U = \frac{N \cdot e}{b \cdot \epsilon_0}$
 $N = \frac{b \cdot \epsilon_0 \cdot U}{e}$
 $N = \frac{b \cdot \epsilon_0 \cdot U}{e} = \frac{10^{-9} \cdot 10^{-6} \cdot 10^3}{10^{-19} \cdot 10^{-6}} = 10^{24}$
 $\frac{1}{30} = \frac{1}{35} + \frac{1}{f}$
 $\frac{35-30}{30 \cdot 35} = \frac{1}{f}$
 $f = \frac{30 \cdot 35}{5} = 210$
 $A = \frac{K n}{d}$
 $b x = g$
 $b \cdot v_1 t = v_2 t$
 $\frac{K x^2}{2} = \frac{F \cdot x}{k x^2}$
 $[x] = \frac{K \cdot a^2 c^2}{K n^2}$
 $F = m a$
 $\frac{K n \cdot a}{c^2}$
 $\frac{0,02}{2,5 \cdot 10^3 - 10^4 - 1}$
 $\frac{1,0098}{2,5}$
 $\frac{50480}{20196}$
 $\frac{450}{450}$

33-23-06-20
(4.10)3) ЗСЭ для системы: ^{систем}

$$\frac{mv_0^2}{2} + 0 = \frac{m\tilde{v}_1^2}{2} + \frac{m\tilde{u}^2}{2} \Rightarrow \tilde{v}_1 = \sqrt{v_0^2 - \frac{m}{M} \tilde{u}^2} =$$

$$= \sqrt{v_0^2 - \frac{M}{m} \cdot \frac{m^2 v_0^2}{M^2}} = v_0 \cdot \sqrt{\frac{M-m}{M}}$$

4) Тело массой m достигает своей наименьшей точки где v становится равно 0:

$$v = v_1 - gt = 0 \Rightarrow t = \frac{v_1}{g} = \frac{v_0}{g} \cdot \sqrt{\frac{M-m}{M}}$$

5) За это время клин с $u = \text{const}$ ($m \cdot k \cdot d = 0$) проделывает путь $S = u \cdot t$

$$S = u \cdot \frac{v_0}{g} \cdot \sqrt{\frac{M-m}{M}} = \frac{v_0^2}{g} \cdot \frac{m}{M} \cdot \sqrt{\frac{M-m}{M}}$$

$$S = \frac{25 \frac{\text{м}^2 \text{с}^2}{100 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} \cdot \frac{362}{1002} \cdot \sqrt{\frac{1002-362}{1002}} = \frac{9.8}{1000} \text{ м}$$

$$S = 7,2 \text{ см}$$

Ответ: 72 мм

1.4

$$F = 30 \text{ см}$$

$$BC = a = 10 \text{ см}$$

$$v = 2 \text{ см/с}$$

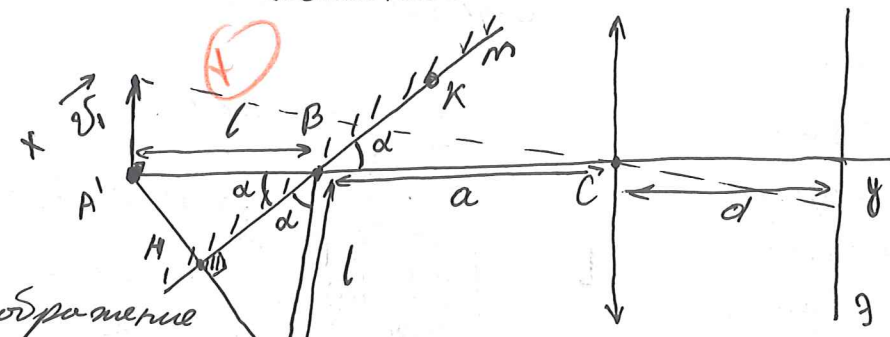
$$AB = b = 25 \text{ см}$$

$$u = ?$$

1) Найдём изображение точки в зеркале:

где этого перпендикуляр на зеркало и продолжим его за зеркало на расстояние AH , получим точку A' . $AH = A'H$

Решение:



Здесь этого перпендикуляр на зеркало и продолжим его за зеркало на расстояние AH , получим точку A' . $AH = A'H$

$$\angle A'HB = \angle BHA = 90^\circ \Rightarrow \angle A'BH = \angle ABH = \alpha$$

2) Но т.к. $\angle CBH = \alpha \Rightarrow \angle A'BH = \angle CBH$ - вертикальные $\Rightarrow A' \in BC$

3) $\vec{v} \perp AB \Rightarrow \vec{v}_1 = A'B$

4) Для того, чтобы изображение было как более четким должно выполняться соотношение

иные для тонкой линзы: кислород

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{l+a} + \frac{1}{d} \Rightarrow d = \frac{(l+a) \cdot F}{l+a-F}$$

5) $v = v_1$ т.к. если луча пролетело x , то и изображение тоже пролетит x за одно и то же время: $v \cdot t = v_1 \cdot t$

6) Аналогично с линзой, но теперь если изображение пролетит x , то в линзе оно пролетит y :

$$\frac{x}{y} = \frac{l+a}{(l+a) \cdot F} = \frac{l+a-F}{F} = \frac{l+a}{F} - 1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow y = \frac{F}{l+a-F} x$$

7) Должно выполняться соотношение:

$$x = v_1 \cdot t \Rightarrow \frac{y}{x} = \frac{v}{v_1} \Rightarrow v = v_1 \cdot \frac{F}{l+a-F}$$

$$v = 2 \text{ см/с} \cdot \frac{30 \text{ см}}{35 \text{ см} - 30 \text{ см}} = 12 \text{ см/с}$$

Ответ: 12 см/с

1.5

$$I = 8 \text{ мА}$$

$$B = 0,1 \text{ Тл}$$

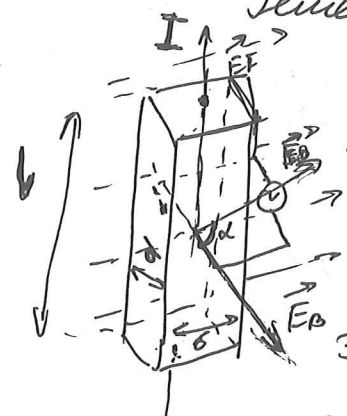
$$U = 4 \text{ мВ}$$

$$b = 5 \text{ мм}$$

$$\epsilon = 1,6 \cdot 10^{-18}$$

$n = ?$

Решение:



$$1) U = \Phi_1 - \Phi_2 = E_0 \cdot d \cdot \cos \alpha$$

2) Свои поле создается как ток так и магнитное поле

$$3) E_1 \cdot l = I \cdot R$$

$$E_0 = \sqrt{E_1^2 + E_B^2}$$

м. Гаусса:

$$E_0 \cdot b \cdot d \cdot \cos \alpha = \frac{q_0}{\epsilon_0}$$

$$E_0 = \frac{q_0}{b \cdot d \cdot \cos \alpha \cdot \epsilon_0}$$

$$U = E_0 \cdot b \cdot d \cdot \cos \alpha \Rightarrow q_0 = \frac{U \cdot \epsilon_0}{b \cdot d}$$

$$n = \frac{U}{e \cdot b \cdot d \cdot \epsilon_0} = \frac{U}{e \cdot b \cdot d \cdot \epsilon_0}$$

$$n = \frac{U \cdot \epsilon_0}{e \cdot b \cdot d} = \frac{U \cdot \epsilon_0 \cdot B}{e \cdot I} \Rightarrow q_0 = U \cdot b \cdot \epsilon_0$$

$$n = \frac{4 \cdot 10^{-2} \text{ В} \cdot 10^{-11} \cdot 0,1 \text{ Тл}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 8 \cdot 10^{-3} \text{ А}} = \frac{10^{-14}}{1,28 \cdot 10^{-21}} = 10^7$$

