



85-17-28-77  
(2.1)



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 2

Место проведения Москва  
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов  
наименование олимпиады

по физике  
профиль олимпиады

Мауренко Мария Сергеевна  
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

*Учитель*

Дата

«13» февраля 2026 года

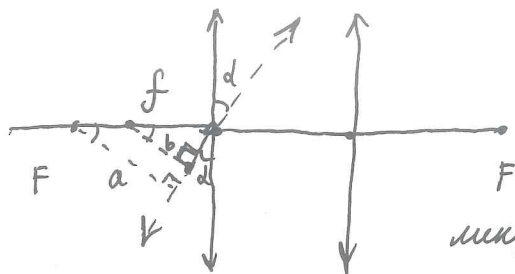
Подпись участника

*[Handwritten signature]*



Задача 4.10.2.

Именован



1. Рассмотрим параллельные лучи в первой линзе.  
Теперь именован как определим от кее на расстоянии a.  
Лучи фокусируются на расстоянии b, равно f.

Поскольку из геометрии  $a = f \cos \alpha$   
Запишем формулу тонкой линзы:

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{f \cos \alpha} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

$$b = \frac{f^2 \cos \alpha}{f \cos \alpha - f} = - \frac{f \cos \alpha}{1 - \cos \alpha}$$

Изображение будет мнимым и расположенным на расстоянии  $\frac{f \cos \alpha}{1 - \cos \alpha}$  от линзы.

Т.к. луч проходящий через оптический центр не преломляется, то увидит, что изображение будет мнимым на оси соединяющей оптические центры линз.

Расстояние  $b'$  от изображения до оптического центра первой линзы будет равно  $b' = \frac{f}{\cos \alpha} = \frac{f}{1 - \cos \alpha}$ .

2. Теперь рассмотрим параллельные лучи во второй линзе.  
Именован линзой на оптической оси на расстоянии  $s = b' + b =$

$$= f + \frac{f}{1 - \cos \alpha} = \frac{2f - f \cos \alpha}{1 - \cos \alpha}$$

Запишем формулу тонкой линзы:

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f} \Rightarrow s' = \frac{s \cdot f}{s - f} = \frac{(f + \frac{f}{1 - \cos \alpha}) \cdot f}{\frac{2f - f \cos \alpha}{1 - \cos \alpha} - f} = f(1 - \cos \alpha) + f$$

~~$$x = 2f + f(1 - \cos \alpha) + f + \frac{f \cos \alpha}{1 - \cos \alpha} = f(1 - \cos \alpha) + f + \frac{f \cos \alpha}{1 - \cos \alpha} + f$$~~

Подставим значения  $(\alpha = 30^\circ, k = 23,5 \text{ см})$

$$f = \frac{23,5}{\frac{3}{5} - \frac{4}{5}} + \frac{23,5}{1 - \frac{4}{5}} = \frac{47}{8 - 4\sqrt{3}}$$

$$x = 15(1 + |f| + |f|) = 2f + f(1 - \cos 2\alpha) + f = 4f - f \cos \alpha \Rightarrow f = \frac{x}{4 - \cos \alpha}$$

Подставим числа ( $x = 23,5 \text{ см}, \alpha = 30^\circ, \cos \alpha = \frac{\sqrt{3}}{2}$ )

$$f = \frac{23,5}{4 - \frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{47}{8 - \sqrt{3}} \text{ см}$$

$$F = 2f = \frac{94}{8 - \sqrt{3}} \text{ см}$$

Ответ:  $F = \frac{94}{8 - \sqrt{3}} \text{ см}$

нет ответа



$\Gamma = 248 \text{ К}$   
 $\Delta m = 1 \text{ км}$   
 $\rho_0 = 10^5 \text{ Па}$

Через

$$\frac{F^2}{476} \cdot \frac{\epsilon_0 - \epsilon_0^2 (\epsilon - 1)^2}{2 \cdot \epsilon^3} = \frac{9 \cdot 10^{-12} \cdot 9 \cdot 10^4 \cdot 10^4}{10^{-5}}$$

$$\frac{(4,35)^2}{4^2 \cdot \pi^2} = \frac{3^2}{4^2 \cdot \pi^2} \cdot 10^{-5}$$

Почему есть вода  $\Gamma = \cos \alpha \cdot \rho = \cos \alpha \cdot \rho_0$

Handwritten calculations including:

- $\Delta V_{\text{всп}} \cdot \mu \cdot \Delta k = \Delta V_{\text{всп}} \cdot \mu \cdot \Delta k$
- $\Delta V_{\text{всп}} = \frac{\Delta V_{\text{всп}} \cdot \mu \cdot \Delta k}{\mu}$
- $\Delta V_{\text{всп}} = \frac{\Delta m}{\mu} \cdot \frac{\mu \cdot \Delta k}{\mu}$
- $\Delta V_{\text{всп}} = \frac{\Delta m}{\mu} \cdot \frac{\Delta k}{\mu}$
- $\Delta V_{\text{всп}} = \Gamma$
- Arithmetic:  $12 \times 4,35 = 52,2$ ,  $13,05 \times 21,75 = 283,8375$ ,  $14,40 \times 25 = 360$ ,  $18,9225 \times 212 = 4011,57$ ,  $11,217 \times 243 = 2725,881$ ,  $191,73 \times 5478 = 1,059,998$ ,  $450,744 \times 611 = 275,405,484$ ,  $1397 \times 1222 = 1,707,334$ ,  $1,454 \times 1222 = 1,776,788$ ,  $532,7 \times 4888 = 2,583,2376$ ,  $4390 \times 4274 = 18,562,870$ ,  $18,9225 \cdot 10^{-5} = 1,89225 \cdot 10^{-9}$ ,  $18,9225 \cdot 10^{-9} \times 179225 = 3,391,875$ ,  $15259225 \times 256 = 3,906,361,600$ ,  $1280 \times 2459 = 3,147,520$ ,  $1552 \times 1536 = 2,383,632$ ,  $1625 \times 1536 = 2,496,000$ ,  $1625 \times 89 = 144,625$

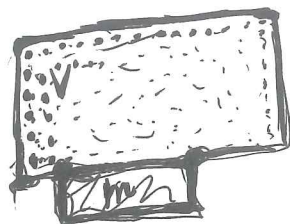
Черновики

$$\begin{array}{r} \times 4,35 \\ 4,35 \\ \hline 189225 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 189225 \\ 81 \\ \hline 15259225 \\ \hline 15259225 \quad | \quad 256 \\ \hline 39606 \end{array}$$

$m_1$  - масса воды

250



$$\begin{array}{r} 15259225 \quad 256 \\ \hline 1280 \\ - 2459 \\ \hline 2304 \\ - 1552 \\ \hline 1825 \\ - 1536 \\ \hline 890 \\ - 468 \\ \hline 1220 \end{array}$$

59606

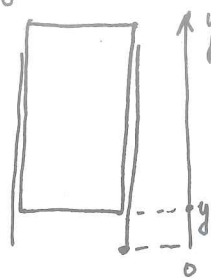
$59606,3 \cdot 10^{-3}$

85-17-28-77  
(2.1)

Задача 5.2.2

Условно

Веден ось  $oy$  перпендикулярно плоскости пластин, как на рисунке.



Изначально пластины конденсатора заряжены на  $U_0$ . Пусть  $q$  - заряд на положительной пластине конденсатора.

$$q = CU_0 = \frac{\epsilon \epsilon_0}{d} \cdot U_0 = \frac{\epsilon^2 \epsilon_0}{d} \cdot U_0$$

Теперь рассмотрим конденсатор с диэлектрической средой.



Заряд  $q$  распределится так, чтобы выполнялось условие

$$\frac{q_1}{C_1} = \frac{q_2}{C_2}, \text{ где } q_1 + q_2 = q$$

конденсатор!

$$C_1 = \frac{\epsilon_1 \epsilon_0 \epsilon}{d} = \frac{(\epsilon - y) \epsilon \epsilon_0 \epsilon}{d} \Rightarrow q_1 = q_2 \cdot \frac{(\epsilon - y) \cdot \epsilon \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon}{d} \cdot \frac{d}{y \cdot \epsilon \cdot \epsilon_0} =$$

$$C_2 = \frac{\epsilon_2 \epsilon_0 \epsilon}{d} = \frac{y \cdot \epsilon \cdot \epsilon_0 \epsilon}{d} = q_2 \cdot \frac{(\epsilon - y) \cdot \epsilon}{y}$$

Теперь запишем энергию заряженную в пластин конденсатора.

$$W = \frac{q_1^2}{2C_1} + \frac{q_2^2}{2C_2} = \frac{q^2}{2C_1} + \frac{q^2}{2C_2}$$

$$q_1 + q_2 = q$$

$$q_2 \left(1 + \frac{\epsilon - y}{y} \cdot \epsilon\right) = q \Rightarrow q_2 = \frac{qy}{(\epsilon - y)\epsilon + y}$$

$$q_1 = \frac{qy}{(\epsilon - y)\epsilon + y} \cdot \frac{(\epsilon - y) \cdot \epsilon}{y} = \frac{q(\epsilon - y) \cdot \epsilon}{(\epsilon - y)\epsilon + y}$$

$$W = \frac{q^2 (\epsilon - y)^2 \cdot \epsilon^2}{2 \left( \frac{(\epsilon - y)\epsilon + y}{y} \right)^2 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{d}{(\epsilon - y)\epsilon_0 \epsilon}} + \frac{q^2 y^2}{2 \left( \frac{(\epsilon - y)\epsilon + y}{y} \right)^2 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{d}{y \cdot \epsilon \cdot \epsilon_0}} =$$

$$= \frac{q^2 (\epsilon - y)^2 \cdot \epsilon^2}{2 (\epsilon - y)^2 \epsilon^2 \epsilon_0} + \frac{q^2 y^2 \cdot \epsilon^2}{2 (\epsilon - y)^2 \epsilon^2 \epsilon_0} = \frac{q^2 (\epsilon - y) \cdot \epsilon d}{2 (\epsilon + y(1 - \epsilon))^2 \epsilon_0} + \frac{q^2 y d}{2 (\epsilon + y(1 - \epsilon))^2 \epsilon_0} =$$

$$= \frac{q^2 (\epsilon - y) \epsilon d + q^2 y d}{2 (\epsilon + y(1 - \epsilon))^2 \cdot \epsilon_0} = \frac{q^2 d (\epsilon \epsilon + y(1 - \epsilon))}{2 (\epsilon + y(1 - \epsilon))^2 \cdot \epsilon_0} = \frac{q^2 d}{2 (\epsilon + y(1 - \epsilon)) \epsilon_0}$$

Т.к. энергия такой системы будет соотноситься к энергии на конденсаторе с диэлектриком  $F = \frac{q^2}{2C} = \frac{q^2}{2 \epsilon_0 \epsilon (\epsilon + y(1 - \epsilon))} = \frac{q^2 d}{2 \epsilon_0 (\epsilon + y(1 - \epsilon)) \epsilon_0}$

Чисович

ЗСЭ:

$$W + E_k = \text{const}$$

$$\frac{q^2 d}{2(\epsilon\epsilon_0 + y(1-\epsilon)) \epsilon\epsilon_0} + \frac{mv^2}{2} = \text{const}$$

Возьмем производную по y

$$\frac{q^2 d (\epsilon-1) \dot{y}}{2\epsilon\epsilon_0 (\epsilon\epsilon_0 + y(1-\epsilon))^2} + \frac{m \dot{y} \cdot \ddot{y}}{m \dot{y}} = 0$$

$$m \ddot{y} + \frac{q^2 d (\epsilon-1)}{2\epsilon^2 \epsilon_0^2 (1 - \frac{\epsilon-1}{\epsilon} y)^2} = 0$$

y - малое отклонение  $\Rightarrow \frac{y(\epsilon-1)}{\epsilon} \ll 1$   
(y < c)

$$(1+y)^{-2} \approx 1-2y \Rightarrow (1 - \frac{\epsilon-1}{\epsilon} y)^{-2} \approx 1 + \frac{2(\epsilon-1)}{\epsilon} y$$

$$m \ddot{y} + \frac{q^2 d (\epsilon-1)}{2\epsilon^2 \epsilon_0^2} + \frac{q^2 d (\epsilon-1)}{2\epsilon^2 \epsilon_0^2} \cdot \frac{2(\epsilon-1)}{\epsilon} y = 0$$

$$m \ddot{y} + \frac{q^2 d (\epsilon-1)^2}{m \epsilon^3 \epsilon_0^2} y = - \frac{q^2 d (\epsilon-1)}{2\epsilon^3 \epsilon_0^2}$$

Это уравнение гармонической колебаний с частотой  $\omega = \frac{q(\epsilon-1)}{T^2 \epsilon} \sqrt{\frac{d}{m \epsilon_0}}$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{q(\epsilon-1)} \cdot \epsilon \cdot \sqrt{\frac{m \epsilon_0 \epsilon^3}{d}}$$

$$m = \frac{T^2}{4\pi^2} \cdot \frac{q^2 (\epsilon-1)^2 \cdot d}{\epsilon^4 \cdot \epsilon^2 \cdot \epsilon \cdot \epsilon_0} = \frac{T^2}{4\pi^2} \cdot \frac{q^2 (\epsilon-1)^2 \cdot d}{\epsilon^7 \cdot \epsilon^3 \cdot \epsilon_0}$$

Вспомогательные данные

Вспомогательная, что  $q = \frac{C^2 \epsilon_0 U_0}{d}$

$$m = \frac{T^2}{4\pi^2} \cdot \frac{C^4 \cdot \epsilon_0^2 \cdot U_0^2}{d^2} \cdot \frac{(\epsilon-1)^2 \cdot d}{\epsilon^7 \cdot \epsilon^3 \cdot \epsilon_0} = \frac{T^2}{4\pi^2} \cdot \frac{\epsilon_0 \cdot U_0^2 \cdot (\epsilon-1)^2}{d \cdot \epsilon^3}$$

Подставим численные значения ( $T = 4,35 \text{ с}$ ,  $\epsilon_0 = 9 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Ф}}{\text{м}}$ ,  $U_0 = 100 \text{ В}$ ,  $\epsilon = 4$ ,  $d = 1 \text{ мм} = 10^{-3} \text{ м}$ .)

$$m = \frac{(4,35)^2}{4 \cdot \pi^2} \cdot \frac{9 \cdot 10^{-12} \cdot 10^4 \cdot 8^2}{10^{-3} \cdot 4^3} = \frac{(4,35)^2 \cdot 3^4}{4^4 \pi^2} \cdot 10^{-5}$$

Ответ:  $m = \frac{T^2}{4\pi^2} \cdot \frac{\epsilon_0 \cdot U_0^2 \cdot (\epsilon-1)^2}{d \cdot \epsilon^3} = \frac{(4,35)^2 \cdot 3^4}{4^4 \cdot \pi^2} \cdot 10^{-5} \text{ кг} \approx$

$\approx 59606,3 \cdot 10^{-9} \text{ кг}$

! откуда не забывает?

Общий ход расчета правильный, но в самом начале есть неверное выражение

85-17-28-77  
(2.1)

Задача 3.3.2.

Ушинов

Электроны движутся из стороны под действием силы Лоренца по кругу вправо к левой пластине. При этом возникает  $U_2$  за счет сжатия на пластинит  $U_2$  появившая поле напряженности  $E$ . Стационарный режим возникает в момент когда сила сил действующих на электрон станут равны нулю, т.е.  $|\vec{E}| = vB$ . Сила вектор напряженности направлен от правой пластины к левой.

Тогда в цепи  $I$  равен  $I = \frac{vB \cdot d}{r+R}$ , где  $r$  - сопротивление износности.

Мощность на резисторе  $R$  вычисляется по формуле

$$P = I^2 \cdot R = \frac{(vBd)^2}{(r+R)^2} \cdot R$$

Мощность будет максимальной при  $r=R$

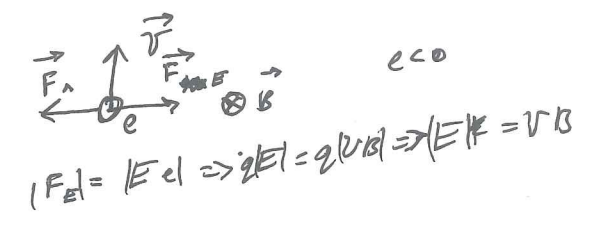
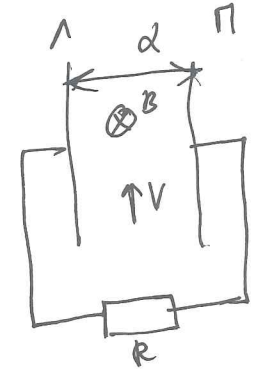
$$P_m = \frac{v^2 B^2 d^2}{R} \Rightarrow B = \frac{\sqrt{P_m \cdot R}}{v d}$$

Подставим числовые значения ( $P_m = 1 \text{ мВт} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ Вт}$ ,  $R = 0,1 \text{ Ом}$ ,  $v = 10^8 \text{ м/с}$ ,  $d = 0,1 \text{ м}$ )

$$B = \frac{\sqrt{10^{-3} \cdot 0,1}}{10^8 \cdot 0,1} = \frac{2 \cdot 10^{-2}}{4 \cdot 10^{-2}} = \frac{1}{2} \text{ Тл}$$

Ответ:  $B = \frac{1}{2} \text{ Тл} = 0,5 \text{ Тл}$

12



Задача 2.3.2.

Чемовик

1. Пусть  $V_1$  - число молей воды прошедшей в паре  
 $Q_1 = V_1 \cdot \mu \cdot r_n$  - тепло которое потребовалось для этого  
перехода.

Пусть  $V_2$  - число молей воды прошедшей в лёд  
 $Q_2 = V_2 \cdot \mu \cdot \lambda_k$  - тепло отданное на испарение.

$V_2 \cdot \mu \cdot \lambda_k = V_1 \cdot \mu \cdot r_n \Rightarrow V_2 = \frac{V_1 \cdot r_n}{\lambda_k}$ ,  $V_1 = \frac{V_2 \cdot \lambda_k}{r_n}$

$\Delta m = 1 \text{ кг} \Rightarrow V_2 = \frac{\Delta m}{\mu}$

Значит  $V_1 = \frac{\Delta m}{\mu} \cdot \frac{\lambda_k}{r_n}$

$V \cdot R \cdot T = p_{\text{нас}} \cdot V \Rightarrow V = \frac{V_1 \cdot R \cdot T}{p_{\text{нас}}} = \frac{\Delta m \cdot \lambda_k}{\mu \cdot r_n} \cdot \frac{R \cdot T}{p_{\text{нас}}}$

Подставим численные значения.  
 $R = 8,3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$ ,  $T = 273 \text{ К}$ ,  $p_{\text{нас}} = 611 \text{ Па}$   
 $\mu = 18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$ ,  $\lambda_k = 3,3 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$ ,  $r_n = 2,3 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$

$V = \frac{1 \cdot 3,3 \cdot 10^5 \cdot 8,3 \cdot 273}{18 \cdot 10^{-3} \cdot 2,3 \cdot 10^6 \cdot 611} = \frac{3,3 \cdot 8,3 \cdot 273 \cdot 10^2}{18 \cdot 2,3 \cdot 611} \approx 29,649190 \text{ м}^3$

Ответ:  $V = \frac{\Delta m \cdot \lambda_k \cdot R \cdot T}{\mu \cdot r_n \cdot p_{\text{нас}}} = \frac{1 \cdot 3,3 \cdot 10^5 \cdot 8,3 \cdot 273}{18 \cdot 10^{-3} \cdot 2,3 \cdot 10^6 \cdot 611} \approx 29,64919 \text{ м}^3$

~~Вопрос: почему вода ещё испаряется? ...~~  
~~... процесс испарения ...~~  
~~... процесс конденсации ...~~  
~~... процесс кипения ...~~  
~~... процесс плавления ...~~  
~~... процесс затвердевания ...~~  
~~... процесс сублимации ...~~  
~~... процесс десублимации ...~~

2. Этот случай подразумевает, что в паре всё время  
содержится вода, но она не может и абсолютного замещения,  
погда до пар испаряется <sup>быстро</sup> насыщенный. Чемовик  
для этого масса воды должна ~~увеличиваться~~

~~... процесс испарения ...~~  
~~... процесс конденсации ...~~  
~~... процесс кипения ...~~  
~~... процесс плавления ...~~  
~~... процесс затвердевания ...~~  
~~... процесс сублимации ...~~  
~~... процесс десублимации ...~~

$m = \Delta m \left(1 + \frac{\lambda_k}{r_n}\right)$   
~~... процесс испарения ...~~  
~~... процесс конденсации ...~~  
~~... процесс кипения ...~~  
~~... процесс плавления ...~~  
~~... процесс затвердевания ...~~  
~~... процесс сублимации ...~~  
~~... процесс десублимации ...~~

Если в этом процессе увеличивается вода, а это будет  
при её массе  $m = \Delta m \left(1 + \frac{\lambda_k}{r_n}\right)$   
то при доминанте ~~...~~ парам объёма  $V$  она увеличивается  
расширяться, т.е. работа по расширению равна 0, разность  
температур ~~...~~ с окружающей <sup>внешней</sup> средой нет, а значит  
и теплосодержания. Процесс односторонний и  
процессный, что водит к тому, что все характеристики  
уже пара премают уменьшаться.