Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

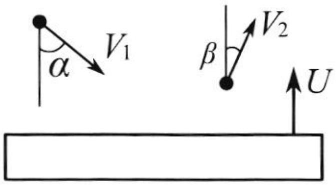
Класс 11

Вариант 11-04

Шифр

(заполняется секретарём)

1. Массивная плита движется с постоянной скоростью U вертикально вверх. К плите подлетает шарик, имеющий перед ударом скорость V_1 = 18 м/с, направленную под углом $\alpha\left(\sin\alpha=\dfrac{2}{3}\right)$ к вертикали (см. рис.). После неупругого удара о гладкую горизонтальную поверхность плиты шарик отскакивает со скоростью V_2, составляющей угол $\beta\left(\sin\beta=\dfrac{3}{5}\right)$ 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.

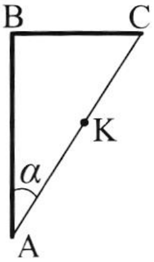
2. Цилиндрический теплоизолированный горизонтально расположенный сосуд разделен на два отсека теплопроводящим поршнем, который может перемещаться горизонтально без трения. В первом отсеке находится аргон, во втором – криптон, каждый газ в количестве $\nu = 3/5$ моль. Начальная температура аргона T_1 = 320 К, а криптона T_2 = 400 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 аргона и криптона.

+2) Найти установившуюся температуру в сосуде.

3) Какое количество теплоты передал криптон аргону?

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.

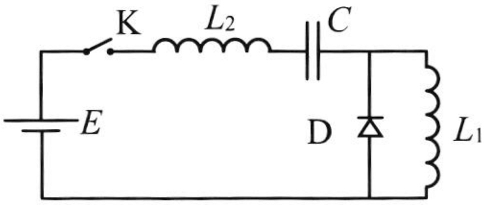


+1) Пластина BC заряжена с постоянной поверхностной плотностью заряда. Угол $\alpha = \pi/4$. Во сколько раз увеличится напряженность электрического поля в точке K на середине отрезка AC, если пластину AB тоже зарядить с такой же поверхностной плотностью заряда?

2) Пластины BC и AB заряжены положительно с поверхностной плотностью заряда $\sigma_1 = \sigma, \sigma_2 = 2\sigma/7$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/9$. 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 $L_1 = 5L$, $L_2 = 4L$, 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.

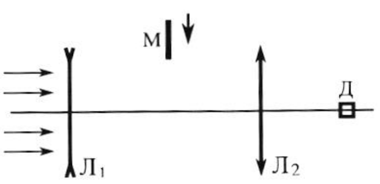


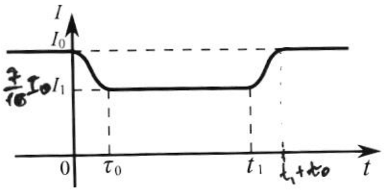
+1) Найти период T этих колебаний.

+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 Л$_1$ и Л$_2$ (см. рис.) с фокусными расстояниями -2F_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). $I_1 = 7I_0/16$





.

+1) Найти расстояние между линзой Л$_2$ и фотодетектором.

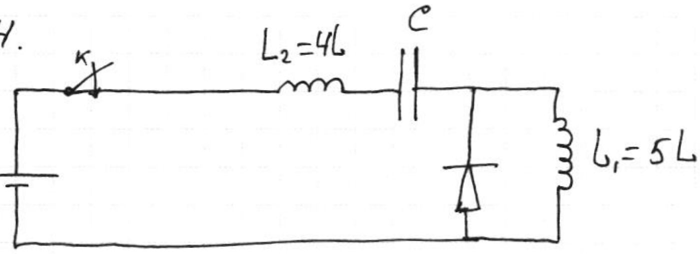
2) Определить скорость V движения мишени. 3) Определить t_1.

Известными считать величины F_0, D, τ_0.

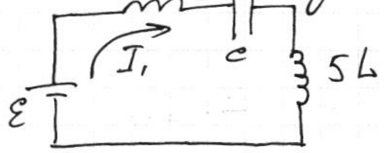
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4.

1).



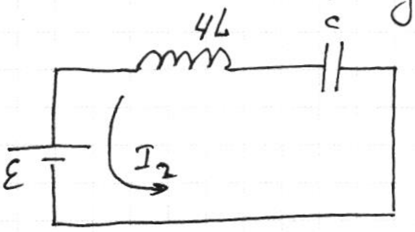
1. После замыкания ключа и через $k\cdot T$, $k\in\mathbb{N}$ Ток I течёт в сторону действия ЭДС. Диод закрыт. Эквивалентная схема до момента, когда ток снова стал равен 0:



Стандартный колебательный контур.

$$T_1 = 2\pi\cdot\sqrt{9L\cdot C} = 6\pi\sqrt{LC}$$

2. Через $\frac{T_1}{2}$ и через $k.T+\frac{T_1}{2}$, $k\in\mathbb{N}$ ток I течёт в направ. противопол. ЭДС. Диод открыт, $U_d=0$, Ток через L_1 не идёт.



$$T_2 = 2\pi\cdot\sqrt{4L\cdot C} = 4\pi\sqrt{LC}$$

Через $\frac{T_2}{2}$ ток и заряд на конденсаторе ноль, начальное положение.

$$T_{общ} = \frac{T_1}{2}+\frac{T_2}{2} = \frac{T_1+T_2}{2} = \frac{6\pi\sqrt{LC}+4\pi\sqrt{LC}}{2} = 5\pi\sqrt{LC}$$

2). Через L_1 ток течёт только в процессе 1. Тогда $I_{01} = \max I_1$

ЗСЭ: Диод закрыт, $A_d = -U_d\cdot q = -U_d\cdot 0 = 0$. Макс ток, когда $U_C = -\mathcal{E}$

$q = C\mathcal{E}$

$$A_{ист_1} = \Delta W_C + \Delta W_L$$

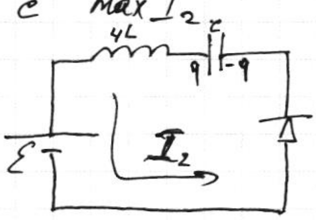
$$C\mathcal{E}\cdot\mathcal{E} = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} + \frac{9L\cdot I_{01}^2}{2}$$

$$\frac{C\mathcal{E}^2}{2} = \frac{9LI_{01}^2}{2} \longrightarrow \boxed{I_{01} = \frac{\mathcal{E}}{3}\sqrt{\frac{C}{L}}}$$

№4 (продолж.)

3). Сравним I_{0_1} с $\max I_2$

Процесс №2:



Max I_2: $LI_2'=0$; $U_C=-\mathcal{E}$

$q=C\mathcal{E}$

В силу гармонического закона $q_{2нач}=2q=2C\mathcal{E}$

$A_{диода}=-U_g\cdot q=0\cdot q=0$ (Диод открыт)

ЗСЭ:

$$A_{ист}=W_2-W_1+W_{4L}$$

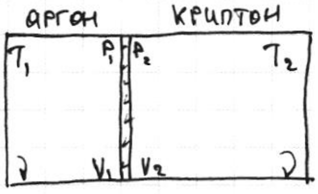
$$-\mathcal{E}\cdot C\mathcal{E}=\frac{C\mathcal{E}^2}{2}-4\frac{C\mathcal{E}^2}{2}+\frac{4LI_{2max}^2}{2}$$

$$\frac{C\mathcal{E}^2}{2}=2LI_{2max}^2\to\boxed{I_{2max}=\frac{\mathcal{E}}{2}\sqrt{\frac{C}{L}}}$$

$$\max I_2>I_{0_1}\Rightarrow\boxed{I_{0_2}=\frac{\mathcal{E}}{2}\sqrt{\frac{C}{L}}}$$

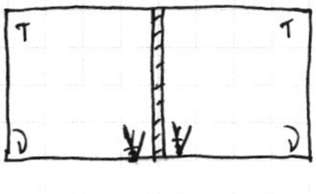
Ответ: 1). $5\pi\sqrt{LC}$; 2). $\frac{\mathcal{E}}{3}\sqrt{\frac{C}{L}}$; 3). $\frac{\mathcal{E}}{2}\sqrt{\frac{C}{L}}$.

№2.



$P_1=P_2$ (поршень на месте)

$$\frac{\nu RT_1}{V_1}=\frac{\nu RT_2}{V_2}\to\frac{T_1}{T_2}=\frac{V_1}{V_2}=\frac{4}{5}\qquad\boxed{\frac{V_1}{V_2}=\frac{4}{5}}$$



В уст. состоянии $T_{1кон}=T_{2кон}=T$

$P_{1кон}=P_{2кон}=P$

$P_{1кон}V_{1кон}=\nu RT$

$P_{2кон}V_{2кон}=\nu RT$

т.о. $V_{1кон}=V_{2кон}=V$

ЗСЭ:

$$\left.\begin{array}{l}A_{вн сил}=\Delta U_1+\Delta U_2\\ A_{вн сил}=0\end{array}\right|\to\Delta U_1=\Delta U_2\qquad\frac{3}{2}\nu R(T-T_1)=\frac{3}{2}\nu R(T_2-T)\to T-T_1=T_2-T$$

$$T=\frac{T_1+T_2}{2}=360K$$

$$\boxed{T=360K}$$

$Q=\Delta U+A$

$Q=\frac{3}{2}\nu R(T-T_1)+A$

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2 (прод.) из ЗСЭ

В любой момент: $PV_a = \nu R(T_a + \Delta T) = \nu R T_a + \nu R \Delta T$

$P \cdot V_K = \nu R(T_K - \Delta T) = \nu R T_K - \nu R \Delta T \rightarrow \nu R \Delta T = \nu R T_K - PV_K$

$PV_a = \nu R T_a + \nu R T_K - PV_K$

$P(V_a + V_K) = \nu R(T_a + T_K)$

$P \cdot 2V = \nu R(T_1 + T_2)$

$2PV = \nu R \cdot 2T$, $PV = \nu RT$, $P = \frac{\nu RT}{V} = Const$

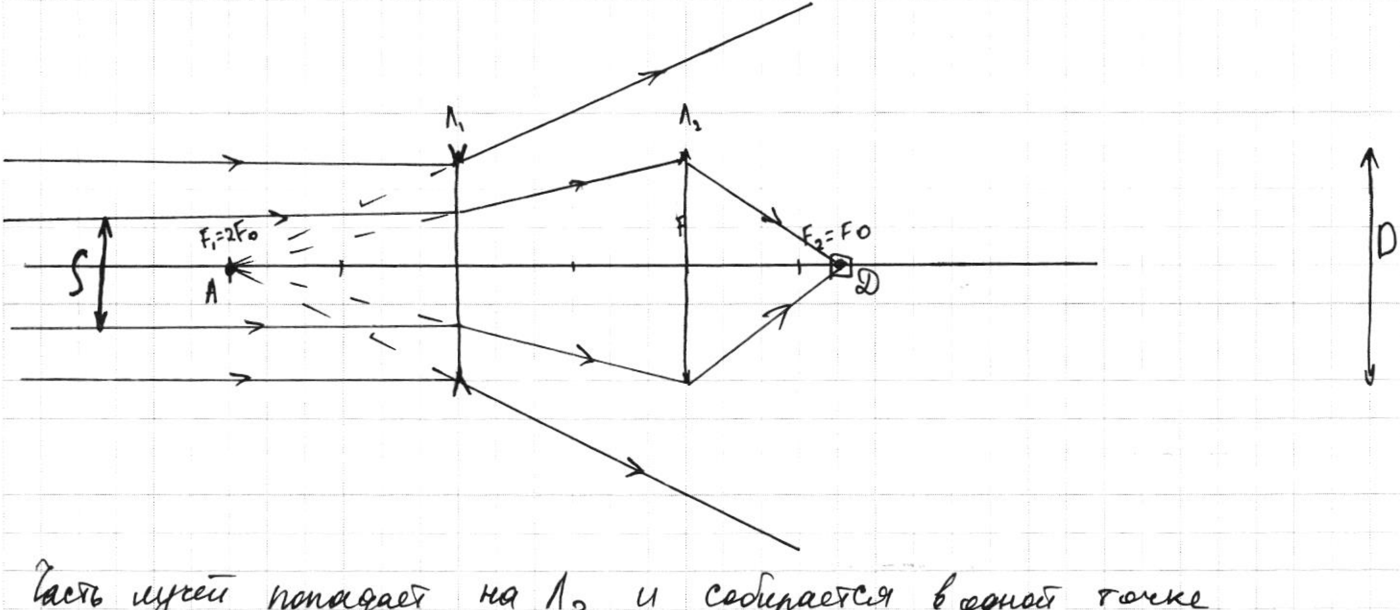
$\frac{V_1}{2V} = \frac{4}{9} \rightarrow \boxed{\frac{V_1}{V} = \frac{8}{9}}$

Т.о., $A = P \cdot \Delta V = \frac{\nu RT}{V} \cdot (V - V_1) = \frac{\nu RT}{V} \cdot (V - \frac{8}{9}V) = \frac{\nu RT}{9}$

$Q = \frac{3}{2}\nu R(T - T_1) + \frac{\nu RT}{9} = \nu R\left(\frac{3}{2}T - \frac{3}{2}T_1 + \frac{T}{9}\right) = \frac{3}{5} \cdot 8{,}31 \cdot 100 = 498{,}6$ Дж ≈ 500Дж

Ответ: 1). $\frac{4}{5}$; 2). 360 K; 3). 500Дж.

№5.

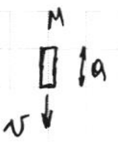


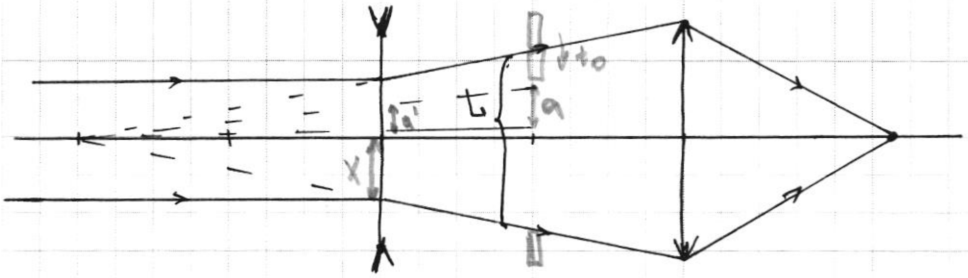
Часть лучей попадает на $Л_2$ и собирается в одной точке (все выходят из мнимого источника в т. A

По формуле собир. линзы: $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$: $\frac{1}{F_0} = \frac{1}{4F_0} + \frac{1}{f} \rightarrow f = \frac{4}{3}F_0$

Т.о., расстояние между $Л_2$ и D равно $\frac{4}{3}F_0$.

№5 (прод.)





$$\frac{I_1}{I_0}=\frac{P_1}{P_0}=\frac{\overset{\text{поток света}}{\Phi_1}}{\Phi_0}=\frac{S_1}{S_0}=\frac{S_0-\Delta S}{S_0}=1-\frac{\Delta S}{S_0}=1-\frac{a}{2x}=\frac{7}{16}\rightarrow\frac{a}{2x}=\frac{9}{16}\rightarrow a=\frac{9}{8}x$$

$$\frac{\frac{D}{2}}{x}=\frac{4F_0}{2F_0}=\frac{2}{1}\ \text{(из подобия)}\rightarrow x=\frac{D}{4}\qquad \text{Т.о., } a=\frac{9}{8}\cdot\frac{D}{4}=\frac{9D}{32}$$

За время t_0 мишень полностью попала в поток лучей, прох. через 2 линзы

Т.о., $V\cdot t_0=a\rightarrow V=\frac{a}{t_0}=\frac{9D}{32t_0}$ $\boxed{V=\frac{9D}{32t_0}}$

Из симметрии отн. оси ясно, что через $t=t_1+t_0$ ток снова стал $I=I_0$. Мишень вышла из потока.

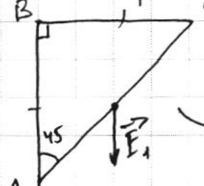
$$L+a=V\cdot(t_1+t_0)\rightarrow t_1=\frac{L+a}{V}-t_0$$

$$\frac{L}{D}=\frac{3F_0}{4F_0}\rightarrow L=\frac{3}{4}D\qquad t_1=\frac{\frac{3}{4}D+\frac{9D}{32}}{V}-t_0=\frac{\frac{33D}{\cancel{32}}}{\frac{9D}{\cancel{32}t_0}}-t_0=\frac{\overset{11}{\cancel{33}}}{\cancel{9}_3}t_0-t_0=\frac{8}{3}t_0$$

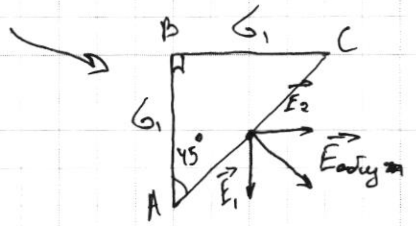
Ответ: 1). $\frac{4}{3}F_0$; 2). $\frac{9D}{32t_0}$; 3). $\frac{8}{3}t_0$. $\boxed{t_1=\frac{8}{3}t_0}$

№3.

1).



$\alpha=\frac{\pi}{4}=45^\circ\Rightarrow AB=BC$



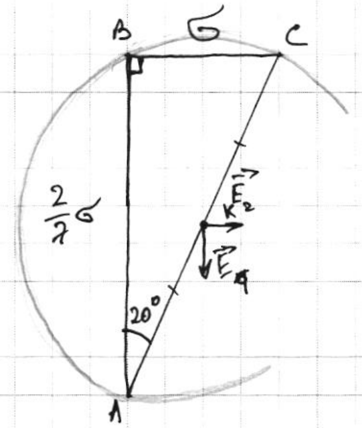
$|E_2|=|E_1|$

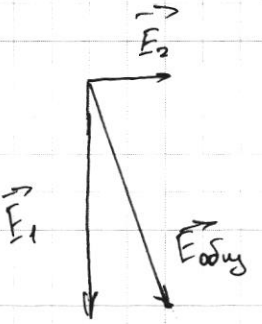
$E_{общ}=\sqrt{2}E_1$; увел. в $\sqrt{2}$ раз.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N 3 (прод.)

$\alpha = \frac{\pi}{9} = 20^\circ$



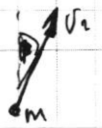


$E_{общ} = \sqrt{\left(\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\right)^2 + \left(\frac{\frac{2}{7}\sigma}{2\varepsilon_0}\right)^2} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} \cdot \frac{\sqrt{53}}{49}$

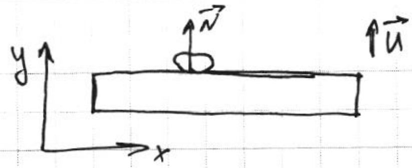
$$\boxed{E_{общ} = \frac{\sqrt{53}\,\sigma}{98\varepsilon_0}}$$

Ответ: 1). $\sqrt{2}$. 2). $\frac{\sqrt{53}\,\sigma}{98\varepsilon_0}$.

N 1.



$\cos\beta = \sqrt{1 - \frac{9}{25}} = \frac{4}{5}$ ~~Sin~~ $\cos\alpha = \sqrt{1 - \frac{4}{9}} = \frac{\sqrt{5}}{3}$



Т.к. плита гладкая, то нет проекций сил на ось x

$P_x = const$

~~β~~ $mv_1 \sin\alpha = mv_2 \sin\beta \rightarrow v_2 = \frac{v_1 \sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{18 \cdot 2 \cdot 5}{3 \cdot 3} = 20 \frac{м}{с}$

ЗСИ: y: $Mu - mv_1\cos\alpha = Mu_2 + mv_2\cos\beta \rightarrow u_2 = \frac{Mu - mv_1\cos\alpha - mv_2\cos\beta}{M}$

ЗСЭ: $\frac{Mu^2}{2} + \frac{mv_1^2}{2} = \frac{mv_2^2}{2} + \frac{Mu_2^2}{2} + Q$

№1 (прод.).

$$Mu^2 + mv_1^2 = mv_2^2 + 2Q + M \cdot \frac{(Mu + (mv_1\cos\alpha - mv_2\cos\beta))^2}{M^2}$$

$$\cancel{Mu^2} + mv_1^2 = mv_2^2 + 2Q + \frac{\cancel{Mu^2} + \cancelto{0}{m^2(v_1\cos\alpha + v_2\cos\beta)^2}}{M} + \frac{2\cdot\cancel{M}u\cdot(mv_1\cos\alpha + mv_2\cos\beta)}{\cancel{M}}$$

$$\cancel{m}v_1^2 = \cancel{m}v_2^2 + \frac{2Q}{m} - 2\cancel{m}v_1u\cos\alpha - 2\cancel{m}v_2\cos\beta$$

$$2uv_1\cos\alpha = v_2^2 - v_1^2 + 2\frac{Q}{m} - 2v_2\cos\beta$$

$$u = \frac{v_2^2 - v_1^2 + 2\frac{Q}{m} - 2v_2\cos\beta}{2v_1\cos\alpha}$$

$$2\frac{Q}{m} \geqslant 0$$

$$\frac{20^2 - 18^2 - 2\cdot\overset{4}{\cancel{20}}\cdot\frac{4}{\cancel{5}}}{2\cdot\overset{6}{\cancel{18}}\frac{\sqrt5}{\cancel{3}}} = \frac{2\cdot38 - 32}{12\sqrt5} = \frac{\overset{\overset{11}{\cancel{22}}}{\cancel{44}}}{\underset{3}{\cancel{6}}\cancel{12}\sqrt5} = \frac{11}{3\sqrt5}$$

$$u = \frac{11}{3\sqrt5} + \frac{2\frac{Q}{m}}{2v_1\cos\alpha}$$

$$\frac{2Q}{2v_1\cos\alpha\cdot m} > 0 \qquad u > \frac{11}{3\sqrt5}\ \frac{м}{с}$$

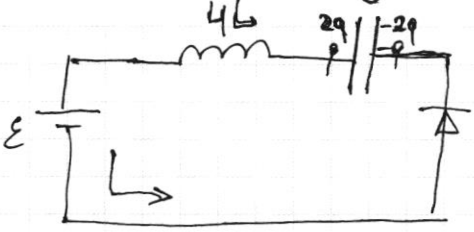
$$u > \frac{11\sqrt5}{3\cdot5}\ \frac{м}{с}$$

$$\boxed{u > \frac{11}{15}\sqrt5\ \frac{м}{с}}$$

Ответ: 1) $20\,\frac{м}{с}$; 2) $u > \frac{11\sqrt5}{15}\ \frac{м}{с}$.

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Диод идеальный => $A_{диода} = -U_0 \cdot q = 0$ Потерь энергии на нём нет

$U_{нач} = \frac{2 \cdot C\mathcal{E}}{C} = 2\mathcal{E}$

$U_{кон} = \frac{C\mathcal{E}}{C} = \mathcal{E}$

t_1 – Время пролёта

$A_{ист} = W_2 - W_1 + W_{4L}$

$-\mathcal{E} \cdot C\mathcal{E} = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} - \frac{C \cdot 4\mathcal{E}^2}{2} + \frac{4L \cdot I_{MAX}^2}{2}$

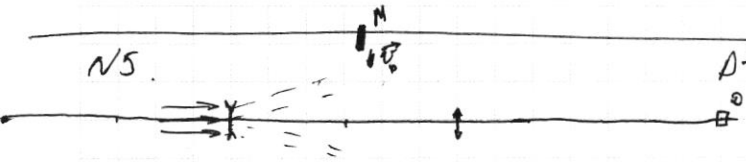
$\frac{C\mathcal{E}^2}{2} = 2L I_{MAX}^2$ $-\frac{3C\mathcal{E}^2}{2}$ $\rightarrow I_{MAX}^2 = \frac{C\mathcal{E}^2}{4L}$

$$\boxed{I_{MAX} = \frac{\mathcal{E}}{2} \cdot \sqrt{\frac{C}{L}}}$$

$I_2 > I_1 \Rightarrow I_{0_2} = I_2 = \frac{\mathcal{E}}{2}\sqrt{\frac{C}{L}}$ //

3.

№5.

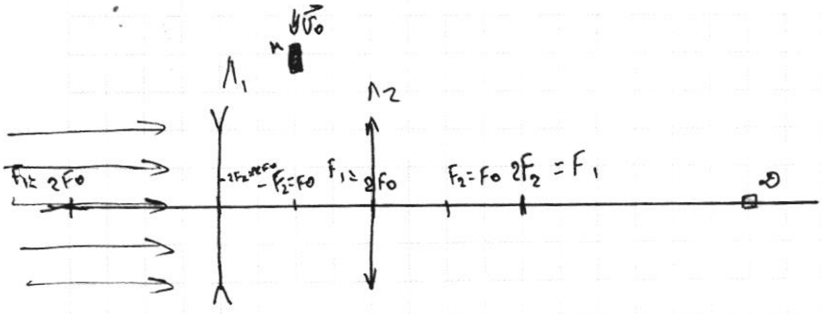


D–! D<<F₀

F₀–!

t₀–!

$I \sim P_{света}$

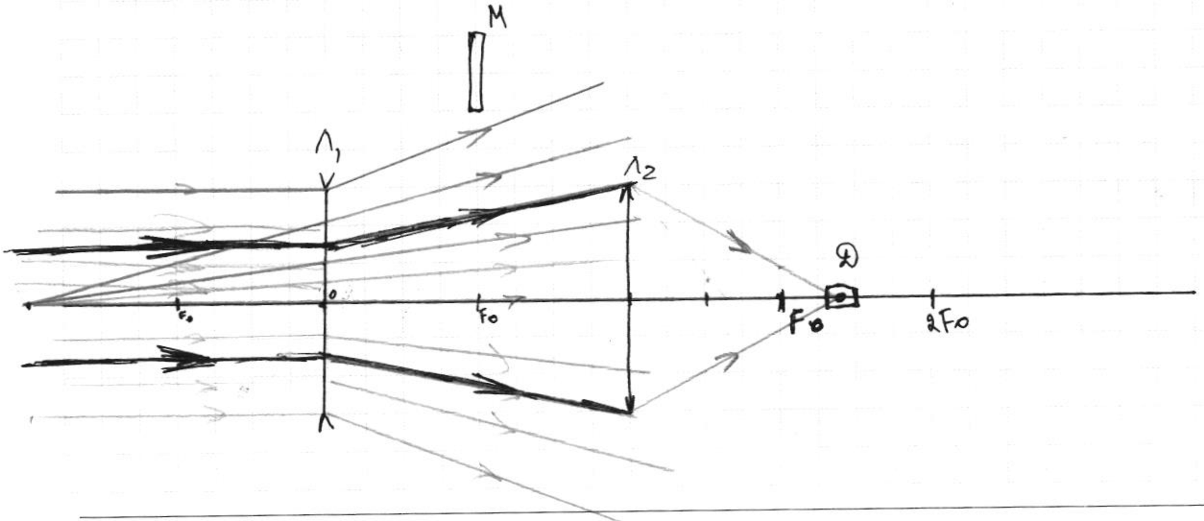


$\frac{1}{F_2} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$

$\frac{4}{4}\frac{1}{F_0} = \frac{1}{4F_0} + \frac{1}{f} \rightarrow \frac{1}{f} = \frac{3}{4F_0}$ $\boxed{f = \frac{4F_0}{3}}$

1.

$\frac{L}{D} = \frac{3}{4}$



☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

$PV_a = \nu R(T_a + \Delta T) = \nu R T_a + \nu R \Delta T$

$P \cdot V_K = \nu R(T_K - \Delta T) \rightarrow$

$PV_K = \nu R T_K - \nu R \Delta T \qquad \nu R \Delta T = \nu R T_K - PV_K$

$PV_a = \nu R T_a + \nu R T_K - PV_K$

$P(V_a + V_K) = \nu R(T_a + T_K)$

$P = \frac{\nu R(T_a + T_K)}{2V} = \frac{\nu R(T_1 + T_2)}{2V}$

$\boxed{P = const}$

$PV = \nu RT \qquad P = \frac{\nu RT}{V}$

~~$P_1 \cdot \frac{8}{9}V = \nu R \cdot \frac{8}{9}T$~~

$$\begin{array}{r} \overset{1}{8}31 \\ \times \quad 6 \\ \hline 4986 \end{array}$$

$V_1 = \frac{4}{9}\overset{\overset{2V}{\shortparallel}}{V_{возд}}$

$\frac{T_1}{T} = \frac{\overset{8}{\cancel{320}}}{\underset{9}{\cancel{360}}}$

$T_A = T_1 + \Delta T$

$T_K = T_2 - \Delta T$

$T_A + T_K = T_1 + T_2$

$\frac{3}{\cancel{2}} \cdot \overset{180}{\cancel{360}} + \frac{\overset{40}{\cancel{360}}}{\cancel{9}} - \frac{3}{\cancel{2}} \cdot \overset{160}{\cancel{320}}$

$3 \cdot 180 - 3 \cdot 160 + 40 = 3 \cdot 20 + 40 =$

$= \cancel{400}\ 100$

$831 \cdot \frac{3}{5} = \frac{831 \cdot 6}{10} = 498,6$

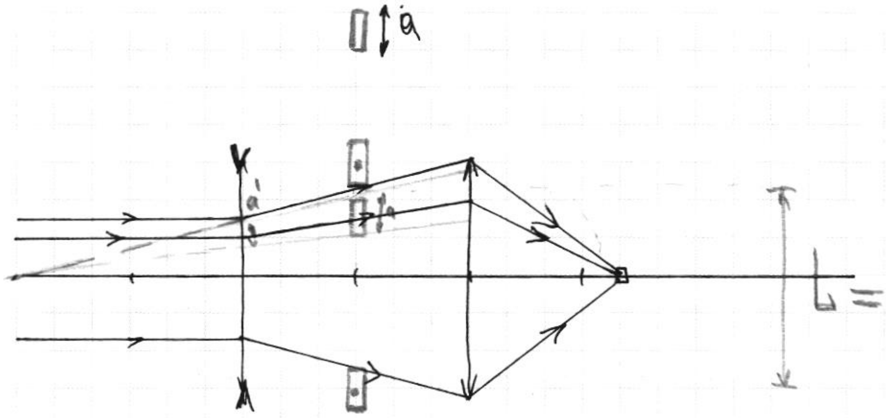
☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$L = \frac{3}{4}D$

$I \sim \phi \sim S$

$\frac{I_1}{I_0} = \frac{S_1}{S_0} = \frac{S_0 - \Delta S}{S_0} = 1 - \frac{\Delta S}{S_0} =$

$= 1 - \frac{a'}{D} = 1 - \frac{\frac{2}{3}a}{D}$

$\frac{a'}{a} = \frac{2F_0}{3F_0} = \frac{2}{3} \to a' = \frac{2}{3}a$

$\frac{7}{16} = 1 - \frac{2}{3}\frac{a}{D}$

$\frac{2}{3}\frac{a}{D} = \frac{9}{16}$

$a = \frac{3 \cdot 9 \cdot D}{2 \cdot 16} = \frac{27}{32}D$

$v(t_1 + t_0) = \frac{3}{4}D + a$ (1)

$v \cdot t_0 = a = \frac{27}{32}D \to \boxed{v = \frac{27D}{32t_0}}$

$t_1 + t_0 = \frac{\left(\frac{3}{4}D + \frac{27}{32}D\right)}{v}$

2.

$t_1 = \frac{D \cdot \frac{51}{32}}{\frac{27D}{32t_0}} - t_0 = \frac{51}{27}t_0 - t_0 = \frac{24t_0}{27}$

3.

$(t_1 - t_0) \cdot v = L - a$

$\frac{5}{8}t_0 \cdot \frac{9D}{32t_0} = \frac{3}{4}D - \frac{9D}{32}$

$\frac{15D}{32} = \frac{24-9}{32}D$

$\frac{24}{32} + \frac{9}{32}$

$\frac{\frac{D}{2}}{x} = \frac{4F_0}{2F_0} = \frac{2}{1}$

$2x = \frac{D}{2} \quad x = \frac{D}{4}$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

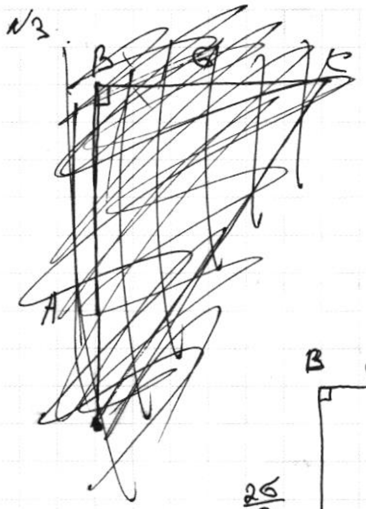
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР
(заполняется секретарём)

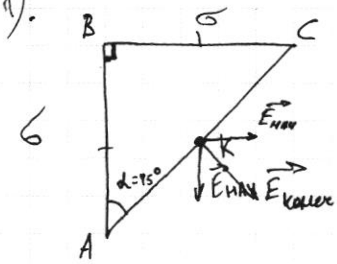
конец: 14:55

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3.



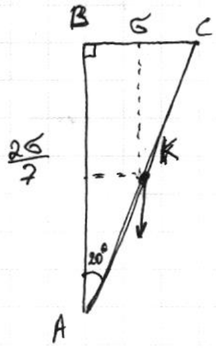
1).

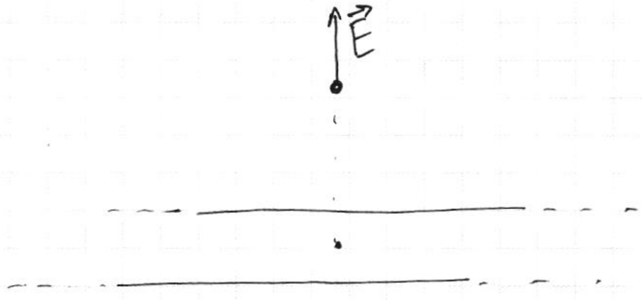


$\vec{E}_{конеч} = \sqrt{2}\vec{E}_{НАЧ}$

бесконечны вверх и вниз

увел. в $\sqrt{2}$ раз.

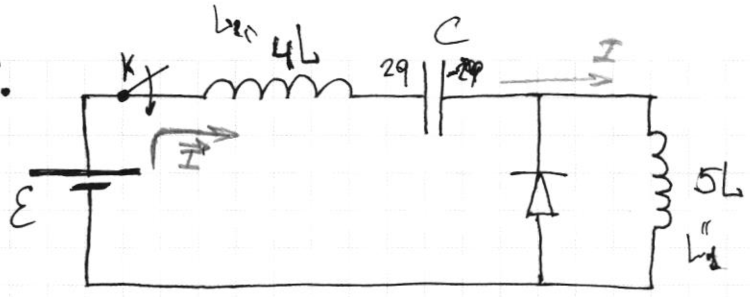




☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

№4.



$$\mathcal{E} = U_{4L} + U_C + U_{5L}$$

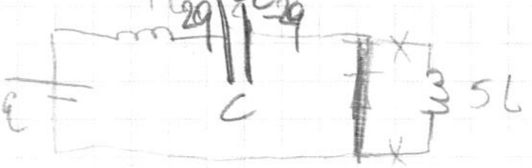
1	1	+	
	2		
2	1	+	W
	2	+	
	3	+	
3	1	+	
	2		
4	1	+	W
	2	+	
	3	+	
5	1	+ V	W
	2	+ V	
	3	+ V	

$$\mathcal{E} = 4L\cdot I' + 5L\cdot I' = 9LI'$$

$$\mathcal{E} = \frac{q}{c} \to q = C\mathcal{E}$$

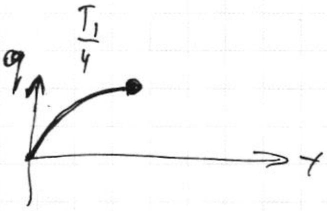
$$\max q = 2C\mathcal{E}$$

$$\max U_c = 2\mathcal{E}$$

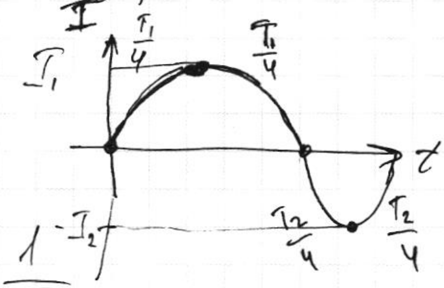


$$U_C - \mathcal{E} \mp U_L = 0$$

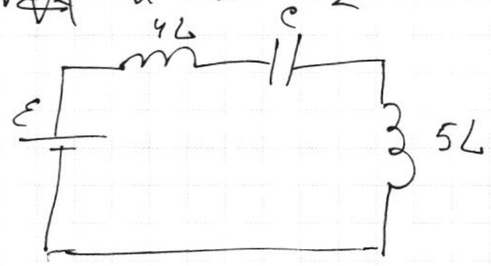
$$4LI' = U_C - \mathcal{E}$$



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



T_1:



$$\omega = \frac{1}{\sqrt{9LC}} = \frac{1}{3\sqrt{LC}}$$

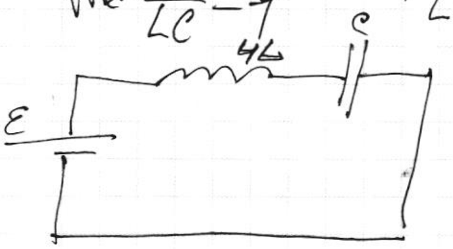
$$T_1 = 2\pi\cdot 3\sqrt{LC} = 6\pi\sqrt{LC}$$

$$\frac{q}{C} = -LI'$$

$$\frac{q}{LC} = -q'' \qquad q\cdot\frac{1}{LC} + q'' = 0 \qquad \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$T = \frac{2\pi}{\frac{1}{\sqrt{L_1C_1}}} = 2\pi\sqrt{L_1C_1}$$

T_2:



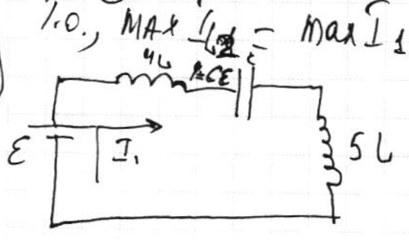
$$T_2 = 2\pi\cdot\sqrt{4L\cdot C} = 4\pi\sqrt{LC}$$

$$T = \frac{6\pi\sqrt{LC} + 4\pi\sqrt{LC}}{2} = \underline{\underline{5\pi\sqrt{LC}}}$$

1.

В процессе 2 ток через L_1 0

Т.о., $\max I_{L_1} = \max I_1$

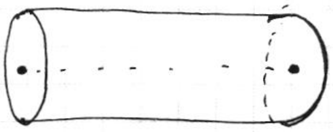


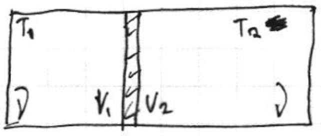
$$A_{ист} = W_C + W_{4L} + W_{5L}$$

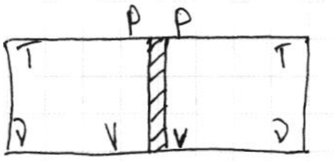
$$\mathcal{E}\cdot C\mathcal{E} = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} + \frac{4LI_1^2}{2} + \frac{5LI_1^2}{2} \qquad C\mathcal{E}^2 = 9LI_1^2 \to I_1^2 = \frac{C\mathcal{E}^2}{9L} \qquad \boxed{I_1 = \frac{\mathcal{E}}{3}\cdot\sqrt{\frac{C}{L}}}$$

2.

№2.







Аргон
$1.\ PV_1 = \nu R T_1$
Криптон
$2.\ PV_2 = \nu R T_2$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{\overset{4}{\cancel{320}}}{\underset{5}{\cancel{400}}} = \frac{4}{5}$$

$$\boxed{\text{аргон / криптон}\quad \frac{V_1}{V_2} = \frac{4}{5}}$$

~~$PV_1' = \nu RT$~~
~~$PV_2' = \nu RT$~~ ~~$\rightarrow V_1 = V_2$~~

~~$P(V_1' + V_2') = 2\nu RT$~~
~~$P(V_1 + V_2) = 2\nu RT$~~
~~$PV_1 + PV_2 = 2\nu RT$~~

$V_1 = \frac{4}{9}V$
$V_2 = \frac{5}{9}V$

~~$P_{\text{нач}} = \frac{9\nu RT_2}{5V}$~~

$$\nu RT_1 + \nu RT_2 = 2\nu RT \rightarrow T_1 + T_2 = 2T$$

$$\boxed{T = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{320 + 400}{2} = 360K}$$

аргон $Q_{\text{получ}} = \Delta U_1 + A_1$
крипт. $Q_{\text{отд}} = \Delta U_2 + A_2$

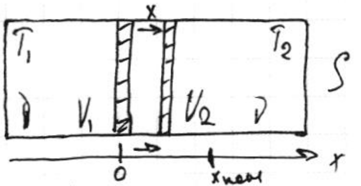
$A_1 = -A_2$
$\Delta U_1 = -\Delta U_2$
$\Rightarrow Q_{\text{отд}} = Q_{\text{получ}}$

$$\Delta U_1 = \frac{3}{2}\nu R(T - T_1)$$

$$Q = |Q_{\text{отд}}| = \left|\frac{3}{2}\nu R(T - T_2) + A_2\right|$$

$A_{\text{вн сил}} = W_{\text{кон}} - W_{\text{нач}} + Q_{\text{выд}}$

$Q_{\text{выд}} = A_{\text{вн сил}} + W_{\text{нач}} - W_{\text{кон}}$



$$\boxed{dT_1 = -dT_2}$$

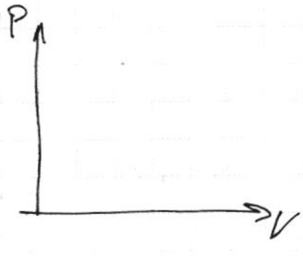
$$A = -P_x \cdot S \cdot dx = -P_x \cdot dV$$

$P_x V = \nu RT$

$P_x(V_2 - Sx) = \nu RT_{2x}$

$P_x(V_1 + Sx) = \nu RT_{1x} = \nu R(2T - T_{2x}) = 2\nu RT - \nu RT_{2x}$

$$\frac{T_{1x} + T_{2x}}{2} = T$$



$P \cdot V_3 = \nu R T_3$ $P' \cdot V_{\text{общ}} = \nu R(T_1' + T_2') =$

$P_a \cdot V_a = \nu RT_1$

$(P_a - dP_a)(V_a + dV_a) = \nu R(T_1 + dT)$

$P_a \cdot dV_a - dP_a \cdot V_a = \nu R dT$

$P \cdot (V_a + dV_a) = \nu R(T_1 + dT)$
$P \cdot (V_k - dV) = \nu R(T_2 - dT)$

Q=A

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

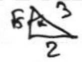
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

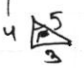
№1.

$\sin\alpha = \frac{2}{3}$

$\sin\beta = \frac{3}{5}$



$\alpha > \beta$



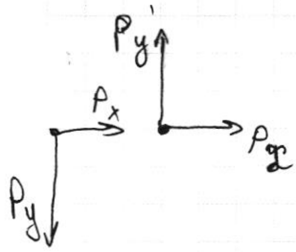
$\cos\alpha = \sqrt{1-\frac{4}{9}} = \frac{\sqrt{5}}{3}$ $\quad tg\alpha = \frac{2}{\sqrt{5}}$

$\cos\beta = \sqrt{1-\frac{9}{25}} = \frac{4}{5}$ $\quad tg\beta = \frac{3}{4}$

$P_x = const$ $\quad m V_1 \sin\alpha = m V_2 \cdot \sin\beta$

$V_2 = \frac{V_1 \cdot \sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{\overset{2}{\cancel{18}}\cdot 2}{\cancel{3}} \cdot \frac{5}{\cancel{3}} = 20\frac{м}{с}$

$MU - mV_1\cos\alpha = MU_2 + mV_2\cos\alpha$



$\sqrt{1+\frac{4}{49}} = \frac{\sqrt{53}}{7}$

$P_x = mV_1\sin\alpha = mV_2\sin\alpha$

$P_y = -mV_1\cos\alpha$

$P_y' = mV_2\cos\beta$

$\frac{V_x}{V_y} = tg\alpha \rightarrow |V_y| = V_1\cos\alpha = \overset{8}{\cancel{18}}\frac{\sqrt{5}}{\cancel{3}} = 6\sqrt{5}$

$V_y' = \frac{V_x'}{\underset{2}{tg\beta}} = \frac{V_1\sin\alpha}{tg\beta}$

$V_y' = \frac{\cancel{18}\cdot 2\cdot 4}{\cancel{3}\cdot\cancel{3}} = 16\frac{м}{с}$

$\Delta P_y = P_y' - P_y = mV_y' + m|V_y| = m(V_y' + |V_y|)$ $\quad \frac{V_x'}{V_y'} = tg\beta$

$\frac{mV_1^2}{2} + \frac{MU^2}{2} = \frac{MU_2^2}{2} + \frac{mV_2^2}{2} + Q$

$\frac{m}{M}V_1^2 + U^2 = U_2^2 + \frac{m}{M}V_2^2 + \frac{2Q}{M}$

☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)