0 920708 310006

92-07-08-31
(4.3)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 1

г. Москва

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов

по физике

Лунина Игоря Григорьевича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Санит. выход: 13:34 — 13:36

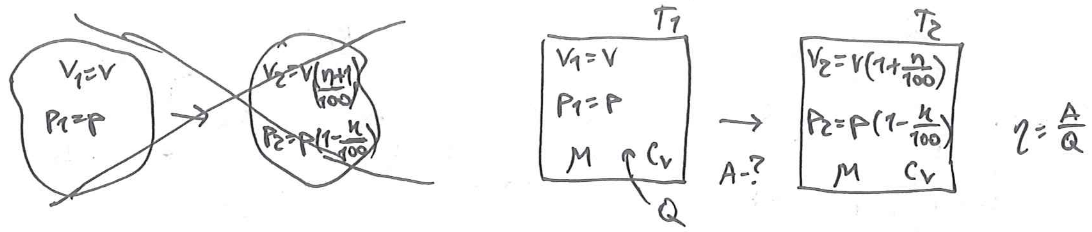
Дата
«14» февраля 2025 года

Подпись участника

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

92-07-08-31
(4.3)

Задача 2.



1) ЗСЭ: $Q=A_{\text{г}}+\Delta U=A+\Delta U$. Для вычисл. A, $p\approx const$, значит.

$A=p\Delta V=p(V_2-V_1)$

2) Найдем ΔU: $\Delta U=\frac{i}{2}\nu R\Delta T$. $pV=\nu RT \Rightarrow p_1V_1=\nu RT_1$; $p_2V_2=\nu RT_2$

т.к. $\Delta T=T_2-T_1 \Rightarrow \Delta T=\frac{p_2V_2}{\nu R}-\frac{p_1V_1}{\nu R}=\frac{1}{\nu R}(p_2V_2-p_1V_1)=\Delta T$, значит.

$\Delta U=\frac{i}{2}(p_2V_2-p_1V_1)$

3) Молекула азота N_2 – 2атомна $\Rightarrow$ $i=5$

4) Итог: $Q=A+\Delta U=p(V_2-V_1)+\frac{i}{2}(p_2V_2-p_1V_1)$; $A=p(V_2-V_1) \Rightarrow$

$$\eta=\frac{A}{Q}=\frac{p(V_2-V_1)}{p(V_2-V_1)+\frac{5}{2}(p_2V_2-p_1V_1)}=\frac{pV\left(1+\frac{n}{100}-1\right)}{pV\left(1+\frac{n}{100}-1\right)+\frac{5}{2}\left(pV\left(1-\frac{k}{100}\right)\cdot\left(1+\frac{n}{100}\right)-pV\right)}=$$

$$=\frac{\frac{n}{100}}{\frac{n}{100}+\frac{5}{2}\left(\left(1-\frac{k}{100}\right)\cdot\left(1+\frac{n}{100}\right)-1\right)}=\frac{n}{n+\frac{5}{2}\left((100-k)\cdot\left(1+\frac{n}{100}\right)-100\right)}=$$

$$=\frac{n}{n+2{,}5\left(n-k-\frac{nk}{100}\right)}=\frac{2}{2+2{,}5\left(2-1-\frac{2}{100}\right)}=\frac{2}{4{,}5-0{,}05}=\frac{200}{4{,}5}\%=$$

$$=\frac{40}{0{,}9}\%=\frac{400}{9}\%\approx\boxed{44\%=\eta}$$

$400 \div 9 = 44{,}4$
-36
40
-36
40

Чистовик

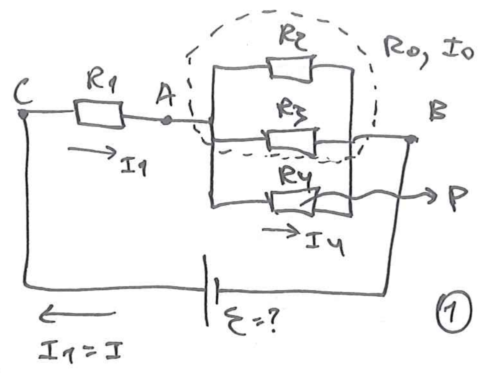
Дешифр

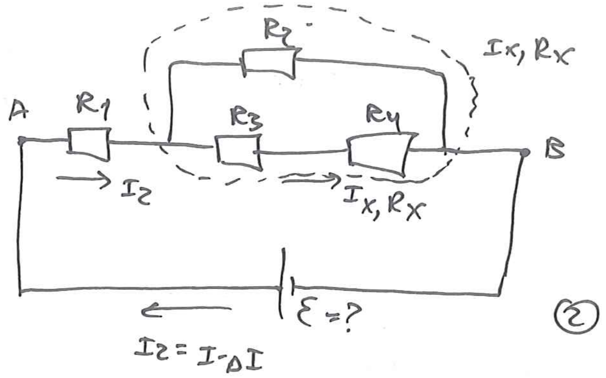
Черновиков в работе нет

1	2	3	4	5	100 (сто)
20	20	20	20	20	

чистовик

Задача 3. $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R$





① Рассмотрим схему 1. т.к. нам не важно распред. токов между R_2 и R_3 ⇒ заменим их для удобства на $\left[R_0 = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}\right]$ (|| соед.), соответственно обозначим ток через R_0 за I_0. Тогда:

1) Точки AB: $I_0 R_0 = I_4 R_4$
2) Ток не „накапливается": $I_1 = I_0 + I_4$
3) Точки BC: $\mathcal{E} = I_1 R_1 + I_4 R_4$
4) $P = I_4^2 R_4$ – мощность на R_4

$$\Rightarrow \begin{cases} I_0 = \dfrac{I_4 R_4}{R_0} \\ I_1 = \dfrac{I_4 R_4}{R_0} + I_4 \\ \mathcal{E} = I_1 R_1 + I_4 R_4 \\ P = I_4^2 R_4 \end{cases} \quad (I)$$

② Рассмотрим схему 2. Проделываем аналогичные действия:
Заменяем выделенный участок на R_x, т.к. нам не важно распред. токов тогда, $\left[R_x = \frac{R_2(R_3 + R_4)}{R_2 + R_3 + R_4}\right]$ Через него течет ток I_x

1) ток „не накапливается": $I_x = I_2$
2) точки AB: $\mathcal{E} = I_2 (R_1 + R_x)$

$$\Rightarrow \mathcal{E} = I_2 (R_1 + R_x) \quad (II)$$

Решаем 2 системы ур-ий

$$\begin{cases} I_1 = I_4 \left(\dfrac{R_4}{R_0} + 1 \right) \\ \mathcal{E} = I_1 R_1 + I_4 R_4 \\ P = I_4^2 R_4 \\ \mathcal{E} = I_2 (R_1 + R_x) \\ R_0 = \dfrac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} \\ R_x = \dfrac{R_2 (R_3 + R_4)}{R_2 + R_3 + R_4} \\ R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_4 = I_1 \cdot \dfrac{\frac{R}{2}}{R + R/2} = \dfrac{I_1}{3} \\ R_0 = \dfrac{R^2}{2R} = \dfrac{R}{2} \\ R_x = \dfrac{R \cdot 2R}{3R} = \dfrac{2R}{3} \\ \mathcal{E} = I_1 \left(R + \dfrac{R}{3} \right) = \dfrac{4 I_1 R}{3} \\ P = \left(\dfrac{I_1}{3} \right)^2 \cdot R = \dfrac{I_1^2 R}{9} \\ \mathcal{E} = I_2 \left(R + \dfrac{2R}{3} \right) = \dfrac{5 I_2 R}{3} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \mathcal{E} = \dfrac{4 I_1 R}{3} \\ P = \dfrac{I_1^2 R}{9} \\ \mathcal{E} = \dfrac{5 I_2 R}{3} \end{cases}$$

$I_1 = I$; $I_2 = I - \Delta I$

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!

92-07-08-31 (4.3)

$$\begin{cases} \mathcal{E} = \dfrac{4IR}{3} \\ P = \dfrac{I^2R}{9} \\ \mathcal{E} = \dfrac{5(I-\Delta I)R}{3} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I = \dfrac{3\mathcal{E}}{4R} \\ 9P = \left(\dfrac{3\mathcal{E}}{4R}\right)^2 R \\ 3\mathcal{E} = 5R\left(\dfrac{3\mathcal{E}}{4R} - \Delta I\right) \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 9P = \dfrac{9\mathcal{E}^2 R}{16R^2} = \dfrac{9\mathcal{E}^2}{16R} \\ 3\mathcal{E} = \dfrac{15\mathcal{E}R}{4R} - 5\Delta IR \end{cases}$$

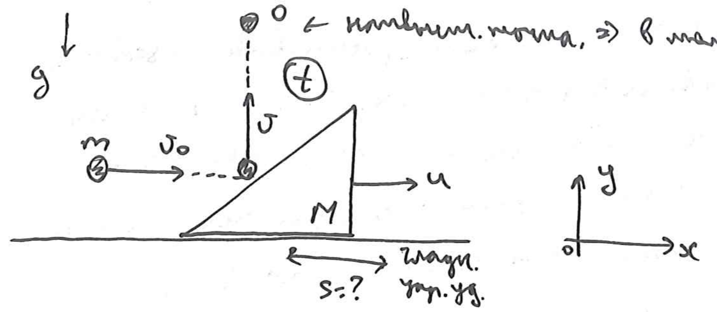
$\boxed{\text{чистовик}}$

$$\begin{cases} P = \dfrac{\mathcal{E}^2}{16R} \\ 12\mathcal{E} = 15\mathcal{E} - 20\Delta IR \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 20\Delta IR = 3\mathcal{E} \\ \mathcal{E}^2 = 16PR \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} R = \dfrac{3\mathcal{E}}{20\Delta I} \\ \mathcal{E}^2 = 16P\cdot\dfrac{3\mathcal{E}}{20\Delta I} \end{cases}$$

; $\mathcal{E} = 0$ – не подход. т.к. $P \neq 0$

$$\mathcal{E} = \frac{16P\cdot 3}{20\Delta I}; \quad \mathcal{E} = \frac{48P}{20\Delta I} = \boxed{\frac{12P}{5\Delta I} = \mathcal{E}} \qquad \mathcal{E} = \frac{12\cdot 30}{5\cdot 2} = 12\cdot 3 = \boxed{36\,(В) = \mathcal{E}}$$

Задача 1.



① Пусть после удара $\upsilon_{шар} = \upsilon$; $\upsilon_{клин} = u$. Найдем эти скорости:

1) Трения нет ⇒ на систему шар + клин действуют только вертик. силы ⇒ запишем ЗСИ в проекции на Ox: после удара шар движ. вертикально.

$m\upsilon_0 = Mu$ (1)

2) ЗСЭ в момент удара: до и после: $\dfrac{m\upsilon_0^2}{2} = \dfrac{m\upsilon^2}{2} + \dfrac{Mu^2}{2}$ (2)

Решаем сист. из двух ур-ий (1) и (2):

$$\begin{cases} u = \dfrac{m\upsilon_0}{M} \\ m\upsilon_0^2 = m\upsilon^2 + Mu^2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} u = \dfrac{m\upsilon_0}{M} \\ \upsilon = \sqrt{\dfrac{m\upsilon_0^2 - M\left(\frac{m\upsilon_0}{M}\right)^2}{m}} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} u = \dfrac{m\upsilon_0}{M} \\ \upsilon = \sqrt{\upsilon_0^2 - \dfrac{Mm^2\upsilon_0^2}{mM^2}} \end{cases}$$

Задача решена полностью

Итог: $\left[u = \dfrac{m\upsilon_0}{M}\right]$; $\left[\upsilon = \upsilon_0\sqrt{1 - \dfrac{m}{M}}\right]$ – после столкновения

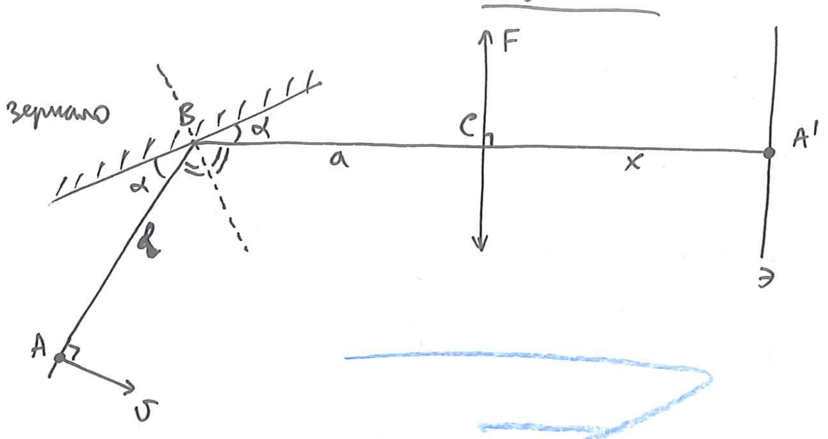
② Полет шара: пусть за время t он достиг верхн. точки ⇒ $\left[t = \dfrac{\upsilon}{g}\right]$

За это время клин проехал $S = ut = \left[\dfrac{u\upsilon}{g} = S\right]$

③ Итог: $S = \dfrac{m\upsilon_0^2}{gM}\sqrt{1 - \dfrac{m}{M}}$; $\boxed{S = \dfrac{\upsilon_0^2}{g}\cdot\dfrac{m}{M}\cdot\sqrt{1 - \dfrac{m}{M}}}$

$$S = \frac{25}{10}\cdot\frac{36}{100}\cdot\sqrt{1 - \frac{36}{100}} = \frac{25\cdot 36\cdot 8}{1000\cdot 10} = \frac{36}{50} = \boxed{0{,}72\,(м) = S}$$

Задача 4.



Наибольшая резкость изображения

u – скор. движ. изобр.

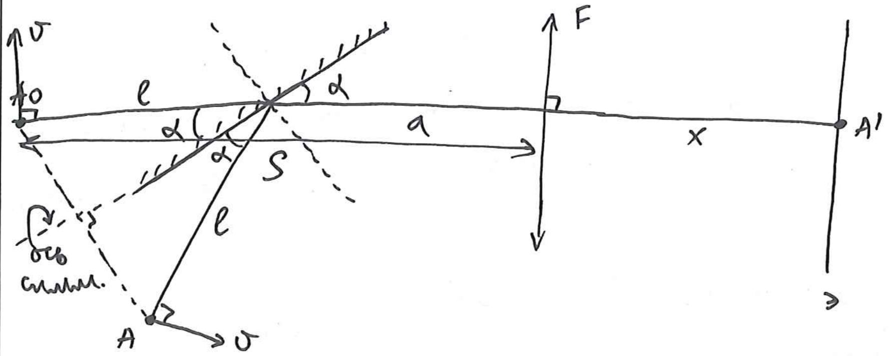
$u = ?$

Чистовик

1) Т.к. экран расположен так, что резк. изобр. наибольшая, значит изображение мухи находится в плоскости экрана. Все лучи, идущие от мухи должны сходиться в „точку" на экране, образовывая изображ.

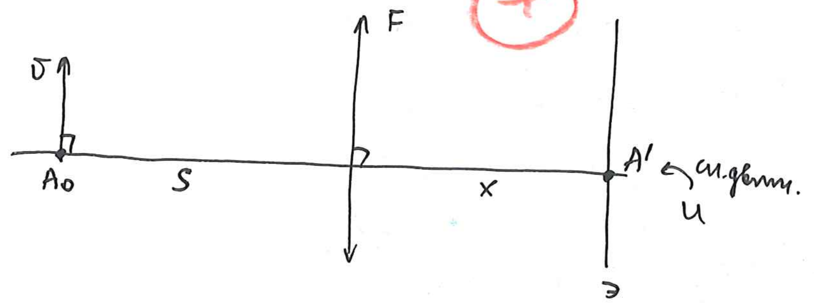
2) В условии изначально представлен ход одного луча, т.к. он правильно отражается от зеркала, а затем идёт вдоль ГОО, не преломляясь и ⊥ плоскости линзы. Т.к. изобр. мухи – на экране ⇒ мы уже знаем, где оно – в т. пересеч. ГОО и экрана ⇒ туда попадет любой луч в данный момент

3) Для удобства, будем работать с изображением мухи в зеркале:



Симметрично отразим движение мухи отн. плоскости линзы. В дальнейшем, рассматриваем движ. точки A_0, мы знаем её поведение. В силу рисунка и геометрии, [A_0 движ. вверх с v и A_0 лежит на ГОО]

Найдем расстояние [$S = a + l$] Эквивалентная картина:



$S = a + l$

$u = ?$

Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!

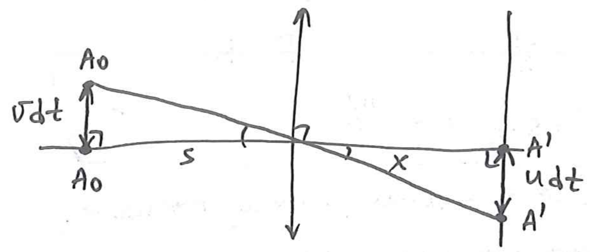
ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

92-07-08-31 (4.3)

4) A' - изобр. Ao ⇒ формула т. линзы: $\frac{1}{F} = \frac{1}{S} + \frac{1}{x}$ ⇒

$x = \frac{1}{\frac{1}{F} - \frac{1}{S}} = \frac{1}{\frac{S-F}{FS}} = \left[\frac{FS}{S-F} = x\right]$ - расст. от линзы до экрана.

5) т.к. Ao движ ⊥ ГОО ⇒ расст. от Ao до ~~ГОО~~ линзы, $S = const$ ⇒ расст. от линзы до экрана, $x = const$, т.к. $\frac{1}{F} = \frac{1}{S} + \frac{1}{x}$ ⇒ изобр. A' движ вдоль экрана ⇒ решим геом. задачу:



Видно, что треуг. подобные по 3 углам ⇒ $\frac{\upsilon dt}{u dt} = \frac{S}{x}$ ⇒ $\left[u = \frac{\upsilon x}{S}\right]$

6) Итог: $u = \upsilon \cdot \frac{F}{S-F} = \boxed{\upsilon \cdot \frac{F}{a+\ell-F} = u}$ +

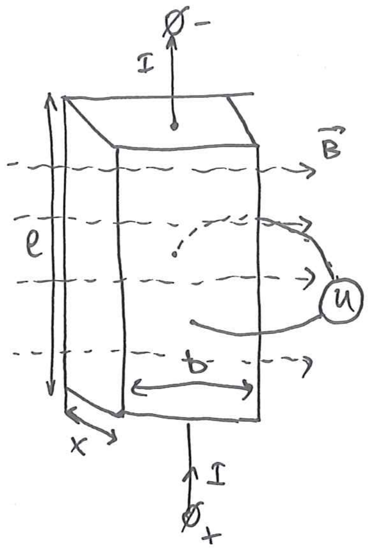
$u = 2 \cdot \frac{30}{10+25-30} = 2 \cdot \frac{30}{5} = \boxed{12\left(\frac{см}{с}\right) = u}$ +

черновик

Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!

Задача 5. Чистовик

~~$\vec{B} = \vec{E} \cdot m_0$~~



~~$q = I \cdot t$; $\beta e B = e \cdot E = F$; $U = E \cdot x$; $\beta e B n = e \frac{U}{d} \cdot n$; $n = \frac{BI}{beU}$ ...; $\frac{BI}{db} = e \cdot \frac{U}{d} \cdot n$; $\frac{BQ}{xbt} = e \cdot \frac{U}{x} n$; $BQ = e \frac{U}{x} n \cdot x\, bt$; $\beta = \frac{V}{bt}$; $\frac{BI}{xb} = e \cdot \frac{U}{x} \cdot n$; $\frac{B \cdot I \cdot V}{xb} = Q \cdot E = F \Rightarrow \frac{BI}{S}$~~

Обозначим за x – длину, между точками, между которыми измеряют напряжение U (длина одного из ребер). Длина второго – b, l – длина проводника.

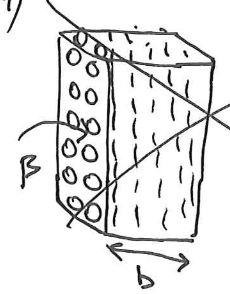
Решение:

1) $n = \frac{N}{V}$ – концентрация электронов.

2) Выразим разность потенциалов U: $U = E \cdot x$

3) Сила, действ. на 1 электрон: $F_0 = e \cdot E$

4)



~~Пусть β – „площадка" электронов, набирающаяся за время t, тогда~~

4) Значит сила, действ. на N электронов, $F = F_0 \cdot N = e \cdot N \cdot E$

~~Эту силу можно выразить, используя значение B, I и площадь поперечного сечения проводника: т.к. $S = xb$, значит $F = \frac{BI}{S} = \frac{BI}{xb}$~~ длину проводника $F = BlI$

Мы нашли полную силу, действ на весь помещенный заряд, значит

~~$e \cdot N \cdot E = F = \frac{BI}{xb}$. $U = E \cdot x \Rightarrow E = \frac{U}{x} \Rightarrow e \cdot N \cdot \frac{U}{x} = \frac{BI}{xb} \Rightarrow$~~

$e \cdot N \cdot E = F = BIl$. $U = E \cdot x \Rightarrow E = \frac{U}{x} \Rightarrow e \cdot N \cdot \frac{U}{x} = BIl \Rightarrow$

$e \cdot N \cdot \frac{U}{xbl} = \frac{BI}{b} \Rightarrow e \cdot U \cdot \frac{N}{V} = \frac{BI}{b} \Rightarrow e \cdot U \cdot n = \frac{BI}{b} \Rightarrow \left[n = \frac{BI}{beU} \right]$

$n = \frac{0{,}1 \cdot 8 \cdot 1000 \cdot 1000}{1000 \cdot 5 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 4} = \frac{800}{20 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}} = \frac{8 \cdot 10^{21}}{32} = 0{,}25 \cdot 10^{21} \left(\frac{1}{м^3}\right)$

$n = 0{,}25 \cdot 10^{21} \cdot 10^{-6} \cdot \frac{1}{см^3} = \boxed{2{,}5 \cdot 10^{14} \cdot \frac{1}{см^3} = n}$