

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

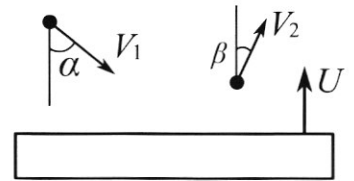
Класс 11

Вариант 11-02

Шифр

(заполняется секретарём)

1. Массивная плита движется с постоянной скоростью U вертикально вверх. К плите подлетает шарик, имеющий перед ударом скорость $V_1 = 6$ м/с, направленную под углом α ($\sin \alpha = \frac{2}{3}$) к вертикали (см. рис.). После неупругого удара о гладкую горизонтальную поверхность плиты шарик отскакивает со скоростью V_2 , составляющей угол β ($\sin \beta = \frac{1}{3}$) с вертикалью.



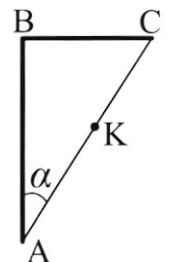
- 1) Найти скорость V_2 .
- 2) Найти возможные значения скорости плиты U при таком неупругом ударе.

Действие силы тяжести за малое время удара не учитывать. Ответы допустимы через радикалы из целых чисел.

2. Цилиндрический теплоизолированный горизонтально расположенный сосуд разделен на два отсека теплопроводящим поршнем, который может перемещаться горизонтально без трения. В первом отсеке находится гелий, во втором – неон, каждый газ в количестве $\nu = 6/25$ моль. Начальная температура гелия $T_1 = 330$ К, а неона $T_2 = 440$ К. Температуры газов начинают медленно выравниваться, а поршень начинает медленно двигаться. Оба газа одноатомные, газы считать идеальными. $R = 8,31$ Дж/(моль К).

- 1) Найти отношение начальных объемов гелия и неона.
- 2) Найти установившуюся температуру в сосуде.
- 3) Какое количество теплоты передал неон гелию?

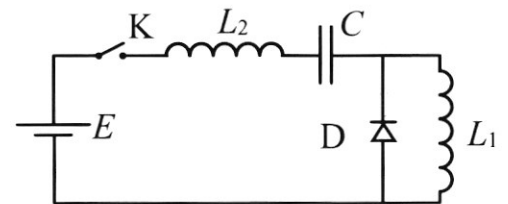
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины АВ и ВС перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром В. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру В.



1) Пластина ВС заряжена с постоянной поверхностной плотностью заряда. Угол $\alpha = \pi/4$. Во сколько раз увеличится напряженность электрического поля в точке К на середине отрезка АС, если пластину АВ тоже зарядить с такой же поверхностной плотностью заряда?

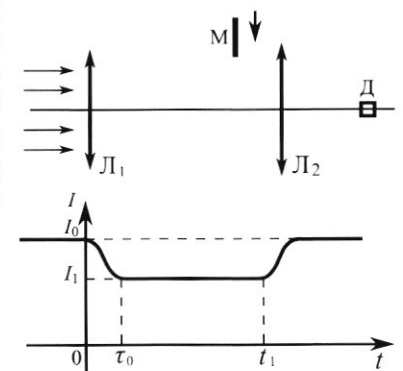
2) Пластины ВС и АВ заряжены положительно с поверхностной плотностью заряда $\sigma_1 = 4\sigma$, $\sigma_2 = \sigma$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/8$. Найти напряженность электрического поля в точке К на середине отрезка АС.

4. Электрическая цепь собрана из идеальных элементов: источника с ЭДС E , катушек с индуктивностями $L_1 = 3L$, $L_2 = 2L$, конденсатора емкостью C , диода D (см. рис.). Ключ K разомкнут, конденсатор не заряжен, тока в цепи нет. После замыкания ключа возникают колебания тока в L_2 .



- 1) Найти период T этих колебаний.
- 2) Найти максимальный ток I_{01} , текущий через катушку L_1 .
- 3) Найти максимальный ток I_{02} , текущий через катушку L_2 .

5. Оптическая система состоит из двух соосных тонких линз L_1 и L_2 (см. рис.) с фокусными расстояниями F_0 и $F_0/3$, соответственно. Расстояние между линзами $1,5F_0$. Диаметры линз одинаковы и равны D , причем D значительно меньше F_0 . На линзу L_1 падает параллельно оси системы пучок света с одинаковой интенсивностью в сечении пучка. Прошедший через обе линзы свет фокусируется на фотодетекторе D , на выходе которого сила тока пропорциональна мощности падающего на него света. Круглая непрозрачная мишень M , плоскость которой перпендикулярна оси системы, движется с постоянной скоростью перпендикулярно оси системы так, что центр мишени пересекает ось на расстоянии $5F_0/4$ от L_1 . На рисунке показана зависимость тока I фотодетектора от времени t (секундомер включен в момент начала уменьшения тока). $I_1 = 8I_0/9$.



- 1) Найти расстояние между линзой L_2 и фотодетектором.
- 2) Определить скорость V движения мишени. 3) Определить t_1 .

Известными считать величины F_0 , D , τ_0 .

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1) Дано:

$V_1 = 6 \text{ м/с}$

$\sin \alpha = 2/3$

$\sin \beta = 1/3$

$V_2 = ?$

$U = ?$

ОХ: $\sin \alpha \cdot V_1 = \sin \beta \cdot V_2 \Leftrightarrow V_2 = \frac{\sin \alpha \cdot V_1}{\sin \beta} \Leftrightarrow V_2 = 2 \cdot 6 \text{ м/с} \Leftrightarrow V_2 = 12 \text{ м/с}$

ОУ: $\vec{V}_1 \cos \alpha + U = V_2 \cos \beta - U$ (где $V_1 \cos \alpha$ — скорость проекция, $V_2 \cos \beta$ — скорость проекция)

$\Leftrightarrow U = \frac{V_2 \sqrt{1 - \sin^2 \beta} - V_1 \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}}{2} \Leftrightarrow U = \frac{12 \sqrt{1 - 1/9} - 6 \sqrt{1 - 4/9}}{2}$

$\Leftrightarrow U = 6 \cdot \frac{2\sqrt{2}}{3} - 3 \cdot \frac{\sqrt{5}}{3} \Leftrightarrow U = 4\sqrt{2} - \sqrt{5} \text{ м/с}$

Ответ: $V_2 = 12 \text{ м/с}$ $U = 4\sqrt{2} - \sqrt{5} \text{ м/с}$

2) Дано:

$V = \frac{6}{25} \text{ мм/с}$

$T_1 = 330 \text{ К}$

$T_2 = 440 \text{ К}$

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

$M(\text{He}) = 4 \text{ г/моль}$

$M(\text{Ne}) = 20 \text{ г/моль}$

а) $p = \text{const}$ V_0 — объем всего сосуда

$p \cdot V(\text{He}) = \nu \cdot R \cdot T_1$

$p \cdot V(\text{Ne}) = \nu \cdot R \cdot T_2$

$\Rightarrow V(\text{He}) : V(\text{Ne}) = T_1 : T_2 \Rightarrow V(\text{He}) : V(\text{Ne}) = 3 : 4$

б) \vec{V} — как температуры сравняются и станут равными T_0

$V'(\text{He}) : V'(\text{Ne}) = 1 : 1$ \vec{V}_0 — $V'(\text{He}) = V'(\text{Ne}) = V_0/2$

а) $V(\text{He}) : V(\text{Ne}) = ?$

б) $T_0 = ?$

в) $Q = ?$

$V_0 = \frac{7}{6} \cdot V(\text{He})$ $V_0 = \frac{7}{8} \cdot V(\text{Ne})$

$p = \text{const}$

$p \cdot V_0 = \frac{7}{6} \cdot \nu \cdot R \cdot T_0$

$p \cdot V_0 = \frac{7}{8} \cdot \nu \cdot R \cdot T_0$

$p \cdot V_0 = \nu \cdot R \cdot T_0$

$p \cdot V_0 = \nu \cdot R \cdot T_0$

γ) Q_1 — тепло, переданное газу, \vec{V} — как температура сравняется и станут равными T_0

Q_2 — тепло, переданное газу, не происходит, $Q_1 = Q_2 = Q$ $Q_1 + Q_2 = 0$

$Q_1 = Q_2 = Q$

$$Q_1 = \Delta U_1 \cdot A_1 = \frac{i}{2} \cdot \nu \cdot R \cdot (T_2 - T_0) + p \Delta V$$

$$Q_2 = \Delta U_2 \cdot A_2 = \frac{i}{2} \cdot \nu \cdot R \cdot (T_0 - T_1) + p \Delta V$$

$$Q_1 = Q_2 \quad \text{в.е.} \quad T_2 - T_0 = T_0 - T_1 \Rightarrow T_0 = \frac{T_1 + T_2}{2}$$

(в) $T_0 = 385 \text{ K}$

$$\text{в) } Q = \Delta U_1 \cdot A_1 = \frac{i}{2} \cdot \nu \cdot R \cdot (T_2 - T_0) - p \Delta V$$

$$i = 3$$

$$p = \frac{\nu \cdot R \cdot T_2}{V(N_2)}$$

$$\Delta V = V_2 - V_0$$

\Rightarrow

$$\Rightarrow Q = \frac{3}{2} \cdot \frac{6}{25} \cdot 8,31 \cdot 55 - \frac{6/25 \cdot 8,31 \cdot 440}{8} = \frac{6}{25} \cdot 8,31 \cdot (27,5 \cdot 3 - 27,5) = \frac{11 \cdot 6 \cdot 8,31}{5} = 110 \text{ Дж}$$

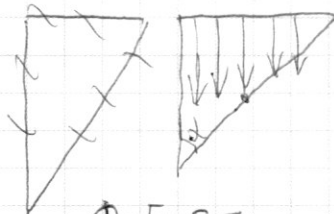
Ответ: $Q = 110 \text{ Дж}$.

3) 1) Дано:

$$\alpha = 544 = 45^\circ$$

$\sigma = \text{const}$

$$\frac{k_1}{k_0} = \frac{E'}{E} = ?$$



$$\Phi = E \cdot S$$

$$\sigma = \frac{q}{S}$$

$$E = \frac{\Phi}{S} = \nu \quad E = k \cdot \frac{q}{r^2}$$

$$\sigma = \frac{q}{S}$$

$$S \sim r^2$$

$$E' = \sqrt{\left(\frac{k \cdot q}{r^2}\right)^2 + \left(\frac{k \cdot q}{r^2}\right)^2} = \sqrt{2} \cdot E$$

$$E' = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = \sqrt{2} \cdot E \Rightarrow \frac{E'}{E} = \sqrt{2}$$

$$E_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ КВ/м}^2$$

- электр. постоянная

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{S_2}{S_1}$$

$$S(AB) = S(BC)$$

E_1 - комп. BC
 E_2 - комп. AB

по м. формула Ответ: $\frac{E'}{E} = \sqrt{2}$

$$E_2 = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

$$\Rightarrow E' = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = \sqrt{2} \cdot E \Rightarrow \frac{E'}{E} = \sqrt{2}$$

$$E_1 = E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = E_2$$

Ответ: $\frac{E'}{E} = \sqrt{2}$

ΔU_1 - изменение внутр. энергии
неона (мольно)

ΔU_2 - малое изменение внутр.
энергии неона

i - кол-во степеней свободы = 3

ΔV - изменение объема
у неона и у неона

A_1 - площадь, соприкасающаяся
неона

A_2 - площадь, соприкасающаяся
неона

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3) ② Дано:

$\sigma_1 = 4\sigma$
 $\sigma_2 = \sigma$
 $\alpha = \arctan 4 = 22,5^\circ$

$E = ?$

$\cos 22,5^\circ = \frac{\sqrt{1+\sqrt{2}}}{2}$ $\sin 22,5^\circ = \frac{\sqrt{1-\sqrt{2}}}{2}$ $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Кл}^2}{\text{м}^2 \cdot \text{В}}$

$$E = \sqrt{\left(\frac{\sigma_1}{\epsilon_0}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_2}{\epsilon_0}\right)^2} = \sqrt{\frac{16\sigma^2 + \sigma^2}{\epsilon_0^2}} = \frac{\sqrt{17} \cdot \sigma}{8,85 \cdot 10^{-12}}$$

Ответ: $E = \frac{\sqrt{17} \cdot \sigma \cdot 10^{12}}{8,85}$

4) Дано:

$L_1 = 3L$
 $L_2 = 2L$
 C, E

$T = ?$
 $I_{01} = ?$
 $I_{02} = ?$

Плюс ко всему E — это ЭДС постоянного тока, а постоянный ток не течёт через конденсатор, но постоянного тока в цепи нет, а переменный ток идёт в обе стороны и проходит через диод, ток идёт через L_1 так же течёт

$Z = \sqrt{X_L^2 + X_C^2}$ $Z = |X_L - X_C|$

$X_L = \omega \cdot L_2$ $\begin{cases} X_L = \sqrt{L/C} \\ X_C = \sqrt{L^3/C} \end{cases}$

$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C}$

$\omega = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}}$

Ответ: $T = 2\sqrt{2} \sqrt{L \cdot C}$
 $I_{01} = 0 \text{ А}$
 $I_{02} = \frac{E}{2\sqrt{2}} \cdot \sqrt{\frac{C}{L}}$

5) Дано:

F_0, D, τ_0

$I_1 = \frac{8 \cdot I_0}{9}$

$|O_1 F_1| = F_0$

$|O_2 F_2| = F_0/3$

$|O_1 M| = \frac{5}{4} \cdot F_0$

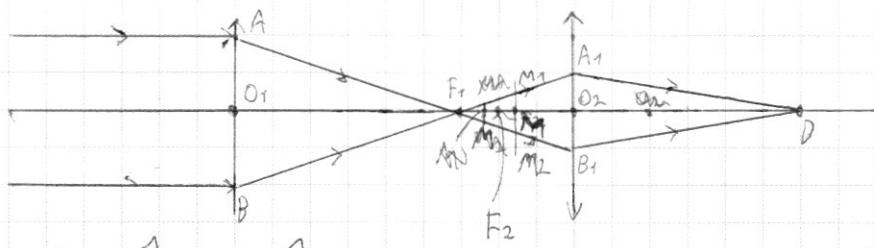
$|O_1 O_2| = \frac{3}{2} \cdot F_0$

$|AB| = D$

$|O_2 D| = ?$

$V = ?$

$t_1 = ?$



① $A \hat{F}_1 B = A_1 \hat{F}_1 B_1$
 $|AB| \parallel |A_1 B_1| \Rightarrow \hat{A} B \hat{F}_1 = \hat{B}_1 A_1 \hat{F}_1$
 $\Rightarrow \triangle A F_1 B \sim \triangle A_1 F_1 B_1 \Rightarrow \frac{|A_2 B_1|}{|AB|} = \frac{|F_1 D|}{|F_0 D|}$
 $\Leftrightarrow \frac{|A_2 B_1|}{|AB|} = \frac{1.5 \cdot F_0 - F_0}{F_0} \Leftrightarrow |A_1 B_1| = \frac{|AB|}{2}$
 $\Leftrightarrow |A_1 B_1| = D/2$

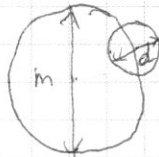
$|O_1 M| = \frac{5}{4} \cdot F_0 \Rightarrow |M O_2| = \frac{|O_2 F_1|}{2}$
 $|O_1 O_2| = \frac{3}{2} \cdot F_0 \quad (M_1, M_2) \parallel (A_1 B_1) \Rightarrow [M_1, M_2] - \text{сеп. моменты } \triangle A_1 F_1 B_1 \Rightarrow$
 $\Rightarrow |M_1, M_2| = \frac{|A_1 B_1|}{2}$
 $\Leftrightarrow |M_1, M_2| = D/4$

② $\neq A_2 \quad \left\{ \begin{array}{l} d = |F_1 O_2| = F_0/2 \\ F = F_0/3 \\ F = |O_2 D| \end{array} \right.$

$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \Leftrightarrow F = \frac{d \cdot f}{d + f}$
 $\Leftrightarrow F = \frac{F_0/6}{F_0/6} \Leftrightarrow F = \frac{F_0^2/6}{F_0/6} \Leftrightarrow F = F_0$

$\text{Ил.о. } |O_2 D| = F_0$

③ $V = \frac{d}{\tau_0}$
 $d - \text{граница вращения, } m - \text{граница вращения } \theta$
 $d = \sqrt{\frac{I_0 - I_1}{I_0}} = \frac{1}{3} \cdot m = \frac{m}{3}$
 $m - \text{м-м-м } \theta \text{ и } M_1, \text{ напр. вращения}$



$m = |M_1, M_2| = D/4$

$\text{Ил.е. } d = D/12, \text{ Итого } V = \frac{D}{\tau_0 \cdot 12}$

④ $\tau_1 = \frac{m}{V} = \frac{D/4}{D/(\tau_0 \cdot 12)} = 3 \cdot \tau_0$

Итого $|O_2 D| = F_0$
 $V_1 = \frac{D}{\tau_0 \cdot 12}$
 $t_1 = 3 \cdot \tau_0$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1)

$$\sin \alpha \cdot V_1 = \sin \beta \cdot V_2 \Leftrightarrow V_2 = \frac{\sin \alpha \cdot V_1}{\sin \beta} = 12 \text{ м/с}$$

2) $\cos \alpha \cdot V_1 \cdot m =$ $V_2 \cdot m$

$$V_1 \cdot \cos \alpha = V_2$$

$\cos \alpha$

$$V_1 \cdot \cos \alpha + u = V_2 \cdot \cos \beta - u \Leftrightarrow u = \frac{V_2 \cdot \sqrt{1 - \sin^2 \beta} - V_1 \cdot \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}}{2}$$

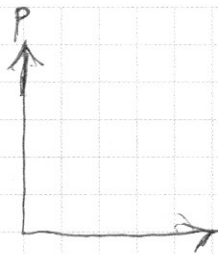
$$\Leftrightarrow u = \frac{12 \cdot \sqrt{1 - 1/9} - 6 \cdot \sqrt{1 - 4/9}}{2} \Leftrightarrow u = 3 \cdot \left(\sqrt{1 - 1/9} - \sqrt{1 - 4/9} \right) \Leftrightarrow u = \frac{12\sqrt{2}}{3} - \frac{3\sqrt{5}}{3}$$

$$\Leftrightarrow u = 4\sqrt{2} - \sqrt{5}$$

2)

$M(\text{He}) = 4$ $M(\text{Ne}) = 20$
 $R = 8,37 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$
 $T_1 = 330 \text{ К}$
 $T_2 = 420 \text{ К}$
 $Q = \Delta U + A$

$p = \text{const}$
 $p \cdot V_{\text{He}} = \nu \cdot R \cdot T_1$
 $p \cdot V_{\text{Ne}} = \nu \cdot R \cdot T_2$
 $V_{\text{He}} : V_{\text{Ne}} = T_1 : T_2 = 3 : 4$
 $V_0 = V_{\text{He}} = \frac{7}{6}$
 $V_0 = V_{\text{Ne}} = \frac{7}{8}$



$$R = \sqrt{P}$$

$$P \frac{J \cdot R \cdot T_1}{V_1} = \frac{J \cdot R \cdot T_2}{V_2} =$$

$$\sin^2 22,5 = \frac{1 - \cos \alpha}{2}$$

$$\Rightarrow \sin 22,5 = \frac{\sqrt{1 - \cos \alpha}}{2}$$

$$Q(\text{He}) = 2U(\text{He}) - 2 \cdot \sin$$

$$P \cdot \alpha V = J \cdot R \cdot T_2 \cdot \frac{V(\text{He}) + V_0}{V(\text{He})} = J \cdot R \cdot T_2 \cdot \left(1 + \frac{V_0}{V(\text{He})}\right)$$

$$\frac{\sqrt{2 - \sqrt{2}}}{4} =$$

$$= \frac{\sqrt{2 - \sqrt{2}}}{2}$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ 831 \\ \hline 66 \\ \hline 4986 \\ 4986 \\ \hline 54846 \\ 5 \\ \hline 48 \\ 45 \\ \hline 34 \\ 30 \\ \hline 46 \end{array}$$

$$1 - 2 \sin^2 22,5 = \frac{\sqrt{2}}{2} \quad (*)$$

$$E = \frac{k \cdot q}{r^2} = k \cdot \sigma$$

$$1 - \frac{2 + \sqrt{2}}{4} = \frac{\sqrt{2}}{4} + \frac{2}{4}$$

$$\sigma = \frac{q}{S}$$



$$E = \frac{1}{\epsilon_0} \cdot \sigma$$

$$109,7$$

$$109,7$$

$$E =$$

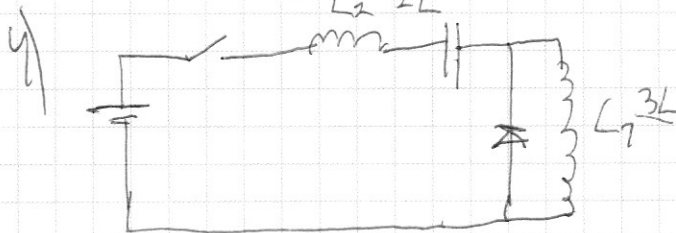
0,02

$$\frac{k \cdot \sigma \cdot c^2}{m^2 \cdot s^2}$$

3) $E_1 \sim \frac{q}{r^2}$

$$Z = |X_C - X_L|$$

$$\frac{k \cdot \sigma \cdot c^2}{m^2 \cdot s^2}$$



$$\frac{B}{m^3}$$

$$T = 2\pi \sqrt{L \cdot C} =$$

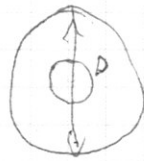
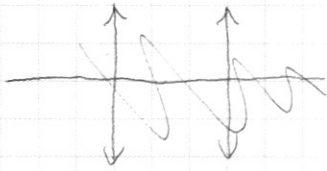
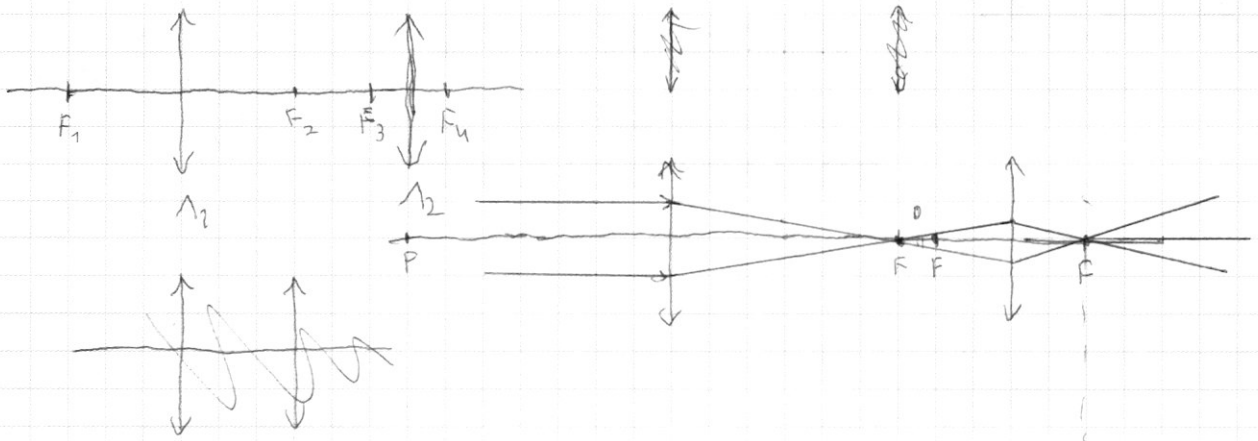
$$L = \frac{B}{\mu_0 \cdot I} \cdot \frac{2\pi}{\omega}$$

$$\frac{B}{m^3}$$

$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C} \quad X_L = \omega \cdot L$$

$$\frac{R \cdot \sigma \cdot R^2}{R^2 + r^2} = \frac{k \cdot \sigma}{\epsilon_0 \cdot \epsilon}$$

$$I_{01} = \frac{\epsilon \cdot \sqrt{2}}{Z}$$



$$D/12$$

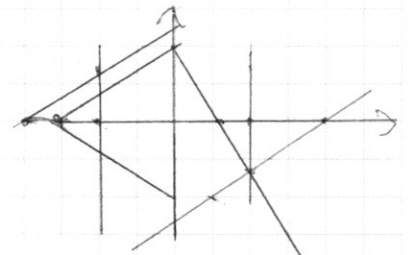
$$\frac{\times 12}{708}$$

se.

$$d = \frac{D}{708}$$

$$V = \frac{d}{\tau_0} = \frac{D}{\tau_0 \cdot 708}$$

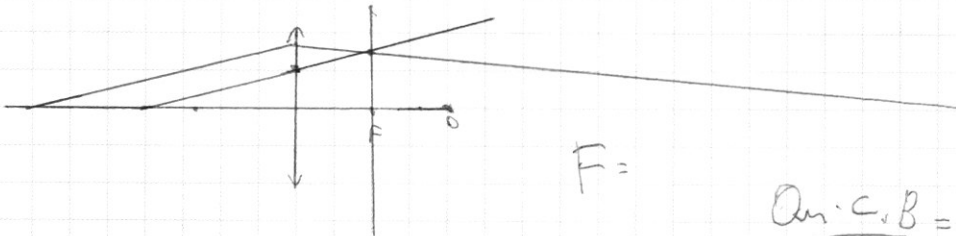
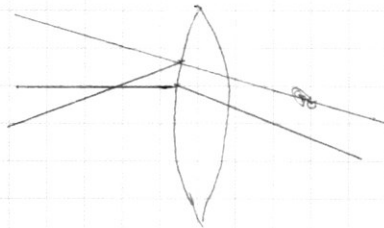
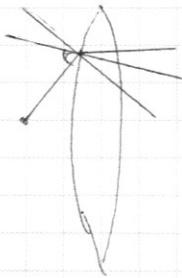
$$t_1 =$$



$$\frac{1}{F} = \frac{1}{1.5 \cdot F} + \frac{31}{2 \cdot F} =$$

or

$$\frac{1}{F_0} = \frac{1}{F_0} + \frac{1}{F} \quad \ominus$$



$$F =$$

$$\frac{A_m \cdot C_0 \cdot B}{k_1} =$$

=



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ)»

--

ШИФР
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

--

черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)