Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

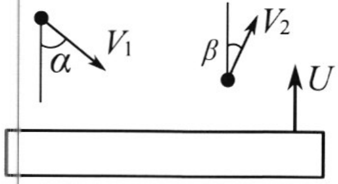
Класс 11

Вариант 11-03

Шифр

(заполняется секретарём)

1. Массивная плита движется с постоянной скоростью U вертикально вверх. К плите подлетает шарик, имеющий перед ударом скорость V_1 = 12 м/с, направленную под углом $\alpha \left(\sin\alpha = \dfrac{1}{2} \right)$ к вертикали (см. рис.). После неупругого удара о гладкую горизонтальную поверхность плиты шарик отскакивает со скоростью V_2, составляющей угол $\beta \left(\sin\beta = \dfrac{1}{3} \right)$ с вертикалью.



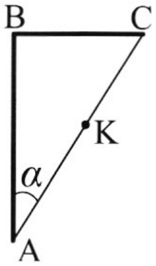
1) Найти скорость V_2.
2) Найти возможные значения скорости плиты U при таком неупругом ударе.

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 водород, во втором – азот, каждый газ в количестве $\nu = 6/7$ моль. Начальная температура водорода T_1 = 350 К, а азота T_2 = 550 К. Температуры газов начинают медленно выравниваться, а поршень начинает медленно двигаться. Газы считать идеальными с молярной теплоемкостью при постоянном объеме $C_V = 5R/2$. R = 8,31 Дж/(моль·К).

1) Найти отношение начальных объемов водорода и азота.
2) Найти установившуюся температуру в сосуде.
3) Какое количество теплоты передал азот водороду?

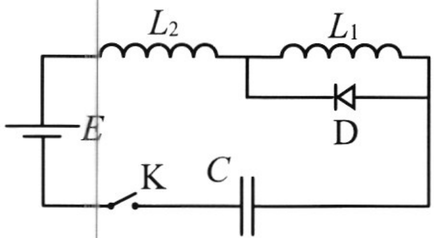
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины AB и BC перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром B. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру B.



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

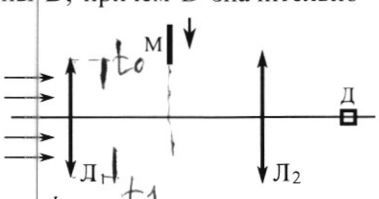
2) Пластины BC и AB заряжены положительно с поверхностной плотностью заряда $\sigma_1 = 3\sigma, \sigma_2 = \sigma$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/5$. Найти напряженность электрического поля в точке K на середине отрезка AC.

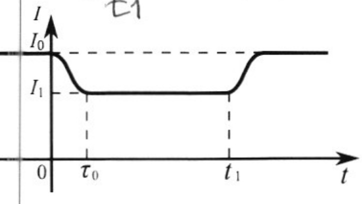
4. Электрическая цепь собрана из идеальных элементов: источника с ЭДС E, катушек с индуктивностями $L_1 = 4L$, $L_2 = 3L$, конденсатора емкостью C, диода D (см. рис.). Ключ K разомкнут, конденсатор не заряжен, тока в цепи нет. После замыкания ключа возникают колебания тока в L_1.



1) Найти период T этих колебаний.
2) Найти максимальный ток I_{M1}, текущий через катушку L_1.
3) Найти максимальный ток I_{M2}, текущий через катушку L_2.

5. Оптическая система состоит из двух соосных тонких линз Л$_1$ и Л$_2$ (см. рис.) с фокусными расстояниями $3F_0$ и F_0, соответственно. Расстояние между линзами $2F_0$. Диаметры линз одинаковы и равны D, причем D значительно меньше F_0. На линзу Л$_1$ падает параллельно оси системы пучок света с одинаковой интенсивностью в сечении пучка. Прошедший через обе линзы свет фокусируется на фотодетекторе Д, на выходе которого сила тока пропорциональна мощности падающего на него света. Круглая непрозрачная мишень М, плоскость которой перпендикулярна оси системы, движется с постоянной скоростью перпендикулярно оси системы так, что центр мишени пересекает ось на расстоянии F_0 от Л$_1$. На рисунке показана зависимость тока I фотодетектора от времени t (секундомер включен в момент начала уменьшения тока). $I_1 = 5I_0/9$.





1) Найти расстояние между линзой Л$_2$ и фотодетектором.
2) Определить скорость V движения мишени. 3) Определить t_1.

Известными считать величины F_0, D, τ_0.

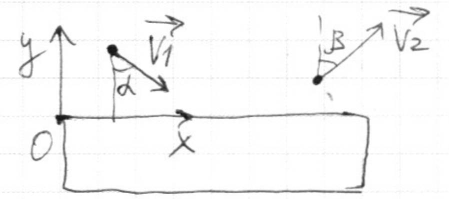
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1.

1) Так как поверхность плиты гладкая, то сила трения действующая на шарик равна нулю, $F_x=0$.



$$m\frac{dV_x}{dt}=F_x=0; \Rightarrow dV_x=0 \Rightarrow V_x=const.$$

$$V_1\sin\alpha=V_2\sin\beta$$

$$V_2=\frac{V_1\sin\alpha}{\sin\beta}=12\cdot\frac{1}{2}\cdot3=\boxed{18\,м/с}.$$

2)

Переходим в инерциальную систему отсчёта плиты:

$\cancel{V_{1y}'}$ 1: $\vec{V_1}=\vec{V_1'}+\vec{U}$

OY: $-V_1\cos\alpha=V_{1y}'+U$;

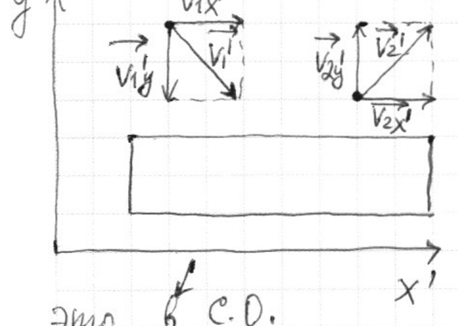
$V_{1y}'=-(V_1\cos\alpha+U)$

OX: $V_1\sin\alpha=V_{1x}'$

2: $\vec{V_2}=\vec{V_2'}+\vec{U}$;

OY: $V_2\cos\beta=V_{2y}'+U$; $\Rightarrow$ $V_{2y}'=V_2\cos\beta-U$;

OX: $V_2\sin\beta=V_{2x}'$



Это в С.О. связанная с плитой

Так как удар неупругий, то кинетическая энергия после удара должна быть меньше кин. энергии до удара в С.О. плиты.

$$\frac{mV_2'^2}{2}<\frac{mV_1'^2}{2}\Rightarrow V_2'^2<V_1'^2$$

$V_{2y}'^2<V_{1y}'^2$, т.к. $V_{1x}'=V_{2x}'$

$|V_{2y}|<|V_{1y}|$

~~№2~~ №1. Продолжение:

$|v_{2y}'| < |v_{1y}'|$

$v_2 \cos\beta - u < v_1 \cos\alpha + u$;

$$u > \frac{v_2\cos\beta - v_1\cos\alpha}{2};$$

$$\cos\beta = \sqrt{1 - \frac{1}{3^2}} = \frac{2\sqrt{2}}{3} = \frac{2\cdot 1{,}41}{3} = \frac{2{,}82}{3};$$

$$\cos\alpha = \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{1{,}75}{2};$$

~~$u > 18$~~ $u > \left(\frac{v_1 \sin\alpha \cos\beta}{\sin\beta} - v_1\cos\alpha\right)\frac{1}{2} =$ ~~$\left(18\cdot\frac{1{,}75}{2} - 12\cdot\frac{1{,}75}{2}\right)$~~

$$= \left(18\cdot\frac{2{,}82}{3} - 12\cdot\frac{1{,}75}{2}\right)\frac{1}{2} = 3{,}21 \text{ м/с}$$

$u > 3{,}21$ м/с

С другой стороны v_{2y}' – не может быть меньше нуля поэтому $v_2\cos\beta - u > 0$

$$u < v_2\cos\beta = \frac{v_1\sin\alpha}{\sin\beta}\cdot\cos\beta = 18\cdot\frac{2{,}82}{3} = 16{,}92 \text{ м/с}$$

$16{,}92$ м/с $> u > 3{,}21$ м/с

Ответ: 1) $v_2 = 18$ м/с

2) $16{,}92$ м/с $> u > 3{,}21$ м/с

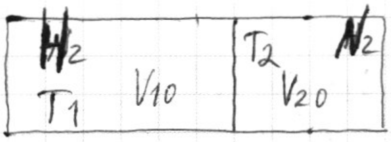
☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2



1) $\begin{cases} P_0 V_{10} = \nu R T_1 \\ P_0 V_{20} = \nu R T_2 \end{cases} \Rightarrow \frac{V_{10}}{V_{20}} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{350}{550} = \frac{7}{11};$

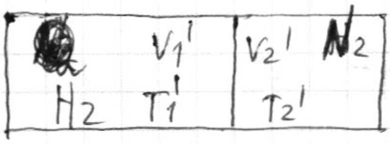
$\frac{V_{20}}{V_{10}} = \frac{11}{7} = 1{,}57$

2) Так как сосуд теплоизолированный, то мы можем написать уравнение теплового баланса.

$C_V \nu (T - T_1) + C_V \nu (T - T_2) = 0$

$T = \frac{T_1 + T_2}{2} = 450K$

3)



Пусть V_2' и V_1' объёмы азота и водорода соответственно в произвольный момент времени. Пусть P – давление газов в произвольный момент времени. Также T_1' и T_2' их температуры в произв. момент времени.

~~$PV_1' =$~~

~~$PV_1' = \nu R$~~

$\begin{cases} PV_1' = \nu R T_1' \\ PV_2' = \nu R T_2' \end{cases} \rightarrow P(V_1' + V_2') = \nu R (T_1' + T_2')$

$P = \frac{\nu R (T_1' + T_2')}{V_1' + V_2'} = \frac{\nu R (T_1' + T_2')}{V_{общ}}$

Ур-е теплового баланса в произвольный момент:

$C_V \nu (T_1' - T_1) + C_V \nu (T_2' - T_2) = 0$

$T_1' + T_2' = T_1 + T_2 = const$, тогда $P = \frac{\nu R (T_1 + T_2)}{V_{общ}}$

№2: Продолжение;

$$dQ_2 = PdV_2 + dU_2 = \frac{\nu R(T_1+T_2)}{V_{общ}} \cdot dV_2 + c_V \nu dT_2;$$

$$Q_1 = \frac{\nu R(T_1+T_2)}{V_{общ}} \cdot (V_{1к} - V_{10}) + c_V \nu (T - T_1) \quad (1)$$

$$\begin{cases} P_к V_{1к} = \nu RT \\ P_0 V_{10} = \nu RT_1 \end{cases} \rightarrow \frac{P_к V_{1к}}{P_0 V_{10}} = \frac{T}{T_1} \Rightarrow V_{1к} = \frac{V_{10} T}{T_1} = \frac{V_{10}(T_1+T_2)}{2T_1} \quad (2)$$

$$V_{общ} = V_{10} + V_{20} = \frac{11}{7} V_{10} + V_{10} = \frac{18 V_{10}}{7} \quad (3)$$

Поставим (2) и (3) в (1):

$$Q_1 = \frac{\nu R(T_1+T_2)}{\frac{18V_{10}}{7}} \cdot \left(\frac{V_{10}(T_1+T_2)}{2T_1} - V_{10}\right) + c_V \nu \left(\frac{T_1+T_2}{2} - T_1\right) =$$

$$= \nu R(T_1+T_2) \cdot \frac{7}{18} \cdot \frac{T_2-T_1}{2T_1} + \frac{\nu(T_2-T_1)}{2} \cdot \frac{5R}{2} =$$

$$= \frac{\nu R(T_2-T_1)}{2}\left(\frac{7(T_1+T_2)}{18T_1} + \frac{5}{2}^{9T_1}\right) = \frac{\nu R(T_2-T_1)\cdot(7T_2+52T_1)}{36T_1} = 2493 \text{ Дж}$$

Ответ: 1) $\frac{V_{20}}{V_{10}} = \frac{11}{7} = 1{,}57$; 2) $T = \frac{T_1+T_2}{2} = 450$ K

3) $Q_1 = \frac{\nu R(T_2-T_1)(7T_2+52T_1)}{36T_1} = 2493$ Дж

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

№2. Продолжение:

$$dQ_2 = p\,dV_2 + dU_2 = \frac{\nu R(T_1+T_2)\,dV_2}{V_{общ}} + C_V \nu\, dT_2$$

$$Q_2 = \frac{\nu R(T_1+T_2)(V_{2k}-V_{20})}{V_{общ}} + C_V\nu(T-T_2) \quad (1)$$

$$\begin{cases} p_k V_{2k} = \nu R T \\ p_0 V_{20} = \nu R T_2 \end{cases} \longrightarrow \frac{p_k V_{2k}}{p_0 V_{20}} = \frac{T}{T_2} \Longrightarrow V_{2k} = \frac{V_{20}(T_1+T_2)}{2T_2} \quad (2)$$

$$V_{общ} = V_{10} + V_{20} = \frac{T_1 V_{20}}{T_2} + V_{20} = \frac{V_{20}(T_1+T_2)}{T_2} \quad (3)$$

Поставим (2) и (3) в (1):

$$Q_2 = \nu R(T_1+T_2)\cdot\frac{T_2}{V_{20}(T_1+T_2)}\cdot\left(\frac{V_{20}(T_1+T_2)}{2T_2} - V_{20}\right) + C_V\nu\left(\frac{T_1+T_2}{2} - T_2\right) =$$

$$= \frac{\nu R T_2}{V_{20}}\cdot\frac{V_{20}\cdot(T_1-T_2)}{2T_2} + \frac{C_V\nu(T_1-T_2)}{2} = \cancel{\nu(T_1+} \frac{\nu(T_1-T_2)}{2}\cdot(R+C_V) =$$

$$= \frac{C_p(T_1-T_2)\nu}{2} = \frac{7\nu R(T_1-T_2)}{4} = \frac{7}{4}\cdot\frac{6}{7}\cdot 8{,}31\cdot(-200) = -2493\ Дж$$

теплота, которую азот даёт $Q' = -Q_2 = 2493$ Дж.

Ответ: 1) $\frac{V_{20}}{V_{10}} = \frac{11}{7} = 1{,}57$ 2) $T = \frac{T_1+T_2}{2} = 450K$

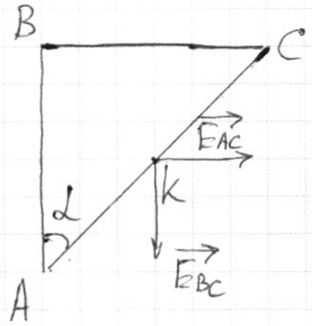
3) $Q' = -Q_2 = -\frac{7\nu R(T_1-T_2)}{4} = 2493$ Дж.

☐ черновик ☑ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

№3.

1)



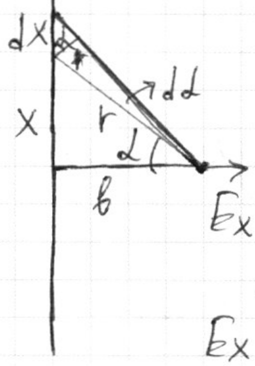
Так как в первом случае $\alpha = 45^0$, то ~~д~~ пластины AB и BC совсем одинаковые, и их поля равны, но взаимно перпендикулярны. $E_{AB} = E_{BC}$

$$E_k = \sqrt{E_{AC}^2 + E_{BC}^2} = \sqrt{2}\cdot E_{AC} = \sqrt{2}\cdot E_{BC}$$

$$\eta = \frac{E_k}{E_{BC}} = \sqrt{2} = 1{,}41 \text{ раза.}$$

2) Рассмотрим сначала пластину BC и найдём его поле в точке k:

Сначала найдём поле от бесконечно длинной нити в некоторой точке:

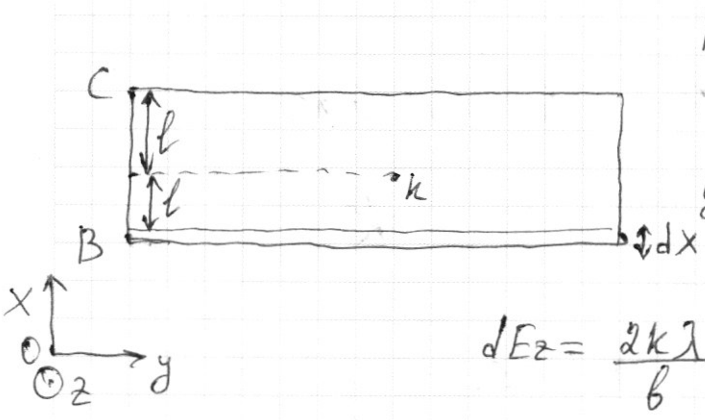


$dx\cos\alpha = r\,d\alpha$; $r\cos\alpha = b$

$$dE_x = \frac{k\,dq}{r^2}\cdot\cos\alpha = \frac{k\lambda\,dx}{r^2}\cos\alpha = \frac{k\lambda r\,d\alpha\,\cancel{\cos\alpha}}{r^2} =$$

$$= \frac{k\lambda\,\cancel{\cos\alpha}\,d\alpha}{r} = \frac{k\lambda\,d\alpha\cos\alpha}{b};$$

$$E_x = \int_{-\pi/2}^{+\pi/2}\frac{k\lambda\cos\alpha\,d\alpha}{b} = \frac{2k\lambda}{b}$$, λ - линейная плотность заряда.



K - находится на высоте h по Oz. Разделим пластину на бесконечно длинные тонкие ~~н~~ нити с толщиной dx.

$$dE_z = \frac{2k\lambda}{b}\cdot\frac{h}{\sqrt{x^2+h^2}};\quad b = \sqrt{x^2+h^2};$$

$$dE_z = \frac{2k\lambda h}{x^2+h^2}$$

☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3. Продолжение:

$\lambda = \sigma dx$

$dE_z = \frac{2k\sigma dx h}{x^2+h^2}$; $E_z = \int_{-l}^{+l} \frac{2k\sigma h\, dx}{x^2+h^2}$;

для взятия интеграла обозначим $\sin\alpha = \frac{x}{\sqrt{x^2+h^2}}$, тогда

$x^2 = \frac{\sin^2\alpha h^2}{\cos^2\alpha}$; $2x\,dx = \frac{(2\sin\alpha\cos\alpha d\alpha\cdot\cos^2\alpha + \sin^2\alpha\cdot 2\cos\alpha\cdot\sin\alpha d\alpha)h^2}{\cos^4\alpha} =$

$= \frac{2\sin\alpha\cos\alpha d\alpha h^2}{\cos^4\alpha} = \frac{2\sin\alpha d\alpha h^2}{\cos^3\alpha} \Rightarrow x\,dx = \frac{\sin\alpha d\alpha h^2}{\cos^3\alpha}$

$x = \frac{\sin\alpha h}{\cos\alpha}$; $dx = \frac{\sin\alpha d\alpha h^2}{\cos^3\alpha}\cdot\frac{\cos\alpha}{h\sin\alpha} = \frac{h\,d\alpha}{\cos^2\alpha}$

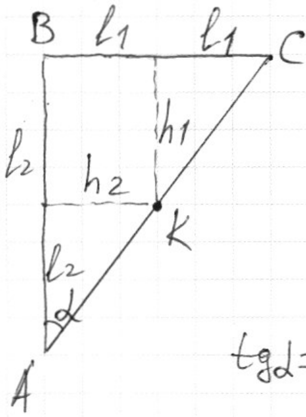
$x^2+h^2 = \frac{h^2}{\cos^2\alpha}$;

$E_z = \int_{-l}^{+l} 2k\sigma h\cdot\frac{h\,d\alpha}{\cos^2\alpha}\cdot\frac{\cos^2\alpha}{h^2} = \int_{-l}^{+l} 2k\sigma\, d\alpha = \int_{-\alpha_0}^{+\alpha_0} 2k\sigma\, d\alpha = 4k\sigma\alpha_0$

$l = \frac{\sin\alpha_0}{\cos\alpha_0}h \Rightarrow \alpha_0 = \mathrm{arctg}(l/h); \Rightarrow \boxed{\vec{E_z} = \mathrm{arctg}(l/h)\cdot 4k\sigma}$

Продолжение в стр. 7.

№3. Продолжение:



$$E_{z_1} = 4k\sigma_1 \operatorname{arctg}(l_1/h_1) = E_{BC}$$

$$E_{z_2} = 4k\sigma_2 \operatorname{arctg}(l_2/h_2) = E_{AB}$$

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{l_1}{h_1} = \frac{h_2}{l_2}; \quad \operatorname{arctg}(l_1/h_1) = \alpha$$

$$\operatorname{arctg}(l_2/h_2) = \cancel{90-\alpha} = \frac{\pi}{2} - \alpha$$

$$E_{BC} = 4k\sigma_1 \cdot \alpha;$$

$$E_{AB} = 4k\sigma_2 (\pi/2 - \alpha);$$

$$E = \sqrt{E_{AB}^2 + E_{BC}^2} = 4k\sqrt{(3\sigma\alpha)^2 + (\sigma(\pi/2-\alpha))^2} = \frac{\sqrt{(3\alpha)^2 + (\pi/2-\alpha)^2} \cdot \sigma}{\pi \varepsilon_0}$$

Ответ: ~~E~~ 1) в $\sqrt{2} = 1{,}41$ раз

2) $\cancel{E = 4k}$ $E = \frac{\sigma}{\pi\varepsilon_0} \cdot \sqrt{\left(\frac{3\pi}{5}\right)^2 + \left(\frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{5}\right)^2} =$

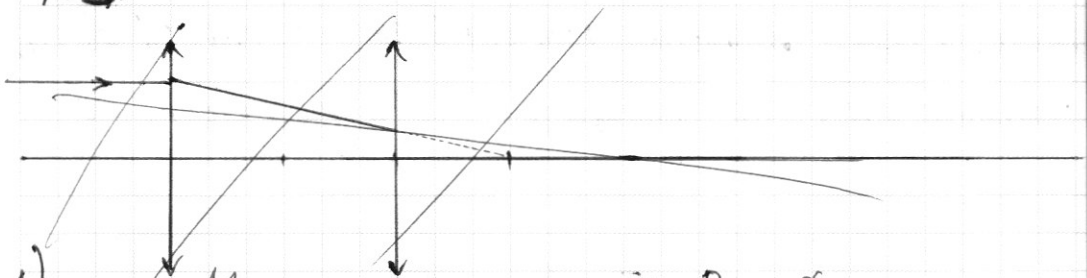
$$= \frac{\sigma\pi}{\pi\varepsilon_0} \cdot \sqrt{\frac{9^{\backslash 4}}{25} + \frac{9}{100}} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} \cdot \frac{\sqrt{45}}{10} = \frac{3\sigma\sqrt{5}}{10\varepsilon_0} = \frac{3\sigma}{2\sqrt{5}\varepsilon_0}$$

☐ черновик ☑ чистовик

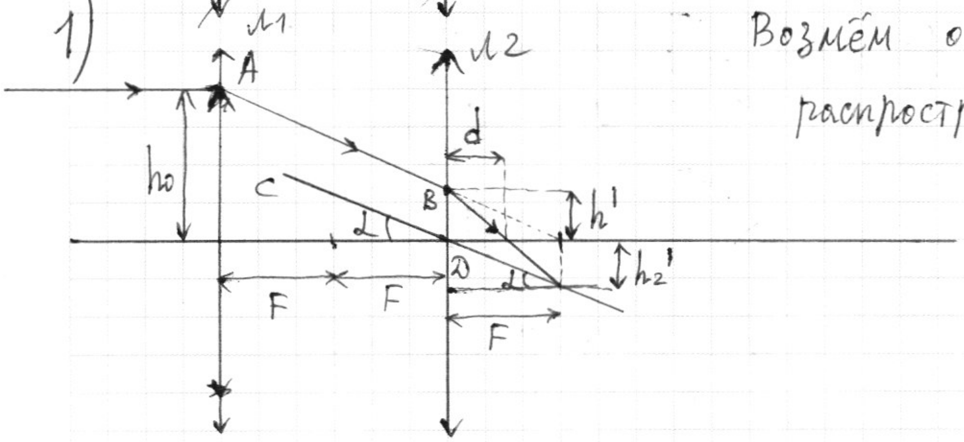
(Поставьте галочку в нужном поле)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5.



1)



Возьмём один луч и рассмотрим его распространение. Лучи $AB \parallel CD$

$tg\alpha = \dfrac{h_0}{3F}$; так как $D \ll F$, то $\alpha \approx \dfrac{h_0}{3F}$

$$\frac{h'}{F} = tg\alpha \approx \frac{h_0}{3F} \Rightarrow h' = \frac{h_0}{3}$$

$$h_2' = F\alpha = \frac{h_0}{3}.$$

Используем подобие треугольников:

$$\frac{h'}{d} = \frac{h'+h_2'}{F} \Rightarrow d = \frac{F\cdot h'}{h'+h_2'} = \frac{F\cdot h_0/3}{\frac{h_0}{3}+\frac{h_0}{3}} = \frac{F}{2}$$

Значит расстояние между линзой 1 и детектором равен $\dfrac{F}{2}$.

№5

Продолжение:

2)

$I = \frac{P}{S}$ → интенсивность равна отношению мощности на площадь. Когда мишень перекрывает часть ~~ее~~ света, то мощность уменьшается, но площадь S – в детекторе не меняется.

$I_0 \sim \frac{\pi D^2}{4}$

$\longrightarrow$ $\frac{I_0}{I_1} = \frac{D^2}{D^2-d^2}$; $(D^2-d^2)I_0 = D^2 I_1$

$I_1 \sim \frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4}$

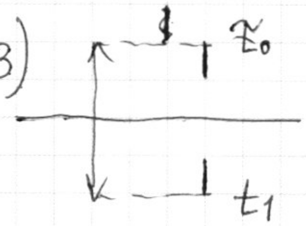
$\cancel{d^2 = -\frac{D^2 I_1}{I_0} +}$

$D^2-d^2 = \frac{D^2 I_1}{I_0}$;

$d = \sqrt{D^2\left(1-\frac{I_1}{I_0}\right)} = D \cdot \frac{2}{3}$

d – диаметр мишени

$V = \frac{d}{\tau_0} = \boxed{\frac{2D}{3\tau_0}}$

3) 

$V = \frac{D-d}{t_1-\tau_0} = \frac{D}{3(t_1-\tau_0)} = \frac{2D}{3\tau_0}$;

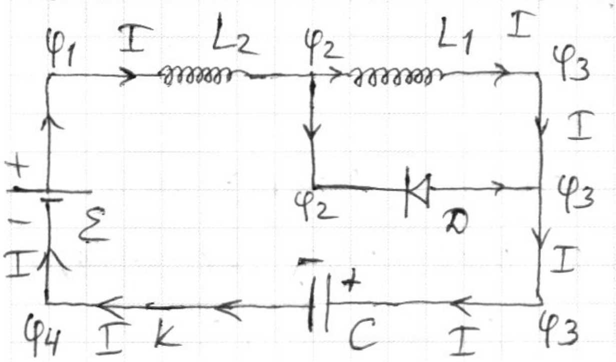
$\tau_0 = 2(t_1-\tau_0)$; $3\tau_0 = 2t_1$;

$\boxed{t_1 = \frac{3\tau_0}{2}}$

Ответ: 1) $d = \frac{r_0}{2}$; 2) $V = \frac{2D}{3\tau_0}$ 3) $t_1 = \frac{3\tau_0}{2}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4



$$\begin{cases} \varphi_1-\varphi_4=\mathcal{E} \\ \varphi_1-\varphi_2=L_2\dfrac{dI}{dt} \\ + \\ \varphi_2-\varphi_3=L_1\dfrac{dI}{dt} \\ \varphi_3-\varphi_4=\dfrac{q}{C} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \varphi_1-\varphi_4=\mathcal{E} \\ \varphi_1-\varphi_3=(L_1+L_2)\dfrac{dI}{dt} \\ + \\ \varphi_3-\varphi_4=\dfrac{q}{C} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \mathcal{E}=(L_1+L_2)\dfrac{dI}{dt}+\dfrac{q}{C}; \\ I=\dfrac{dq}{dt} \end{cases} \Rightarrow \mathcal{E}=(L_1+L_2)\ddot{q}+\frac{q}{C}; \quad C(L_1+L_2)\ddot{q}+q-C\mathcal{E}=0$$

$$\ddot{q}+\frac{q}{C(L_1+L_2)}-\frac{\mathcal{E}}{L_1+L_2}=0;$$

$$\omega=\sqrt{\frac{1}{C(L_1+L_2)}}; \quad T=\frac{2\pi}{\omega}=2\pi\sqrt{C(L_1+L_2)}$$

$$q=q_m\sin(\omega t+\varphi)+A$$

$$I=\dot{q}=q_m\omega\cos(\omega t+\varphi)$$

$I(0)=0 \Rightarrow q_m\omega\cos\varphi=0 \Rightarrow \varphi=\dfrac{\pi}{2}$

$\ddot{q}=-q_m\omega^2\sin(\omega t+\varphi)$; если $\ddot{q}=0$, то $q=A$, поставим это в наше диф. ур-е и получим: $\dfrac{A}{C(L_1+L_2)}=\dfrac{\mathcal{E}}{L_1+L_2} \Rightarrow A=C\mathcal{E};$

$q=q_m\sin(\omega t+\pi/2)+C\mathcal{E}=q_m\cos\omega t+C\mathcal{E}$

$q(0)=0 \rightarrow 0=q_m+C\mathcal{E} \rightarrow q_m=-C\mathcal{E}$

$q(t)=q_m=-C\mathcal{E}\cos\omega t+C\mathcal{E}=C\mathcal{E}(1-\cos\omega t)$; $I=\dot{q}=C\mathcal{E}\sin\omega t\cdot\omega;$

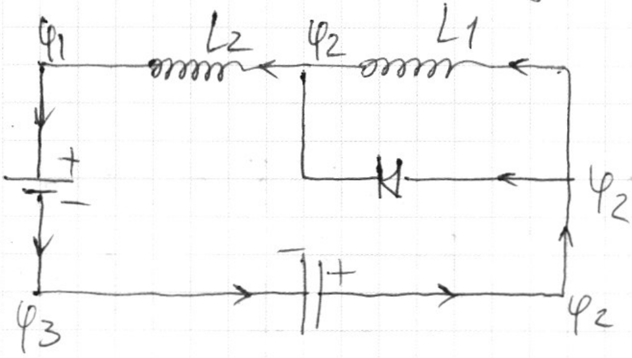
№4 Продолжение:

~~В момент, когда~~

$$U_{L_1} = L_1\dot{I} = L_1 C\mathcal{E}\omega^2\cos\omega t$$

$$I_{1max} = C\mathcal{E}\omega = \frac{C\mathcal{E}}{\sqrt{C(L_1+L_2)}} = \mathcal{E}\cdot\sqrt{\frac{C}{L_1+L_2}} = I_{M1};\quad I_{2max} = C\mathcal{E}\omega = \frac{\mathcal{E}\sqrt{C}}{\sqrt{L_1+L_2}}$$

В момент, когда через диод начнёт течь ток, у него напряжение будет равным нулю, и ток через L_1 будет постоянным. Это будет когда $\dot{I}=0$, при $I_1 = I_{M1}$, $q' = C\mathcal{E}$



$$\begin{cases} \varphi_1 - \varphi_3 = \mathcal{E} \\ \varphi_2 - \varphi_1 = L_2\dot{I}_2 \\ \varphi_2 - \varphi_3 = \dfrac{q}{C} \end{cases} \Rightarrow \mathcal{E} + L_2\dot{I}_2 = \frac{q}{C}$$

$$I_2 = -\dot{q}$$

$$L_2\ddot{q} + \frac{q}{C} - \mathcal{E} = 0$$

$$\ddot{q} + \frac{q}{L_2C} - \frac{\mathcal{E}}{L_2} = 0$$

$q = q_m\sin(\omega t + \varphi) + C\mathcal{E}$

$I_2 = -\dot{q} = -q_m\omega\cos(\omega t+\varphi)$; $I_2(0) = q_m\omega = I_{M1} = C\mathcal{E}\omega$;

$q(0) = q' = C\mathcal{E} = q_m\sin\varphi + C\mathcal{E} \rightarrow \varphi = 0$, ~~$I_2(0) = -q_m\omega = I_{M1} = -C\mathcal{E}\omega$~~

~~$q_m = +C\mathcal{E}$ $q_m = -C\mathcal{E}$~~

$\boxed{q_m = C\mathcal{E}}$

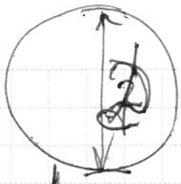
$q = C\mathcal{E}(1 - \sin\omega t)$

$I_2 = +C\mathcal{E}\omega\cos\omega t \Rightarrow I_{2M} = C\mathcal{E}\omega = \mathcal{E}\cdot\sqrt{\dfrac{C}{L_1+L_2}}$

Ответ: 1) $T = 2\pi\sqrt{C(L_1+L_2)}$

2) $I_{M1} = \dfrac{\mathcal{E}\sqrt{C}}{\sqrt{L_1+L_2}} = \dfrac{\mathcal{E}\sqrt{C}}{\sqrt{7L}}$; 3) $I_{M2} = \dfrac{\mathcal{E}\sqrt{C}}{\sqrt{7L}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



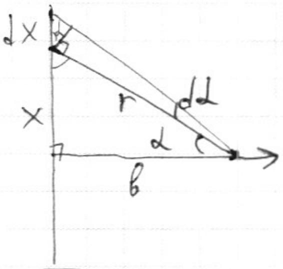
$I_0 \to I_0$

$V = \frac{d}{\tau_0}$

$I_0 \sim S$

$I_1 \sim S - S'$

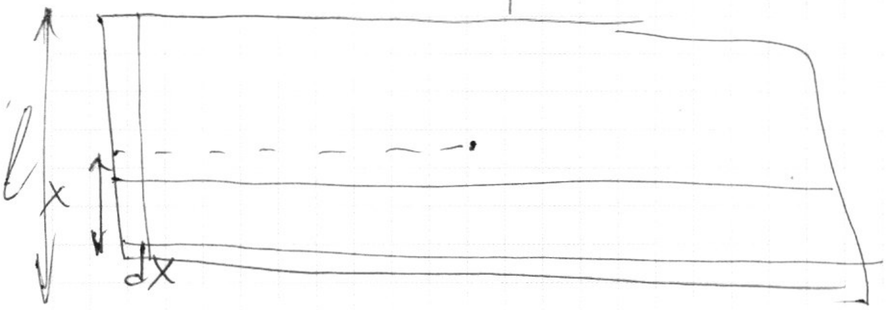
$b=\sqrt{h^2+x^2}$



$dE_x = \frac{kdq}{r^2}\cdot\cos\alpha = \frac{k\lambda dx\cos\alpha}{r^2} = \frac{k\lambda r d\alpha}{r^2} = \frac{k\lambda d\alpha\cos\alpha}{b}$

$r d\alpha = dx\cos\alpha$

$r\cos\alpha = b$



$E_x = \frac{k\lambda}{b}\cdot\sin\alpha\Big|_{\pi/2}^{\pi/2} = \frac{2k\lambda}{b}; \cancel{\frac{2kq}{b}}$

$\lambda = \frac{q}{l} = \frac{\sigma l dx}{l} = \sigma dx$

$\frac{2k\sigma dx}{b} = E_x$

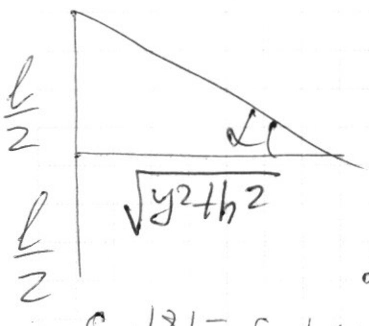
$\frac{2k\sigma dx}{b}\cdot\cos\alpha;\quad \sin\alpha = \frac{h}{\sqrt{x^2+h^2}}$

$\int\frac{2k\sigma}{b}\cdot\frac{h dx}{\sqrt{x^2+h^2}} = \int\frac{2k\sigma h dx}{\sqrt{x^2+h^2}\cdot\sqrt{x^2+h^2}} = \int\frac{2k\sigma h dx}{x^2+h^2}$

$E_x = \frac{2k\lambda\sin\alpha}{b} = \frac{2k\lambda}{b}.$

$\sin\alpha = \frac{x}{\sqrt{x^2+h^2}}; \sin^2\alpha(x^2+h^2) = x^2$

$x^2 = \frac{\sin^2\alpha h^2}{\cos^2\alpha}$



$E_x = \frac{2k\lambda}{\sqrt{y^2+h^2}}\cdot\frac{l/2}{\sqrt{y^2+h^2+l^2/4}}$

$x = \frac{\sin\alpha h}{\cos\alpha}$

$2x dx = \frac{2\sin\alpha\cos\alpha d\alpha\cdot h^2\cdot\cos^2\alpha + \sin^2\alpha h^2\cdot 2\cos\alpha\sin\alpha d\alpha}{\cos^4\alpha} =$

$\sin 181 = \sin(1+180) = -\sin 1 < 0.$

$\cos(90+1) < 0.$

$= \frac{2\sin\alpha\cos\alpha h^2 d\alpha(\cos^2\alpha+\sin^2\alpha)}{\cos^4\alpha} =$

$= \frac{2\sin\alpha\cos\alpha h^2 d\alpha}{\cos^4\alpha} = \frac{-2h^2 d(\cos\alpha)}{\cos^3\alpha} = -2h^2 d(\cos\alpha)\cos^{-3}\alpha$

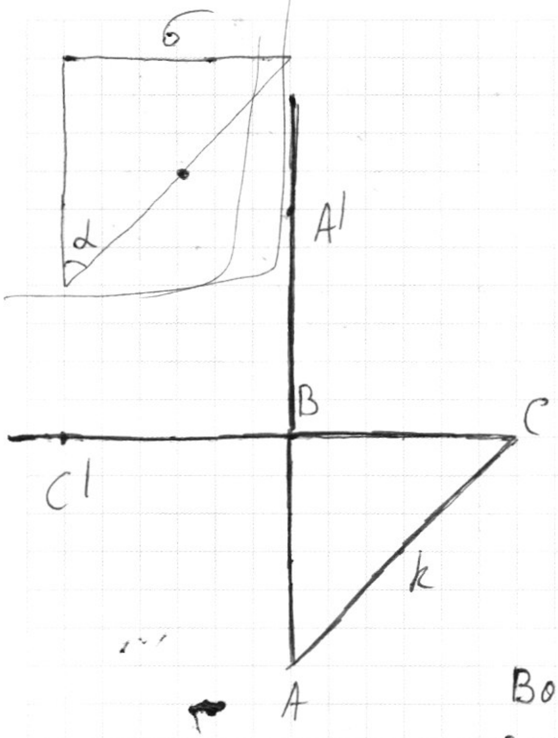
$\omega t \frac{\alpha}{2}$

$I = 0\cdot\cos\omega t.$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

(Поставьте галочку в нужном поле) (Нумеровать только чистовики)

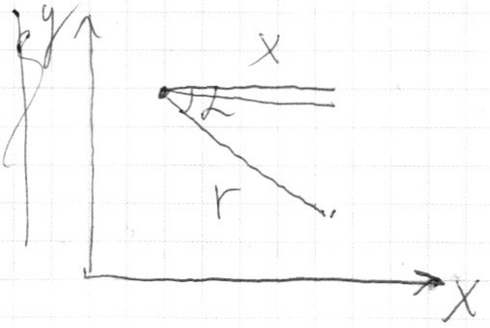
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



В условии задачи сказано, что пластины AB и BC бесконечные. Если они бесконечные, то у них не должно быть конца.

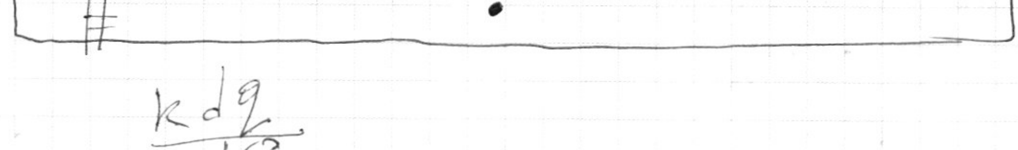
Вопрос такой: Есть ли у них продолжение в направлении BC' и BA'?

Или может вы подразумываете их не бесконечным а полубесконечным?

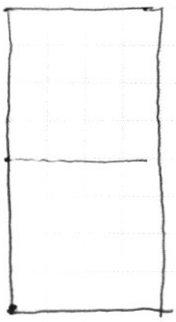


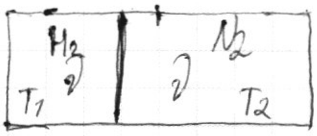
$$\frac{kq}{r^2}\cdot\frac{x}{r}$$

180 | 5
15 | 36
30



$$\frac{kdq}{r^2}$$



1) 

$$\begin{cases} p_1 V_1 = \nu R T_1 \\ p_1 V_2 = \nu R T_2 \end{cases} \longrightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{350}{550} = \frac{70}{110} = \frac{7}{11}$$

2) $c_V \nu (T - T_1) + c_V \nu (T - T_2) = 0$

$$T = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{350+550}{2} = \frac{900}{2} = 450K$$

3) $dQ = c_V \nu dT_2 + p dV_2 = c_V \nu dT_2 + \nu R T_2 \frac{dV_2}{V_2}$

$pV_2 = \nu R T_2$

$T_1 - T_{10} + T_2 - T_{20} = 0;$

$T_1 = T_{10} + T_{20} - T_2$

$$\begin{cases} pV_1 = \nu R (T_{10} + T_{20} - T_2) \\ pV_2 = \nu R T_2 \end{cases} \longrightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_{10} + T_{20} - T_2}{T_2};$$

$T_2 V_1 = (T_{10} + T_{20}) V_2 - T_2 V_2$

$$T_2 = \frac{(T_{10} + T_{20}) V_2}{V_1 + V_2} = \frac{(T_{10} + T_{20}) V_2}{V_{общ}}$$

$$\frac{\nu R (T_{10} + T_{20}) \cancel{V_2}}{V_{общ}} \cdot \frac{dV_2}{\cancel{V_2}}$$

$$\frac{\overset{50}{\cancel{900}} \cdot 7}{\cancel{18} \cdot 350} = 1 ; \quad \frac{7}{2} \cdot \frac{R}{2} \cdot 200 \cdot \frac{6}{7} = 300R$$

$\cancel{3}\,831$
3
2493

$$dx = \frac{-h^2 d(\cos\alpha)}{\cos^3\alpha \cdot \frac{\sin\alpha\, h}{\cos\alpha}} = \frac{+h^2 \sin\alpha\, d\alpha}{\cos^2\alpha\, h \sin\alpha} = \frac{h d\alpha}{\cos^2\alpha}$$

$$x^2 + h^2 = \frac{h^2}{\cos^2\alpha}; \quad \frac{dx}{x^2 + h^2} =$$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1.

$F_x = 0 \rightarrow V_1 \sin\alpha = V_2 \sin\beta; \rightarrow V_2 = \frac{V_1 \sin\alpha}{\sin\beta} = 12 \cdot \frac{1}{2} \cdot 3 = 18$ м/с

$$\int_{-V_1\cos\alpha}^{V_2\cos\beta} m\frac{dV_y}{dt} = \int F_y; \quad m(V_2\cos\beta + V_1\cos\alpha) = F_y \cdot \tau;$$

$V_1\cos\alpha + U$; $V_2\cos\beta - V$; V_y

$\cos\alpha = \sqrt{1 - \frac{1}{4}} = \frac{\sqrt{3}}{2}$

$V_y + V = V_2\cos\beta$

$\cos\beta = \sqrt{1 - \frac{1}{9}} = \frac{\sqrt{8}}{3}$

Рассмотрим отн-но плиты;

$V_1\sin\alpha$; $V_1\cos\alpha + U$; $V_2\cos\beta - U$; $V_2\sin\beta$

~~$V_2\cos\beta = V' + U$~~;

$V_1\cos\alpha + U \geqslant V_2\cos\beta - U; \rightarrow U \geqslant \frac{V_2\cos\beta - V_1\cos\alpha}{2}$

также $V_2\cos\beta - V \geqslant 0;$

$V \leqslant V_2\cos\beta$

$U \geqslant \left(\cancel{18}^{6} \cdot \frac{\sqrt{8}}{\cancel{3}} - 12 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}\right)\frac{1}{2} = \frac{(12\sqrt{2} - 6\sqrt{3})}{2} =$

$\sqrt{2} \approx 1{,}41;$ $= 6\sqrt{2} - 3\sqrt{3}$

$6\sqrt{2} - 3\sqrt{3} = 3(2\sqrt{2} - \sqrt{3}) = 3(2 \cdot 1{,}41 - \cancel{3{,}06}\ 1{,}75) =$

$= 3(2{,}82 - 1{,}75) = 3{,}21$

$U \geqslant 3{,}21$ м/с

$U \leqslant 16{,}92$ м/с

$12\sqrt{2} = \frac{7}{4} \cdot \frac{6}{7} R \cdot 200$

142 · 142 = 284, 568, 142, 20164

141 · 141 = 141, 564, 141, 19881

300, 831, 3, 2493

18 · 18 = 144, 18, 324

175 · 175 = 875, 1225, 175, 30625

2,82 − 1,75 = 1,07; · 3 = 3,21

1,41 · 12 = 282, 141, 16,92

2,82 · 6 = 16,92

11 / 7 = 1,57; 7, 40, 35, 50

$\frac{63}{36} = \frac{21}{12} = \frac{7}{4}$

550 · 7 = 3850, 18200, 22050

350 · 52 = 70, 175, 18200

22050 / 350

441 / 7 = 63; 42, 21

16,92; 10,50; 6,42; 2; 3,21

2,82 · 6; 10,50; 1,75 · 6

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)