



Время: 12:15 - 12:19
mm

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант № 1

Место проведения Калiningrad
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наименование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

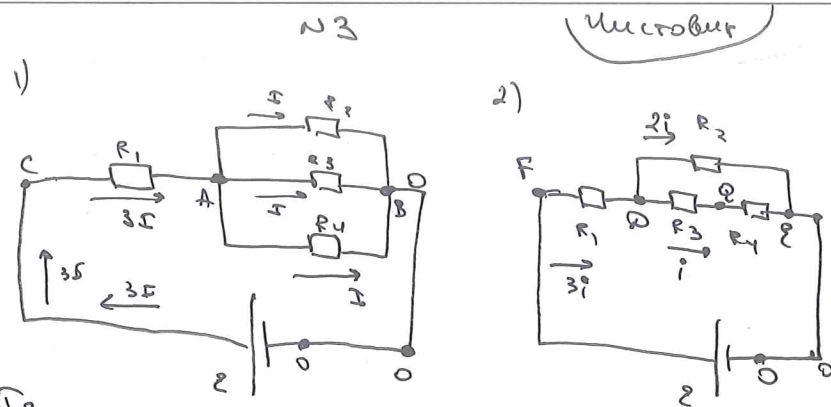
Чертова Бориса Владимировича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата
«19» февраля 2025 года

Подпись участника

Free

Дано:
 $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R$
 $P = 30 \text{ Вт}$
 $\Delta I = 2 \text{ А}$
 $\mathcal{E} = ?$



Рассмотрим 1 ситуацию:

Пусть ток через резистор R_4 равен I .
 Тогда $\varphi_A - \varphi_B = I \cdot R_4 = IR$ (1)

с др. стороны: $\varphi_A - \varphi_B = I_3 \cdot R_3 = I_3 R$ (2)

приравняв (1), (2) получим: $I_2 = I_3 = I$

по 3-му сокр. звена для т. А:
 $I_1 = 3I$.

Общий ток в цепи $I_0 = 3I$ (х)

Воспользуемся методом потенциалов, пусть потенциал отриц. клеммы источника равен 0, тогда т. В. провод не имеет сопр. $\Rightarrow \varphi_B = 0$.

$\varphi_A - \varphi_B = IR \Rightarrow \varphi_A = \varphi_B + IR = IR$

$\varphi_C - \varphi_A = 3IR \Rightarrow \varphi_C = \varphi_A + 3IR = 4IR$

т. В. т. С соединены только проводом с нулевым сопротивл. $\Rightarrow \varphi_C = 0 \Rightarrow \mathcal{E} = 4IR \Rightarrow I = \frac{\mathcal{E}}{4R}$ (у)

$P = I^2 \cdot R = \frac{\mathcal{E}^2}{16R}$ (з)

Рассмотрим 2 ситуацию:

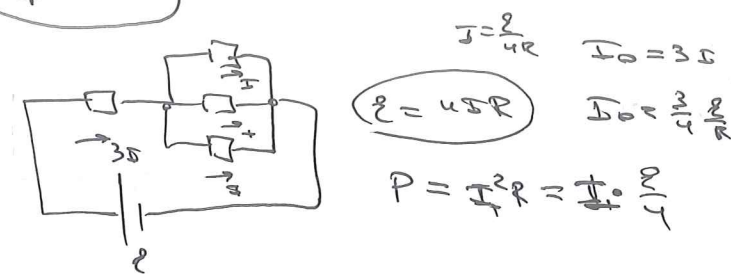
пусть ток через резистор R_3 равен i , тогда, т. В. R_4 - прикв. поперечностью $\Rightarrow I_4 = i$

$\varphi_D - \varphi_E = (\varphi_D - \varphi_Q) + (\varphi_Q - \varphi_E) = i \cdot R_3 + i \cdot R_4 = 2iR$
 $\varphi_D - \varphi_E = i_2 \cdot R_2 \Rightarrow i_2 \cdot R = 2iR \Rightarrow i_2 = 2i$

3-й сокр. звено для т. D:
 $i_1 = 2i + i \Rightarrow i_1 = 3i$
 ток через R_1

$P = 30 \text{ Вт}$
 $\Delta I = 2 \text{ А}$
 $\mathcal{E} = ?$

Чертежи



$P = I \cdot \frac{\mathcal{E}}{4} = \frac{\mathcal{E}^2}{16R}$
 $R = \frac{\mathcal{E}^2}{16P}$



$\mathcal{E} = 5IR \Rightarrow I = \frac{\mathcal{E}}{5R}$

$I_0 = \frac{5\mathcal{E}}{5R} = \frac{\mathcal{E}}{R}$

$\frac{21}{12} = \frac{7}{4}$

$C_V \mu_{N_2} \nu_{N_2} \Delta T = \frac{5}{2} \nu R \Delta T$

$2 \times 5 \cdot 28 \cdot 10^{-3} = 2,5 \cdot 8,3$

$0,745 \cdot 28 = 2,5 \cdot 8,3$

$2 \times 5 \cdot 28 = 2,5 \cdot 830$
 149

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

$\frac{3\mathcal{E}}{R} \left(\frac{5-4}{20} \right) = \Delta I \Rightarrow \frac{3}{20} \frac{\mathcal{E}}{R} = \Delta I$

$\frac{3}{20} \cdot \frac{\mathcal{E}}{R} \cdot 16P = \Delta I$

$\frac{12}{5} \frac{P}{\mathcal{E}} = \Delta I \Rightarrow \mathcal{E} = \frac{12P}{5\Delta I} = \frac{12 \cdot 30}{5 \cdot 2} = 36 \text{ В}$

$\frac{\Delta P}{P} + \frac{\Delta U}{U} = \frac{\Delta T}{T} \Rightarrow \frac{\Delta T}{T} = 0,01$

$A = 0,02 \nu R T$

$Q = A + W = P \Delta T + C_V \mu \nu \Delta T = \nu R T \cdot \frac{\Delta U}{U} + C_V \mu \nu \Delta T$

$Q = 0,02 \nu R T + C_V \mu \nu \Delta T = 0,02 \nu R T + \frac{C_V \mu \nu T}{100}$

$\eta = \frac{A}{Q} = \frac{0,02 \nu R}{0,02 \nu R + 0,01 C_V \mu \nu} = \frac{2 \nu R}{2 \nu R + C_V \mu \nu} = \frac{2R}{2R + C_V \mu}$

$\begin{array}{r} 3,45 \\ \times 28 \\ \hline 6360 \\ 1490 \\ \hline 20860 \\ + 161600 \\ \hline 370460 \end{array}$

$\begin{array}{r} 830 \\ \times 1873 \\ \hline 1660 \\ 3746 \\ 1873 \\ \hline 15880 \end{array}$

$\begin{array}{r} 31823 \\ \times 1873 \\ \hline 6492 \\ 1873 \\ \hline 9365 \end{array}$

$\begin{array}{r} 2R \\ 2R + C_V \mu \\ \hline = \frac{2R}{2R + C_V \mu} = \frac{2 \cdot 8,3}{2 \cdot 8,3 + 445 \cdot 28 \cdot 10^{-3}} = \frac{16,6}{16,6 + 12,46} = \frac{16,6}{29,06} = 0,571$

$\begin{array}{r} 83000 \\ - 2492 \\ \hline 80508 \\ \hline 15880 \end{array}$

$\begin{array}{r} 9080 \\ - 2492 \\ \hline 1588 \end{array}$

$\begin{array}{r} 1616 \\ 1616 + 2086 \\ \hline 3702 \\ \times 1873 \\ \hline 1616 \end{array}$

$$F = 30 \text{ см}$$

$$d = 300$$

$$B = r = 10 \text{ см}$$

$$v = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$Ab = 2,5 \text{ м}$$

и т.д.

Черновик

$$\eta = r \cdot v$$

$$r = \frac{x}{3,5 \text{ м}}$$

$$\frac{v}{d} = \frac{r}{F} \Rightarrow \eta = v \cdot \frac{F}{d} = v r$$

$$\eta = v \cdot \frac{x}{3,5 \text{ м}}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{3,5 \text{ м}} + \frac{1}{x}$$

$$\frac{1}{3 \text{ м}} = \frac{2}{7 \text{ м}} + \frac{1}{x}$$

$$\frac{1}{x} = \frac{1}{3 \text{ м}} - \frac{2}{7 \text{ м}} = \frac{7-6}{21 \text{ м}} = \frac{1}{21 \text{ м}}$$

$$x = 21 \text{ м}$$

55-63-78-88
(7.1)

Одну из в цепи $i_0 = 3 \text{ А}$. Воспользуемся методом потенциалов, возьмем нулевой потенциал - отриц. клемму источника, тогда $\varphi_E = 0$ (сопр. проводов 0), $\varphi_D - \varphi_E = 2iR \Rightarrow \varphi_D = \varphi_E + 2iR = 2iR$.

$$\varphi_F - \varphi_D = 3iR \Rightarrow \varphi_F = \varphi_D + 3iR = 5iR$$

$$\varphi_F = \mathcal{E} \text{ (сопр. проводов 0)} \Rightarrow \mathcal{E} = 5iR \Rightarrow i = \frac{\mathcal{E}}{5R}$$

$$i_0 = \frac{3}{5} \frac{\mathcal{E}}{R} \left(\frac{1}{5} \right)$$

перенесем φ_F и φ_D (х), (у), ~~(з), (г)~~!

$$\begin{aligned} \varphi_0 &= 3i \\ \mathcal{E} &= \frac{3}{5} \frac{\mathcal{E}}{R} \end{aligned} \Rightarrow \mathcal{E} = \frac{3}{5} \frac{\mathcal{E}}{R}$$

по узлу: $\varphi_0 - i_0 = \Delta i$

$$\frac{3}{5} \frac{\mathcal{E}}{R} - \frac{3}{5} \frac{\mathcal{E}}{R} = \Delta i$$

$$\frac{3}{5} \frac{\mathcal{E}}{R} \cdot \frac{5-4}{20} = \Delta i \Rightarrow \frac{3}{20} \frac{\mathcal{E}}{R} = \Delta i$$

перенесем φ_F и φ_D (з) и (*):

$$\begin{aligned} R &= \frac{\mathcal{E}^2}{16R} \\ R &= \frac{20 \Delta i}{3 \mathcal{E}} \end{aligned} \Rightarrow R = \frac{20 \Delta i}{3 \mathcal{E}}$$

$$R = \frac{\mathcal{E}^2}{16R}$$

$$R = \frac{3 \mathcal{E}}{20 \Delta i}$$

$$\Rightarrow R = \frac{\mathcal{E}^2 \cdot 20 \Delta i}{16 \cdot 3 \mathcal{E}} = \frac{\mathcal{E} \cdot 5 \Delta i}{12}$$

$$\mathcal{E} = \frac{12 R}{5 \Delta i} = \frac{12 \cdot 30}{5 \cdot 2} \text{ В} = 36 \text{ В}$$

Ответ: $\mathcal{E} = 36 \text{ В}$

Дано:

$$n = 2\%$$

$$k = 1\%$$

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

$$C_V = 44,5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

$$R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

$$\eta = ?$$

по узлу: $\frac{\Delta P}{P} = -k = -0,01 \Rightarrow \frac{\Delta P}{P} = -0,01$

$$\frac{\Delta V}{V} = n = 0,02 \Rightarrow \frac{\Delta V}{V} = 0,02$$

$$\text{Т.е. процесс близок к изотермическому} \Rightarrow \frac{\Delta P}{P} + \frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta T}{T}$$

$$\frac{\Delta T}{T} = -0,01 + 0,02 \Rightarrow \frac{\Delta T}{T} = 0,01 \Rightarrow \Delta T = 0,01 T \quad (3)$$

Теплотворная способность при $V = \text{const}$:

$$Q_1 = A_1 + \mu \eta, \quad A_1 = 0 \quad (V = \text{const}) \Rightarrow Q_1 = \mu \eta \Rightarrow \mu \eta = C_V \mu V \Delta T$$

Шитовик
Рассмотрим неч. бесконечно малый участок;

$$Q = A \Delta U, \quad A = p \Delta U \text{ (чум. явл. электр.)}$$

$$Q = p \Delta U + \Delta U$$

$$A = \nu RT \cdot \frac{\Delta U}{U}$$

уравнение Клапейрона-Менделеева;

$$pV = \nu RT \Rightarrow p = \frac{\nu RT}{V} \text{ (1)}, \quad \Delta U = c_v \mu \nu \Delta T \text{ (2)}$$

с учетом (1), (2):

$$Q = \nu RT \cdot \frac{\Delta U}{U} + c_v \mu \nu \Delta T$$

$$Q = \nu RT$$

с учетом:

$$\frac{\Delta U}{U} = 0,02, \quad \frac{\Delta T}{T} = 0,01 \Rightarrow \Delta T = 0,01 T$$

$$Q = \nu RT \cdot 0,02 + c_v \mu \nu \cdot 0,01 T$$

$$A = \nu RT \cdot 0,02$$

$$\eta = \frac{A}{Q} = \frac{0,02 \nu RT}{0,02 \nu RT + c_v \mu \nu \cdot 0,01 T} = \frac{2 RT}{2 RT + c_v \mu RT}$$

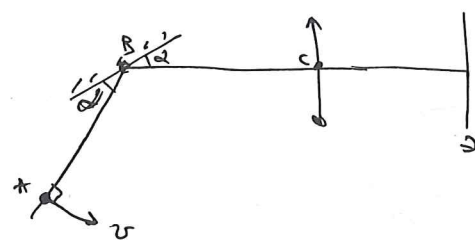
$$= \frac{2 R}{2 R + c_v \mu} = \frac{2 \cdot 8,3}{2 \cdot 8,3 + 745 \cdot 28 \cdot 10^{-3}} = \frac{16,6}{16,6 + 745 \cdot 28 \cdot 10^{-3}}$$

$$= \frac{8,3}{8,3 + 745 \cdot 14 \cdot 10^{-3}} = \frac{83}{83 + 745 \cdot 14 \cdot 10^{-2}}$$

$$= \frac{83}{83 + 104,3} = \frac{83}{187,3} = \frac{8300}{1873} \approx 45\%$$

Ответ: $\eta = 45\%$

NY



Дано:
 $F = 30 \text{ см}$
 $\alpha = 30^\circ$
 $BC = a = 10 \text{ см}$
 $U = 2 \text{ см}$
 $AB = l = 25 \text{ см}$
 $u = ?$

если $a = 10 \text{ см}$
 $\Rightarrow BC = a$
 $AB = 2,5a$
 $F = 3a$

Черновик

$$I = 8 \text{ мА}$$

$$B = 0,1 \text{ Тл}$$

$$u = 4 \text{ мВ}$$

$$b = 5 \text{ мм}$$

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

$$n = ?$$

$$\frac{I}{ne} = \frac{b}{ub}$$

$$n = \frac{Iub}{eB}$$

$$n = \frac{8 \cdot 4 \cdot 5}{1,6 \cdot 0,1}$$

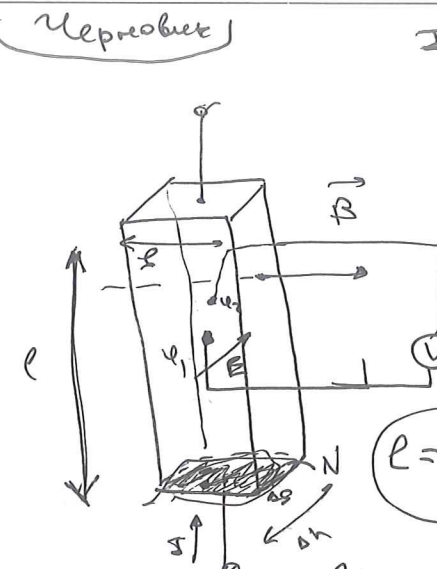
$$\frac{u}{bh} = \frac{u}{bh}$$

$$= B \cdot a \cdot \frac{1}{u \cdot b}$$

$$B$$

$$e = \frac{B}{ub}$$

$$e = \frac{B}{u}$$



$$I = b a h \cdot e \cdot n$$

$$\frac{\Delta q}{\Delta t} = I$$

$$\frac{b}{l} = \frac{e}{u} \Rightarrow n = \frac{I \cdot b}{u \cdot e}$$

$$n = \frac{N}{V}$$

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

$$\frac{I}{e} = \frac{N \cdot e}{\Delta t \cdot e}$$

$$N = \frac{I \cdot \Delta t}{e}$$

$$I = \frac{Ne}{\Delta t}$$

$$u_1 - u_2 = u$$

$$F = B \cdot$$

$$F = E \cdot l \cdot q$$

$$\Phi = F \cdot S$$

$$\Phi = B \cdot S$$

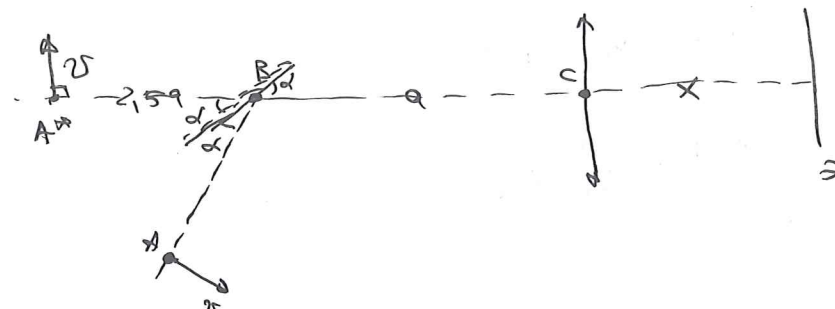
$$u_2 = \frac{F}{q}$$

$$B \cdot S \cdot q = F = E \cdot q$$

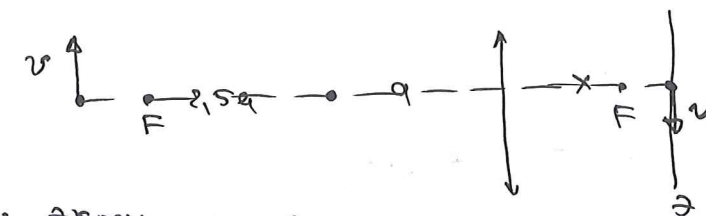
$$\frac{B}{e} = \frac{u}{bh}$$

$$\frac{B}{e} = \frac{u}{bh}$$

Луч от мухи летит вправо в зеркало, затем отразившись от него падает в линзу, затем падает на экран. Представим, что луч падает на линзу не отражённый от зеркала луч мухи, а луч от изображения мухи в зеркале, который падает прямо на линзу. Это изображение будет симметрично мухе отн. п-ти зеркала, т.е. ВС и АВ составляют один угол с зеркалом $\Rightarrow$ прямая симметрична п-ти зеркала будет не продолжением стороны ВС. $EC \perp AB$ $\Rightarrow$ ск-ть изображения в силу симметрии будет перпендикулярна прямой симметрии. отн. зеркала $\Rightarrow$ будет равна ск-ти мухи. рисунок не равносильный с учётом начального условия!



Дальше зеркало не играет никакой роли поэтому можем убрать его и оставить только из-ие!

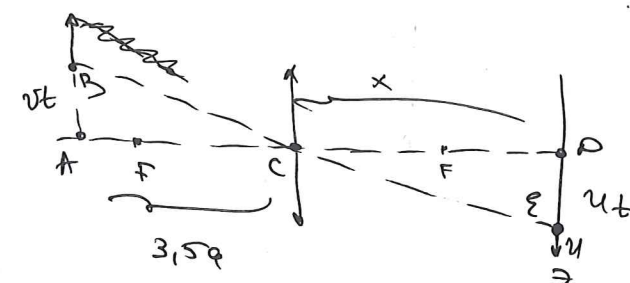


т.е. экран установлен + 21. отн. осн $\Rightarrow$ ск-ть из-ие мухи в линзе будет $\neq 11/5$ (V-тоже $\neq 11/5$ отн. осн).

т.е. экран установлен в положении, для кот. резкость такая $\Rightarrow$ все лучи от мухи в любой момент времени пересекаются в одной точке на экране $\Rightarrow$ верна формула содержащая линзы:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{3.5a} + \frac{1}{x} \Rightarrow \frac{1}{3a} = \frac{2}{7a} + \frac{1}{x} \Rightarrow \frac{1}{x} = \frac{1}{a} \left(\frac{1}{3} - \frac{2}{7} \right) = \frac{1}{a} \cdot \frac{1}{21} \Rightarrow x = 21a$$

Рассмотрим момент времени t после начала движения мухи; мухи пробег. мухой и из-ие соотв. разнм: v_t, u_t



$$\Delta ABC \sim \Delta DEC \Rightarrow \frac{v_t}{u_t} = \frac{3.5a}{x}$$

$$u = v \cdot \frac{x}{3.5a}$$

$$u = v \cdot \frac{21a}{3.5a} = v \cdot \frac{42}{7} = 6v$$

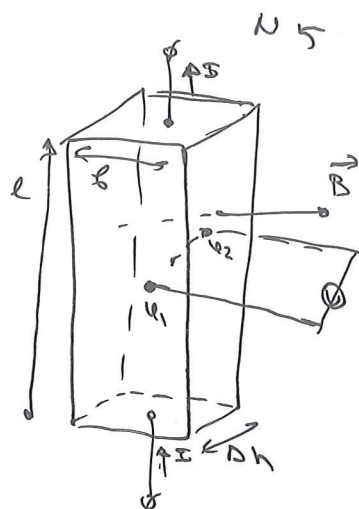
Ответ: $12 \frac{\text{см}}{\text{с}}$

$$u = 6V = 6 \cdot 2 \frac{\text{см}}{\text{с}} = 12 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

Ответ: $12 \frac{\text{см}}{\text{с}}$

Дано:
 $B = 0,1 \text{ Тл}$
 $I = 8 \text{ мА}$
 $u = u_{\text{инд}}$
 $b = 5 \text{ мм}$
 $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$

$n = ?$



поле в проводнике однородное $\Rightarrow E = \frac{u}{l}$
 результирующая сила внутри проводника равна 0

$$\Rightarrow F_{\text{эл}} = F_{\text{маг}}$$

силы сбалансированы $\Rightarrow$ внеш. магн. поле

$$E \cdot \Delta q = B \cdot \Delta q$$

$$\frac{E}{\Delta h} \cdot \Delta q = B \cdot \Delta q \cdot \frac{1}{\Delta h \cdot l \cdot b}$$

$$E = B \cdot \frac{1}{b \cdot l} \Rightarrow l =$$

Результ. сила в проводнике $\Rightarrow$:

$$\frac{u}{\Delta h} \cdot \Delta q = B \cdot \frac{\Delta q}{\Delta h \cdot l \cdot b}$$

$$u = B \cdot \frac{1}{l \cdot b} \Rightarrow l = \frac{B}{u \cdot b}$$

$$I = \Delta q$$

$$I = n e l$$

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{\Delta N \cdot e}{\Delta t} = \frac{\Delta N}{\Delta t} \cdot e = n e l$$

$$I = \frac{\Delta N \cdot e}{\Delta t} = \frac{\Delta N}{\Delta t} \cdot e = n e l$$

$$I = n e l \Rightarrow e =$$

$\Rightarrow$

$$n = \frac{I}{e l} = \frac{I \cdot u \cdot b}{e \cdot B}$$

$$n = \frac{8 \cdot 10^{-3} \cdot 12 \cdot 5 \cdot 10^{-3}}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 0,1}$$

$$= \frac{32 \cdot 5 \cdot 10^{-6}}{16 \cdot 10^{-20}} = 10 \cdot 10^{14} \frac{1}{\text{м}^3}$$

$$n = \frac{8 \cdot 10^{-3} \cdot 12 \cdot 5 \cdot 10^{-3}}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 0,1} = 10^{14} \frac{1}{\text{м}^3}$$

$$= \frac{32 \cdot 5 \cdot 10^{-6}}{16 \cdot 10^{-20}} \frac{1}{\text{м}^3} = \frac{10^{-8}}{10^{-20}} \frac{1}{\text{м}^3} =$$

$$= 10^{12} \frac{1}{\text{м}^3} = 0,1 \cdot 10^{14} \frac{1}{\text{м}^3}$$

Ответ: $n = 0,1 \cdot 10^{14} \text{ м}^{-3}$