



Всего 15 листов
приложено 15 листов

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 10

Место проведения Самара
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов 2025
наименование олимпиады

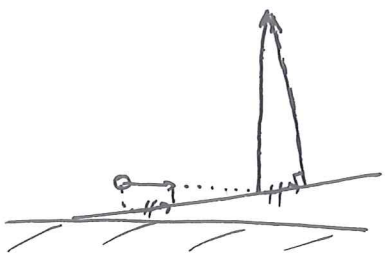
ПО физике
профиль олимпиады

Черепановой Варвары Николаевны
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата
«14» февраля 2025 года

Подпись участника
Чер

Черновик.



$$v_{x2} = v' \sin \alpha$$

$$\frac{v}{v'} = \tan \alpha$$

$$5 \cdot 0,036$$

$$\frac{9,0436}{5}$$

$$0,180$$

$$0,18 \frac{m}{c} \cdot m$$

$$0,18 | 0,1$$

$$(1,8) L$$

$$1,8 - \text{ср.}$$

$$\frac{0,1 \cdot 2 \cdot 10^{-3}}{4 \cdot 10^{-3} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 5 \cdot 10^{-3}}$$

$$= \frac{0,1 \cdot 2 \cdot 10^{-3}}{4 \cdot 1,6 \cdot 5 \cdot 10^{-22}}$$

$$= \frac{1}{4} \cdot 10^{-1+22} =$$

$$= \frac{1}{4} \cdot 10^{21} =$$

$$= 0,25 \cdot 10^{21} = 2,5 \cdot 10^{-1+21} =$$

$$= 2,5 \cdot 10^{20} \frac{1}{m^3}$$

$$\frac{1}{m^3} = \frac{1}{cm^3 \cdot 10^8}$$

$$2,5 \cdot 10^{20} \cdot \frac{1}{10^8 cm^3} =$$

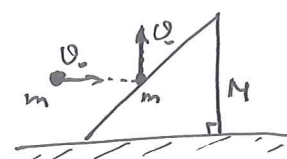
$$= 2,5 \cdot 10^{14} \frac{1}{cm^3} = 2,5 \cdot 10^{14} cm^{-3}$$

76-77-01-57

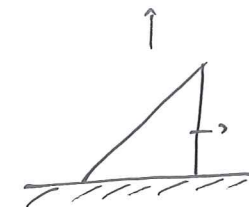
(7.1)

Черновик

№1.



$$m v_0 = M v_{\text{ср}}$$



№2.



$$V_{\text{на 2-е } T}$$

$$p_{\text{на 1-е } T}$$

$$p_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$(p_1 + \Delta p)(V + \Delta V) = \nu R (T + \Delta T)$$

$$p_1 V + \Delta p V + p_1 \Delta V + \Delta p \Delta V = \nu R T + \nu R \Delta T$$

$$\Delta p V + p_1 \Delta V = \nu R \Delta T$$

$$\frac{\Delta p}{p} + \frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta T}{T}$$

$$-1 + 2 = 1$$

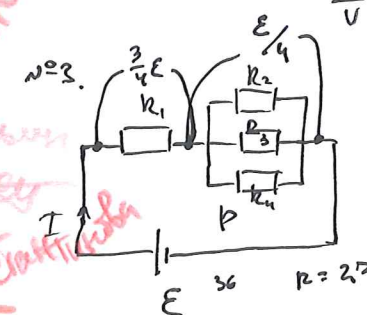
$$\frac{\Delta T}{T} = 0,01$$

$$C_v = \frac{5}{2} R$$

$$\Delta U_p$$

$$Q = c_v \nu \Delta T$$

$$\frac{p \Delta V}{p \Delta V + c_v \nu \Delta T} = \frac{\frac{\Delta V}{V}}{\frac{\Delta V}{V} + c_v \frac{\Delta T}{T} \cdot \frac{p}{R}}$$



$$R_{\text{общ}} = R + \frac{R_2 R_3 R_4}{R_2 R_3 + R_2 R_4 + R_3 R_4}$$

$$R_{\text{общ}} = R + \frac{2kR}{3} = \frac{5k}{3}$$

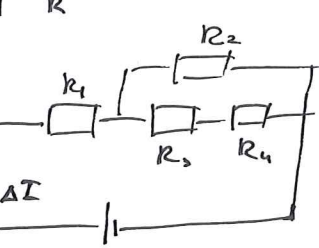
$$I = \frac{E \cdot 3}{4kR}$$

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

$$\frac{3}{20} \frac{E}{R} = \Delta I$$

$$\frac{E}{R} = \frac{20}{3} \Delta I$$

$$E = \frac{20}{3} \Delta I R$$



$$R_{\text{общ}} = R + \frac{2kR}{3} = R + \frac{2}{3} R = \frac{5k}{3}$$

$$I - \Delta I = \frac{E \cdot 3}{5k} = \frac{3}{5} \frac{E}{kR}$$

$$P = \left(\frac{I}{3} \right)^2 \cdot k = \frac{I^2}{9} k = \frac{I^2 R}{9}$$

$$= \left(\frac{E}{4} \right)^2 \cdot \frac{1}{k} = \frac{E^2}{4k}$$

$$P = \frac{20}{3} \Delta I R \cdot k \cdot \frac{1}{4} = \frac{5}{3} \Delta I R^2$$

$$k = \sqrt{\frac{2}{5} \frac{P}{\Delta I}} \quad E = \frac{20}{3} \Delta I \sqrt{\frac{2}{5} \frac{P}{\Delta I}}$$

$$\frac{36}{2,2+1,8} = \frac{36}{4,0}$$

$$I = \frac{36}{2,2+1,8} = \frac{36}{4,0} = 9A$$

$$\frac{2 \cdot 2,2}{8}$$

$$\frac{360}{360} \frac{45}{8A}$$

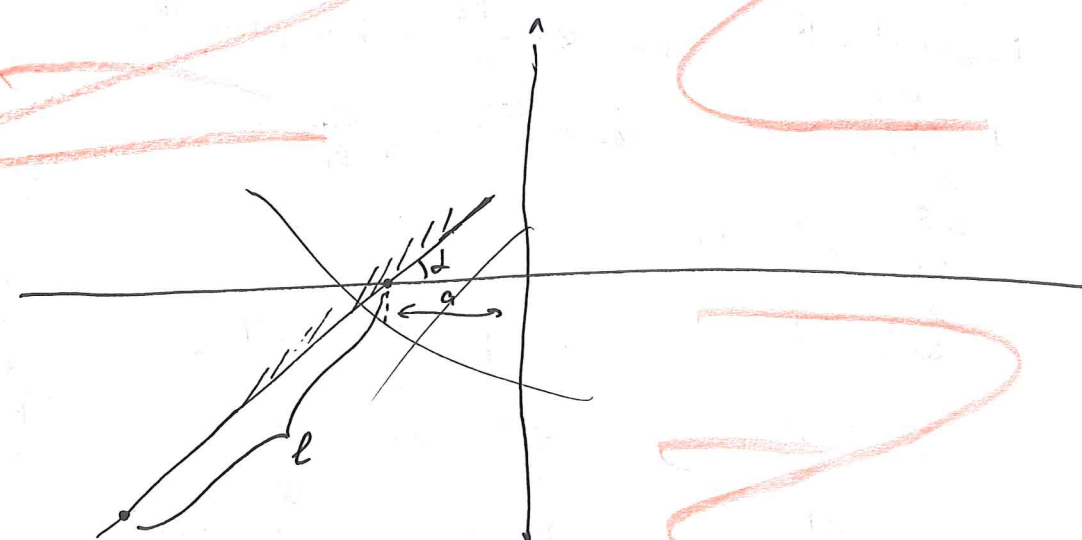
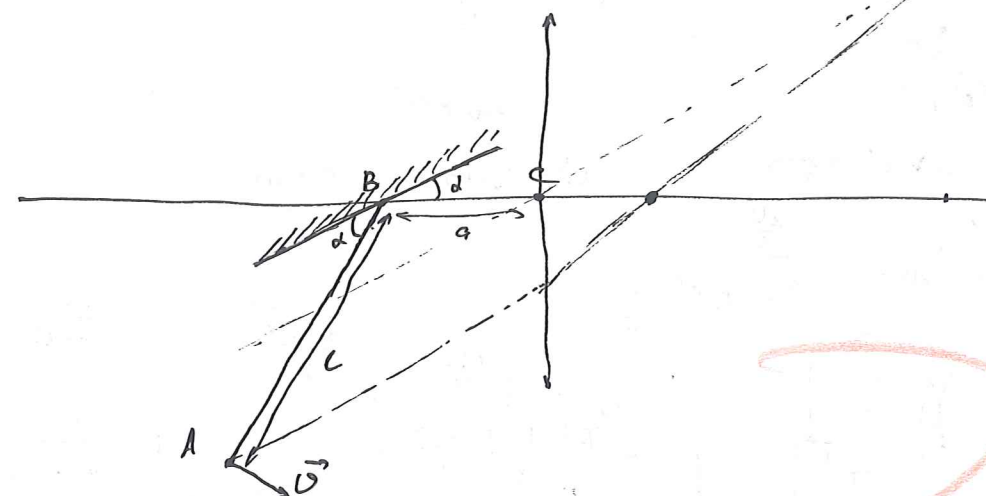
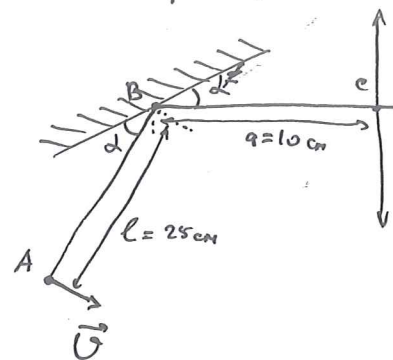
$$\frac{36 \cdot 3}{40}$$

$$\frac{50 \cdot 12}{40}$$

$$\frac{108}{40}$$

$$= \frac{54}{20} = \frac{27}{10}$$

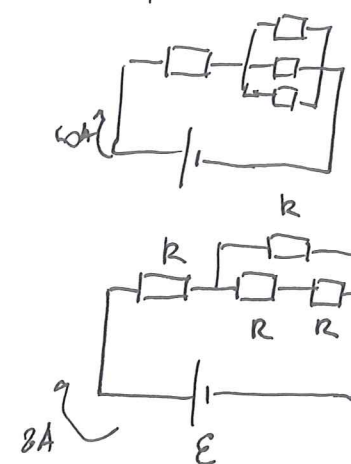
Черновик



Черновик

$$\Delta U = c_v \cdot m \cdot \Delta T = c_v \cdot \mu \cdot \Delta T$$

$$\frac{c_v \cdot \mu \cdot \Delta T}{\Delta T}$$



$$30 \text{ B}$$

$$745 \cdot 0,028 \cdot 0,01 \cdot \frac{1}{8,3}$$

$$7,45 \cdot 0,028 \cdot \frac{1}{8,3}$$

$$0,028$$

$$7,45$$

$$0,028$$

$$1,450$$

$$0,2086$$

$$0,2086 : 8,3$$

$$2,086$$

$$0,0251325$$

$$208$$

$$168$$

$$426$$

$$415$$

$$110$$

$$83$$

$$220$$

$$245$$

$$210$$

$$166$$

$$440$$

$$415$$

$$250$$

$$P = \frac{20 \cdot 0,1 \cdot 2}{16}$$

$$E = \frac{16 \cdot 3 \cdot P}{20 \cdot 6I}$$

$$= \frac{16 \cdot 3 \cdot 3 \cdot P}{20 \cdot 6I}$$

$$= \frac{36}{n \cdot 3} = 36$$

$$n \cdot 3 = 36$$

$$n = 12$$

$$10^6$$

$$25 \cdot 10^{14} \text{ cm}^{-3}$$

$$= 0,25 \cdot 10^{21}$$

$$25 \cdot 10^{20} \text{ m}^{-3}$$

$$= \frac{1}{4} \cdot 10^{22} = \frac{1}{4} \cdot 10^{21}$$

$$\frac{360}{360} \cdot \frac{45}{8}$$

$$90 \cdot 4 = 360$$

$$p = \left(\frac{10}{3}\right)^2 \cdot 2,72$$

$$= 100 \cdot 0,3 = \frac{2}{9,51}$$

$$\frac{1}{35} + \frac{1}{20} =$$

$$= \frac{6+1}{20} = \frac{7}{20} = \frac{1}{30}$$

$$\frac{35}{20} = \frac{1}{6}$$

$$\frac{T_n \cdot A}{B \cdot K_n \cdot M} = \frac{H}{B \cdot K_n \cdot M^2}$$

$$= \frac{H \cdot A}{H \cdot M \cdot K_n \cdot M^2}$$

$$= \frac{1}{M^2}$$

$$\frac{2000}{2000} \cdot \frac{4513}{0,413}$$

$$18052$$

$$19480$$

$$18052$$

$$14280$$

$$13539$$

$$120 + 30 = 150$$

$$\frac{3}{20} \cdot \frac{32}{2} =$$

$$= \frac{3 \cdot 16}{20} = 2,4$$

$$= \frac{3 \cdot 16}{20} = 2,4$$

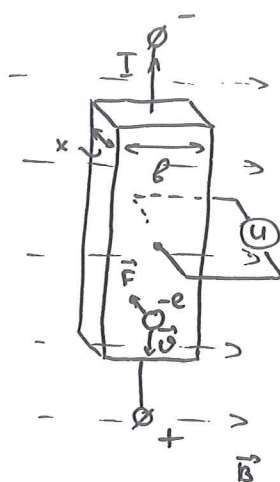
$$BI = \mu_e \cdot \mu_n$$

$$n = \frac{BI}{\mu_e \cdot \mu_n} = \frac{0,1 \cdot 8^2}{4 \cdot 1,6 \cdot 10^{-15} \cdot 5 \cdot 10^{-3}}$$

$$= \frac{1}{40} \cdot 10^{22} = \frac{1}{4} \cdot 10^{21}$$

№5.

Чистовик



Дано: $I = 8 \text{ mA}$
 $B = 0,1 \text{ T}$
 $U = 4 \text{ mV}$
 $b = 5 \text{ mm}$
 $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$

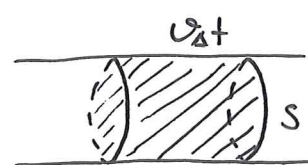
Найти: n .

Решение:

1) $F = BqU$

$F = BeU$ - сила, действующая со стороны маг. поля на свобод. электроны

2) Найдём скорость электронов в произвольном проводнике:



$$I = \frac{q}{\Delta t} = \frac{e \cdot U \Delta t \cdot S \cdot n}{\Delta t} = e \cdot U \cdot S \cdot n$$

$$U = \frac{I}{eSn}$$

3) $F = B \cdot e \cdot \frac{I}{eSn} = \frac{BI}{Sn} = \frac{BI}{bxn}$ (1)

$S = b \cdot x$ - площадь поперечного сечения пластины

4) $U = \frac{F \cdot x}{q} = \frac{F \cdot S}{q}$

Для электронов при переносе между пластинами, к которым подключён милливольтметр:

$$U = \frac{F \cdot x}{e} \Rightarrow F = \frac{U \cdot e}{x} \quad (2)$$

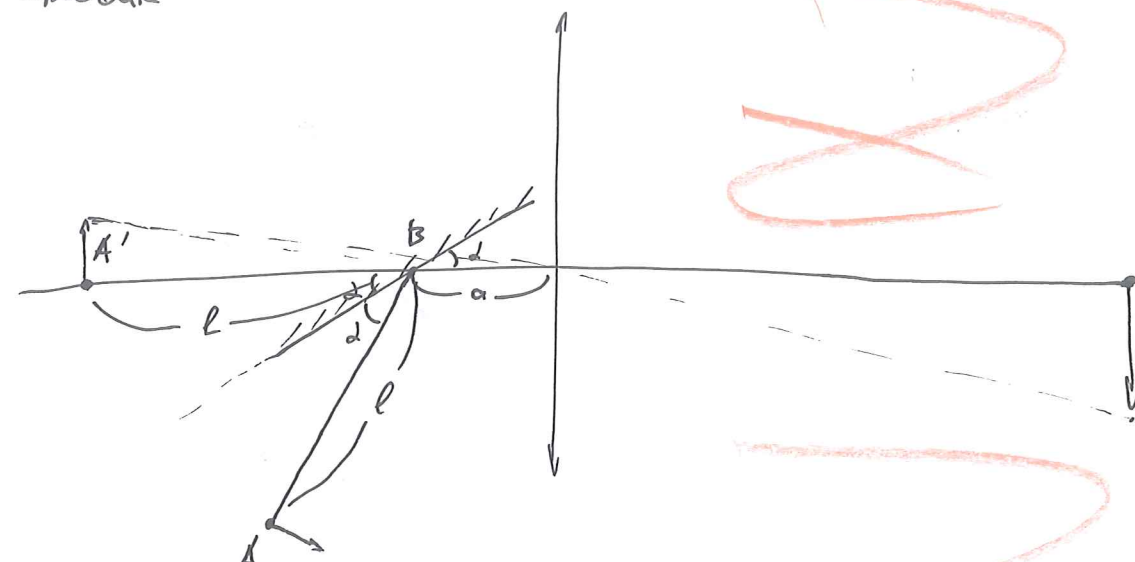
5) Приравняем F из (1) и (2):

$$\frac{BI}{bxn} = \frac{Ue}{x} \Rightarrow \frac{BI}{bn} = Ue \Rightarrow n = \frac{BI}{Ueb} = \frac{0,1 \text{ T} \cdot 0,008 \text{ A}}{0,004 \text{ m} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 0,005 \text{ m}}$$

$$= 2,5 \cdot 10^{20} \text{ м}^{-3} = 2,5 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}$$

Ответ: $n = 2,5 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}$ (2,5)

Черновик

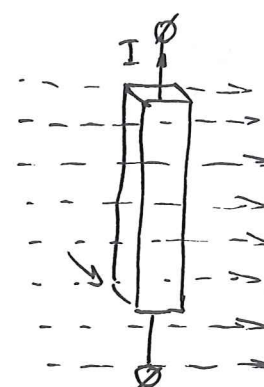


$$a+l = 35 \text{ cm} \quad f = 30 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \Rightarrow \frac{1}{a+l} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$$

$$f = \frac{F(a+l)}{a+l-F} = \frac{30 \cdot 35}{35-30} = \frac{30 \cdot 35}{5} = 210 \text{ (cm)}$$

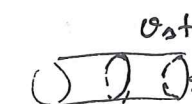
№5.



~~$$F = BIl$$~~

$$F = BIl$$

$$F = BqU = Bq \frac{I}{Sne} = \frac{BI}{Sn}$$



$$U \Delta t S n$$

$$F = \frac{BI}{bxn}$$

$$I = \frac{q}{\Delta t} = \frac{Ne}{\Delta t} = \frac{N \cdot e}{\Delta t} = U S n e$$

$$C = \frac{E_0 \epsilon_0 S}{d} = \frac{q}{U}$$

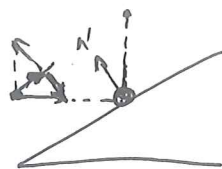
$$U = \frac{F \cdot S}{q}$$

$$= \frac{F \cdot x}{q} = \frac{F \cdot x}{e} \Rightarrow F = \frac{Ue}{x} = \frac{BI}{bxn}$$

$$Ue = \frac{BI}{bn}$$

$$n = \frac{BI}{Ueb}$$

Черновик



U U'

$$0,36 \cdot 5 = 91 \cdot U'$$

$$0,63 = 0,1 \cdot U'$$

$$U' = 180$$

$$\frac{0,36}{1,80}$$

$$\frac{5}{10} = 0,5 \text{ с}$$

$$\frac{1,8}{0,5} = 3,6 \text{ м}$$

$$0,36$$

$$0,36 \cdot 2,5$$

$$\begin{array}{r} 0,36 \\ \times 2,5 \\ \hline 180 \\ + 720 \\ \hline 0900 \end{array}$$

$$0,02$$

$$902 + 745 \cdot 0,028 \cdot \frac{1}{83}$$

$$\begin{array}{r} 0,028 \\ \times 745 \\ \hline 1120 \\ + 1960 \\ \hline 0,20860 \end{array}$$

$$0,20860$$

$$0,2086 \mid 43$$

$$\begin{array}{r} 2,086 \mid 83 \\ -0 \\ \hline 208 \\ -0 \\ \hline 2080 \\ -1660 \\ \hline 4260 \\ -4150 \\ \hline 1100 \\ -630 \\ \hline 2700 \\ -2490 \\ \hline 2100 \\ -1660 \\ \hline 4400 \\ -4150 \\ \hline 2500 \end{array}$$

$$0,02 \mid 83$$

$$0,02513253$$

$$0,02513253$$

$$0,02513253$$

$$0,02513253$$

$$0,02513253$$

$$0,02513253$$

$$0,02513253$$

$$0,02513253$$

$$0,02513253$$

$$0,02513253$$

$$0,02513253$$

$$0,02513253$$

$$0,02513253$$

$$0,02513253$$

$$0,02513253$$

$$3p = \frac{4\pi}{3} \cdot \frac{e}{16} \cdot \frac{1}{36}$$

$$\frac{3 \cdot 16}{4} = e = 36$$

$$12$$

$$\frac{240}{210} \mid 35$$

$$\frac{0,1 \cdot 8^2}{4 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 5 \cdot 10^{-3}}$$

$$= \frac{0,2}{1,6 \cdot 5 \cdot 10^{-22}}$$

$$= \frac{0,2}{8 \cdot 10^{-22}} = \frac{0,2}{8} \cdot 10^{22} = 2,5 \cdot 10^{21} \text{ м}^3$$

$$0,02$$

$$904513253$$

$$= \frac{20000000}{4513253}$$

$$44\%$$

$$96\%$$

$$60\%$$

$$44\%$$

$$96\%$$

$$60\%$$

$$44\%$$

$$96\%$$

$$60\%$$

$$44\%$$

$$96\%$$

$$60\%$$

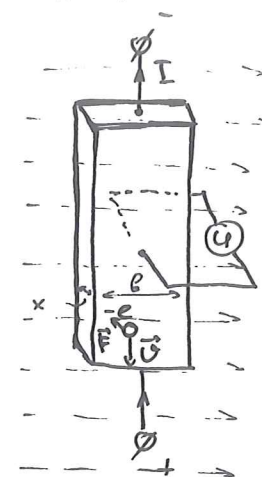
$$44\%$$

$$96\%$$

$$60\%$$

№5.

Черновик



Дано: $I = 8 \text{ А}$

$B = 0,1 \text{ Тл}$

$U = 4 \text{ мВ}$

$l = 5 \text{ мм}$

$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$

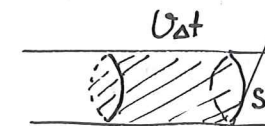
Найти: n

Решение:

1) $F = B q U$ - сила, действующая на свободный электрон

$$F = B e U$$

2) Найдём скорость электронов



$$I = \frac{q}{\Delta t} = \frac{e \cdot n \cdot U \Delta t \cdot S}{\Delta t} = U S n e$$

$$U = \frac{I}{S n e}$$

3) $F = \frac{B \cdot S n e}{e \cdot I} = \frac{B S n}{I}$

4) $U = \frac{A}{q} = \frac{F \cdot s}{q}$

Для электронов при переносе U между пластинами, к которым подключён мультиметр:

$$U = \frac{F \cdot x}{e} \Rightarrow F = \frac{U \cdot e}{x}$$

№4. Чистовик

Dano: $F = 30 \text{ cm}$
 $d = 30^\circ$
 $a = 10 \text{ cm}$
 $U = 2 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$
 $l = 25 \text{ cm}$

Итак: 9'

Заметим, что за содир. линзой
могут сфокус. только лучи от
мужки, ~~иначе~~

Отраж. от зеркала. Лучи, которые пада-
ют на линзу не сходятся
в фокусе. Расстояние от линзы до
фокуса $f = 25 \text{ см}$.
Расстояние от линзы до изображения $a = 12,5 \text{ см}$.
Расстояние от изображения до фокуса $b = 12,5 \text{ см}$.
Изображение мнимое, прямое, увеличенное.

1) A' - положение мнимого изображения мухи в n -м пл. зеркала. Лучи, исходящие от мухи $\checkmark$ и отражённые в зеркале $\checkmark$ выйдут как $\checkmark$ из точки A' .

2) Т.к. зеркало плоское, то A' получается осевой симметрией A относительно зеркала $\Rightarrow \underline{BA' = BA = l}$, и скорость мнимого обр.

3) $A'C = a + l = d$ - расст. от источника - зеркала до линзы
 (т.е. мн. изобр. мн. в зеркалах) до линзы
 Φ -ла точкой линзы:

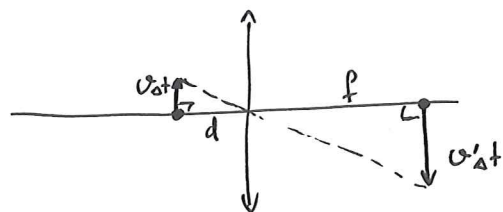
$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$$

$$\frac{1}{a+l} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$$

$$f = \frac{F \cdot (a+l)}{a+l-F} = \frac{30 \text{ см} \cdot 35 \text{ см}}{5 \text{ см}} = 210 \text{ см} - \text{расст. от}$$

линии до изобр. пухи (действительно)

4)



Если рассмотреть малое перемещение мыщного и дейст. изобр. мухи, то из подобия:

$$\frac{v_{\Delta t}}{v_{\Delta t}} = \frac{d}{f} = \frac{a+l}{f}$$

$$\frac{v}{v'} = \frac{a+l}{f} \Rightarrow v' = \frac{f}{a+l} \cdot v =$$

$$= \frac{260 \text{ cm}}{35 \text{ cm}} \cdot 2 \frac{\text{cm}}{\text{C}} = 6.2 \frac{\text{cm}}{\text{C}} = 12 \frac{\text{cm}}{\text{C}}.$$

Obet: $v' = 12 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$.

Чистовик.

Nº 1.

Dano: $m = 36 \text{ t}$
 $U_0 = 5 \frac{\text{M}}{\text{e}}$
 $M = 100 \text{ t}$
 $g = 10 \frac{\text{M}}{\text{e}^2}$

Καίτοι: S

Решение:

1) т.к. соударение абсолютно упругое, шарик летел сначала горизонтально, а после соударения вертикально, то угол клина равен 45° , а $|\vec{v}'_0| = |\vec{v}_0|$

2) ЗСН для системы шарик-клин на ось x (внешние силы действуют только по вертикали: сила тяжести и сила реакции опоры со стороны поверхности на клин):

$$mU_0 = MU_{K_0}$$

↳ скорость клина после соуд.

$$U_{ka} = \frac{m}{M} U_0 +$$

Скорость клина не меняется, т.к. после соуд. на него не действуют горизонтальные сил (пов-ть гладко)

3) $t = \frac{|\vec{v}_0|}{g} = \frac{v_0}{g}$ - время подъёма шарика до высшей точки

$$4) S = \cancel{V_{\text{km}}} \cdot \cancel{t} = \frac{m}{M} \frac{\cancel{V_0} \cdot \cancel{V_0}}{g} = \frac{m}{M} \frac{V_0^2}{g} = \frac{362}{1002} \cdot \frac{5^2 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}}{10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 0,9 \text{ m}$$

Отв: $S = 0,9 \text{ м.}$

№2 Чистовик

Дано:

$$n=2\% \quad k=1\%$$

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

$$c_v = 745 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{град}}$$

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

 $\eta = ?$

Решение:

уп-е Менд-Клан:

$$pV = \nu RT \quad (1)$$

(p+Δp)(V+ΔV) = νRT(T+ΔT) - после малых изменений системы

$$pV + \Delta pV + p\Delta V + \Delta p\Delta V = \nu RT + \nu R\Delta T \quad (2)$$

(т.к. изменение параметров системы мало)

$$(2) - (1): \Delta pV + p\Delta V = \nu R\Delta T \quad /: pV$$

$$\frac{\Delta p}{p} + \frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta T}{T} \quad (pV = \nu RT)$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta T}{T} = \frac{\Delta p}{p} + \frac{\Delta V}{V} = -k + n = -1\% + 2\% = 1\% = 0,01.$$

$$\eta = \frac{A}{A + \Delta U}$$

A = pΔV (т.к. пренебрежем изм. изменением давления) - работа

ΔU = c_v · m · ΔT - изменение внутр. энергии (как Q, если газ не совершает работу, т.е. если V = const)

$$\Delta U = c_v \cdot \mu \cdot \nu \cdot \Delta T$$

$$\eta = \frac{A}{A + \Delta U} = \frac{p\Delta V}{p\Delta V + c_v \mu \nu \Delta T}$$

Делим числ. и знамен. на pV = νRT

$$\eta = \frac{\frac{\Delta V}{V}}{\frac{\Delta V}{V} + c_v \mu \frac{\Delta T}{T} \cdot \frac{1}{R}} = \frac{0,02}{0,02 + 745 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{град}} \cdot 28 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}} \cdot 0,01 \cdot \frac{1}{8,3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}}}$$

$$\approx \frac{0,02}{0,02 + 0,0251} \approx 0,443 \approx 44\%$$

Ответ: $\eta \approx 44\%$.

№3 Чистовик

Дано:

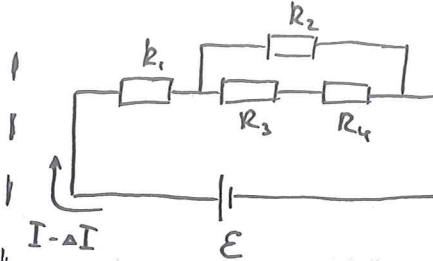
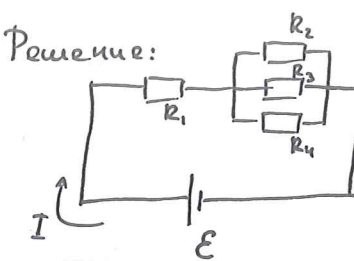
$$P = 30 \text{ Вт}$$

$$\Delta I = 2 \text{ А}$$

Найти:

E

Решение:



$$R_{\text{общ}1} = R + \frac{R}{3} = \frac{4}{3}R$$

$$R_{\text{общ}2} = R + \frac{R \cdot 2R}{R + 2R} = R + \frac{2}{3}R = \frac{5}{3}R$$

$$R_{234} = \frac{R}{3} \quad (\text{пар. соед. одинак. рез.})$$

$$I_1 = I = \frac{E}{R_{\text{общ}1}} = \frac{3}{4} \cdot \frac{E}{R} \quad (1)$$

$$I_2 = I - \Delta I = \frac{E}{R_{\text{общ}2}} = \frac{3}{5} \cdot \frac{E}{R} \quad (2)$$

$$(1) - (2): \Delta I = \frac{3}{4} \frac{E}{R} - \frac{3}{5} \frac{E}{R} = \frac{15-12}{20} \cdot \frac{E}{R} = \frac{3}{20} \frac{E}{R}$$

В первой схеме:

$$U_1 = I_1 R_1 = I R - \text{напряж. на } 1^{\text{ом}} \text{ рез.}$$

$$U_{234} = I_1 \cdot R_{234} = I \cdot \frac{R}{3} - \text{напряж. на пар. соед. } 2^{\text{ой}}, 3^{\text{ей}} \text{ и } 4^{\text{ой}} \text{ рез.}$$

$$U_{234} = \frac{3}{4} \frac{E}{R} \cdot \frac{R}{3} = \frac{E}{4}$$

$$P = \frac{U_4^2}{R_4} = \frac{U_{234}^2}{R_4} = \frac{E^2}{16R}$$

$$P = \frac{E}{R} \cdot \frac{E}{16} = \frac{20}{3} \Delta I \cdot \frac{E}{16} \Rightarrow E = \frac{48}{20} \frac{P}{\Delta I} = \frac{12}{5} \cdot \frac{30 \text{ Вт}}{2 \text{ А}} = 36 \text{ В}$$

$$R = \frac{30 \text{ Вт}}{\frac{3}{20} \frac{E}{R}} = \frac{3}{20} \cdot \frac{E}{\Delta I} = \frac{3}{20} \cdot \frac{36 \text{ В}}{2 \text{ А}} = 2,7 \Omega$$

Ответ: $E = 36 \text{ В}$