

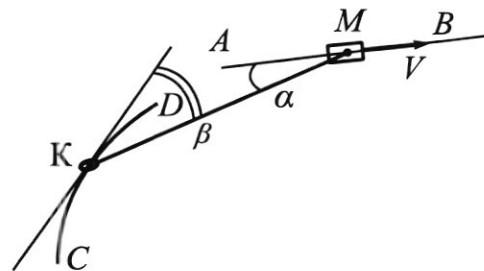
Олимпиада «Физтех» по физике, I

Вариант 11-02

Класс 11

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вл

1. Муфту М двигают со скоростью $V = 40$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,7$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент трос составляет угол α ($\cos \alpha = 3/5$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 8/17$) с направлением движения кольца.



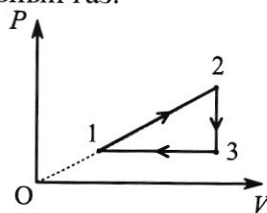
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения троса в этот момент.

2. Тепловая машина работает по циклу, состоящему из изохоры, изобары и участка прямо пропорциональной зависимости давления P от объема V (см. рис.). Рабочее вещество – одноатомный идеальный газ.

1) Найти отношение молярных теплоемкостей на тех участках цикла, где происходило понижение температуры газа.

2) Найти для процесса 1-2 отношение количества теплоты, полученной газом, к работе газа.

3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния d между обкладками. Положительно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается между обкладками на расстоянии $0,2d$ от положительно заряженной обкладки. Удельный заряд частицы $\frac{q}{m} = \gamma$.

1) Найдите продолжительность T движения частицы в конденсаторе до остановки.

2) Найдите напряжение U на конденсаторе.

3) Найдите скорость V_0 частицы на бесконечно большом расстоянии от конденсатора.

При движении частицы электрическое поле, созданное зарядами конденсатора, считать неизменным, а электрическое поле внутри конденсатора вблизи оси симметрии считать однородным.

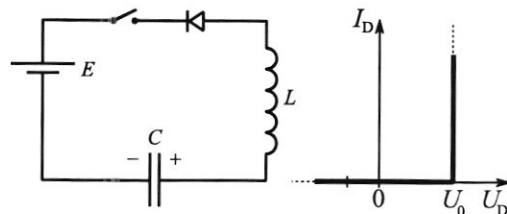
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 3$ В, конденсатор емкостью $C = 20$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 6$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,2$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке,

пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ В. Ключ замыкают.

1) Найти скорость возрастания тока сразу после замыкания ключа.

2) Найти максимальный ток после замыкания ключа.

3) Найти установившееся напряжение U_2 на конденсаторе после замыкания ключа.

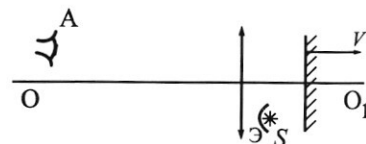


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $8F/15$ от оси OO_1 и на расстоянии плоскости $F/3$ от линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1 . В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии F от линзы.

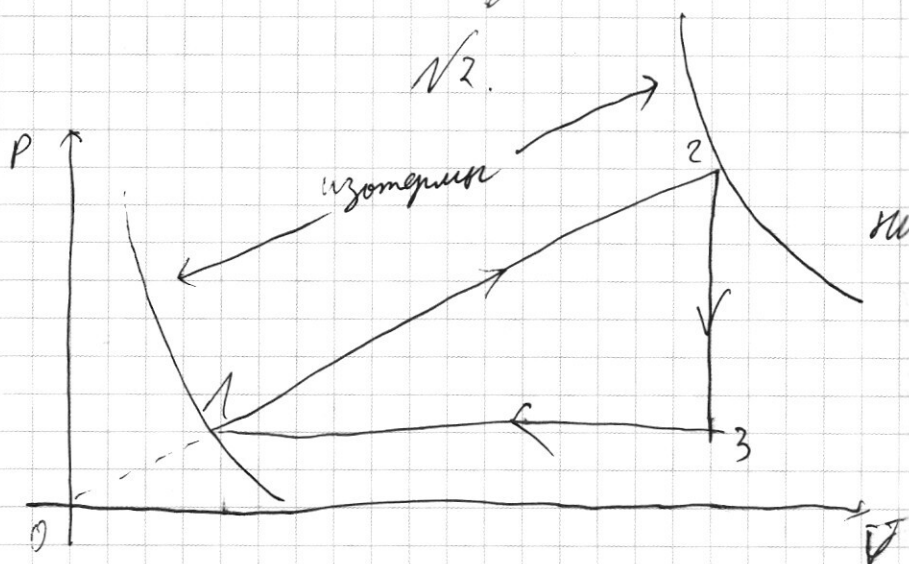
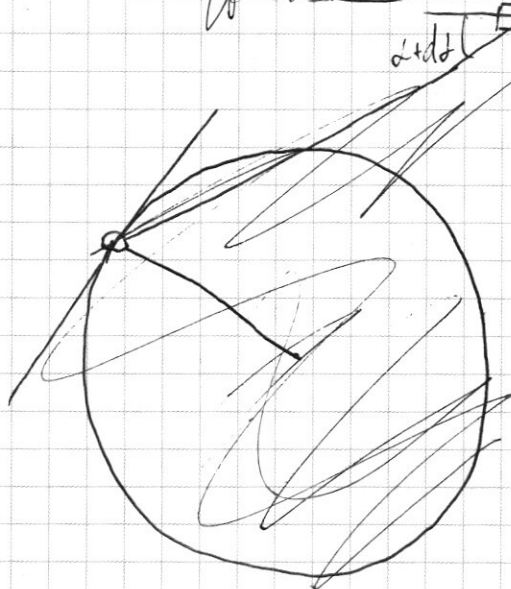
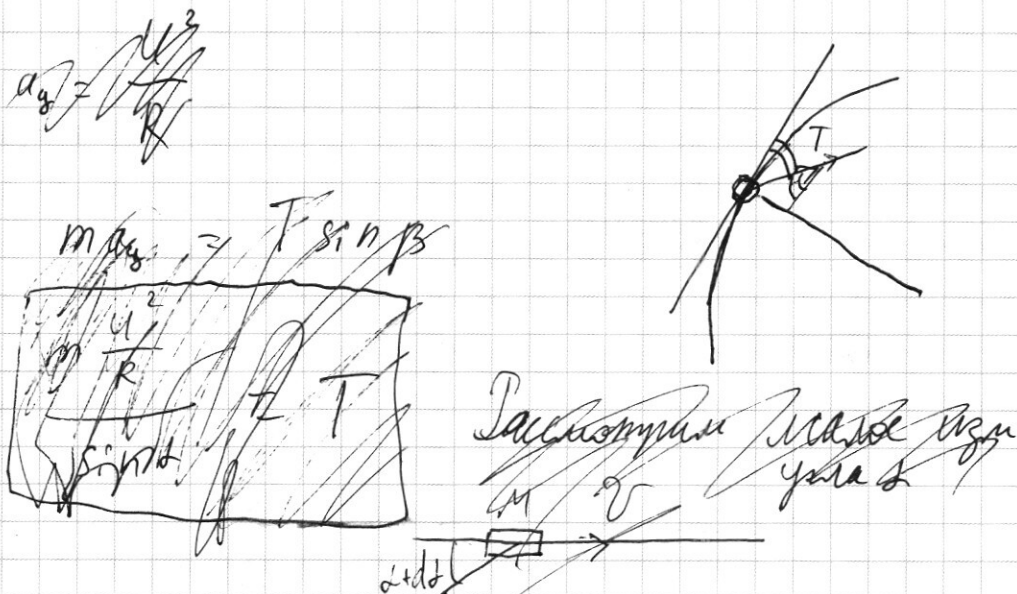
1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?

2) Под каким углом α к оси OO_1 движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)

3) Найти скорость изображения в этот момент.



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

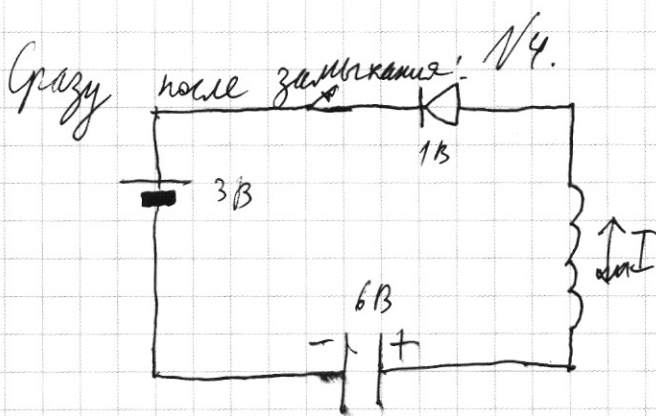


П.е. констан-
тные темпера-
туры происхо-
дит на гради-
енте 2-3 и 3-1.

$$\mu = \frac{1}{4} - \frac{2}{2+1} \quad \text{макс. при } 2 \rightarrow \infty,$$

т.е. $\mu_{\max} = \frac{1}{4}$

Ответ: $\mu_{\max} = \frac{1}{4}$



Ответ: $\dot{I} = 10 \frac{\text{A}}{\text{с}}$

нар. нарр. на катушке

$$U_{\text{кат.к}} = 6\text{В} - 3\text{В} - 1\text{В} = 2\text{В}$$

$$\dot{I} = \frac{U_{\text{кат.к}}}{L} = \frac{2\text{В}}{0,2\text{Гн}} =$$

$$= 10 \frac{\text{A}}{\text{с}}$$

$$\frac{q}{c} - 4\text{В} = L\ddot{q}$$

П.к. в схему встроили $\frac{q}{c} + L\ddot{q} = 4\text{В}$
 дрос, колебания останавливаются, когда ток в схеме упадет до нуля.
 $q(0) = 0$ $6\text{В} = 120 \text{ мкВ}$ $q_1^* = q - 80 \text{ мкВ}$

$$I(0) = 0 = q_0 \omega_0 \sin(\omega_0 t + \varphi) \quad \ddot{q} = \ddot{q}_1$$

(откуда $\varphi = 0$)

$$\frac{1}{Lc} q_1 + \ddot{q}_1 = 0$$

$$q = 80 \text{ мкВ} + q_0 \cos(\omega_0 t + \varphi)$$

$$(\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{Lc}})$$

$$I = q_0 \omega_0 \sin(\omega_0 t + \varphi)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{array}{r} 17 \\ 17 \\ \hline 119 \\ 12 \\ \hline 289 \end{array}$$

По т. косинусов: $V^2 + U^2 - 2VU \cos(\alpha + \beta) = U_{\text{отн}}^2$

$$U_{\text{отн}}^2 = 1600 \frac{\text{см}^2}{\text{с}^2} + 2601 \frac{\text{см}^2}{\text{с}^2} - 2 \cdot 40 \cdot 51 \frac{\text{см}^2}{\text{с}^2} \cdot$$

$$\cdot (\cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta)$$

Угол α — разность направлений $(0^\circ < \alpha < 180^\circ)$,
 $0^\circ < \beta < 180^\circ$, т.е. $\sin \alpha > 0$ и $\sin \beta > 0$,

тогда $\sin \alpha = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} = \frac{4}{5}$,

$$\cos \alpha \sin \beta = \sqrt{1 - \cos^2 \beta} = \sqrt{\frac{289 - 64}{289}} = \frac{15}{17},$$

$$\begin{aligned} U_{\text{отн}}^2 &= 4201 \frac{\text{см}^2}{\text{с}^2} - 4080 \frac{\text{см}^2}{\text{с}^2} \cdot \left(\frac{3}{5} \cdot \frac{8}{17} - \right. \\ &\quad \left. - \frac{4}{5} \cdot \frac{15}{17} \right) = 4201 \frac{\text{см}^2}{\text{с}^2} - 4080 \frac{\text{см}^2}{\text{с}^2} \left(\frac{24 - 60}{85} \right) = \\ &= 4201 \frac{\text{см}^2}{\text{с}^2} + 4080 \frac{\text{см}^2}{\text{с}^2} \cdot \frac{36}{85} = 4201 \frac{\text{см}^2}{\text{с}^2} + \\ &+ 816 \frac{\text{см}^2}{\text{с}^2} \cdot \frac{36}{17} = 4201 \frac{\text{см}^2}{\text{с}^2} + 48 \frac{\text{см}^2}{\text{с}^2} \cdot 36 = \\ &= 5929 \frac{\text{см}^2}{\text{с}^2}; \quad U_{\text{отн}} = \sqrt{5929} \frac{\text{см}}{\text{с}} \end{aligned}$$

$$\begin{array}{r} 816 \\ 68 \\ \hline 136 \\ 136 \\ \hline 0 \end{array} \quad \begin{array}{r} 17 \\ 148 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 4 \\ 48 \\ \times 36 \\ \hline 288 \\ 144 \\ \hline 1728 \end{array}$$

Ответ: $\sqrt{5929} \frac{\text{см}}{\text{с}}$

✓

$$\text{Данное: } T = \frac{0,4 \text{ мд}}{v_1}$$

~~Данное: } T = \frac{0,4 \text{ мд}}{v_1}~~

$$v_1 = a T = a \frac{0,4}{v_1}$$

~~a = \frac{v_1^2}{0,4}~~

$$a = \frac{v_1^2}{0,4}$$

$$ma = q E ; \quad a = \gamma E$$

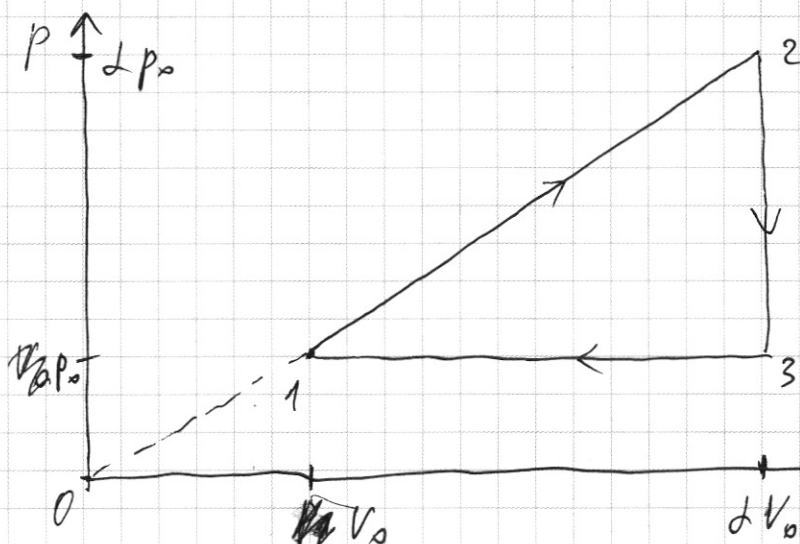
конт. между
конт.
объемным

$$\frac{v_1^2}{0,4} = \gamma E$$

$$E = \frac{v_1^2}{0,4 \gamma}$$

$$\text{Данное: } U = E d = \frac{v_1^2}{0,4 \gamma}$$

✓



$$A = (2-1)^2 \frac{p_0 V_0}{2}$$

$$\begin{aligned} Q_+ &= Q_{1-2} = \cancel{p_0 V_0} \\ &= 2R \cdot \Delta T = \\ &= 2 \cdot (2^2 p_0 V_0 - p_0 V_0) = \\ &= 2(2^2 - 1) p_0 V_0 \end{aligned}$$

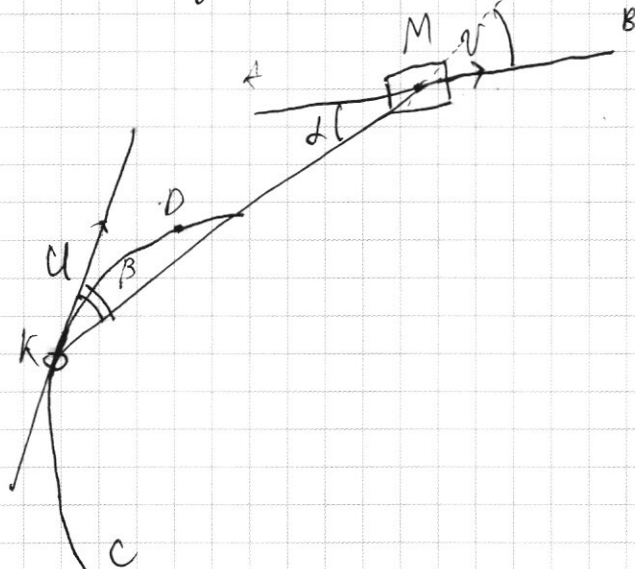
$$\eta_{\text{кар}} = \frac{A}{Q_+} = \frac{(2-1)^2 \frac{p_0 V_0}{2}}{2(2^2 - 1) p_0 V_0} = \frac{1}{4} \cdot \frac{2-1}{2+1} = \frac{1}{4} - \frac{2}{2+1}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N1.

U - скор. камня в данный момент
времени

$$\begin{array}{r} 51 \\ 51 \\ \hline 2551 \\ 2551 \\ \hline 2601 \end{array}$$



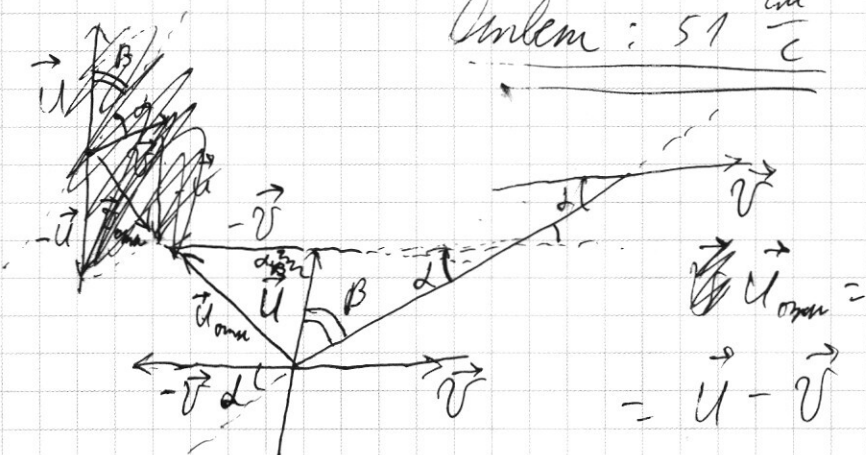
$$U \cos \alpha = U \cos \beta$$

$$\boxed{U \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = U}$$

$$U = 40 \frac{\text{cm}}{\text{c}} \cdot \frac{\frac{3}{5}}{\frac{8}{17}} = 40 \frac{\text{cm}}{\text{c}} \cdot \frac{51}{40} = 51 \frac{\text{cm}}{\text{c}}$$

Ответ: $51 \frac{\text{cm}}{\text{c}}$

$U_{\text{отн}}$ - скорости
камень отн.
шару



$$\vec{U}_{\text{отн}} = \vec{U} - \vec{v}$$

В процессе 2-3

$$C_{2-3} = C_v = \frac{3}{2} R,$$

$$C_{3-1} = C_p = \frac{5}{2} R$$

Ответ: $\frac{C_{2-3}}{C_{3-1}} = \frac{3}{5}$

Для процесса 1-2:

$$p = \text{const}$$

$$\frac{p}{V} = \text{const}$$

$$pV^\gamma = \text{const}, \text{ т.е. } \gamma = \frac{C - C_p}{C - C_v} = \frac{5/2 R - 3/2 R}{5/2 R - 3/2 R} = 1$$

C_p — постоянна при $p = \text{const}$,
 C_v — при $V = \text{const}$

$$C_v - C = C - C_p$$

$$C = \frac{C_p + C_v}{2} = 2R$$

$$\Delta Q_{1-2} = C \Delta T = C_v \Delta T + A_{1-2}$$

A_{1-2} — работа газа в пр. 1-2

ка-то нелогично
мешает б
пр. 1-2

$$A_{1-2} = \left(2R - \frac{3}{2}R\right) \Delta T = \frac{1}{2}R \Delta T$$

Ответ: $\frac{A_{1-2}}{\Delta Q} = \frac{\frac{1}{2}R \Delta T}{2R \Delta T} = \frac{1}{4}$



№3.

$$0,2d = v_1 T - \frac{aT^2}{2} = \dots \quad (aT = v_1)$$

$$= \frac{v_1 T}{2};$$

$$0,4d = v_1 T;$$

$$T = \frac{2d}{v_1}$$

Ответ:

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

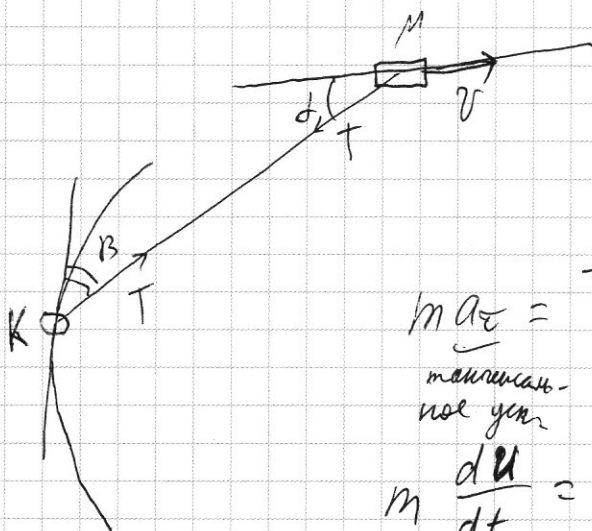
$$U = \frac{15}{12} = -4,5 \text{ V}$$

$$U = -\frac{17}{15} \cdot \frac{9}{2} \text{ V} = -\frac{12}{5} \cdot \frac{3}{2} \text{ V} =$$

$$= -\frac{51}{10} \text{ V} = -5,1 \text{ V}$$

Ответ: 5,1 V.

№1.



$$m a_{\tau} = T$$

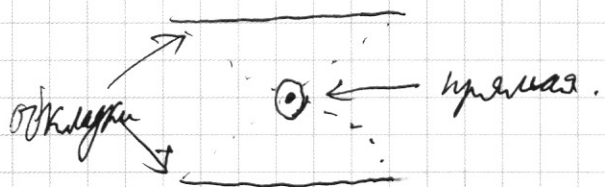
тангенс-
ное ускор.

$$m \frac{dv}{dt} = T \quad (1 + dv) \cos(\beta + d\beta) =$$

$$= v \cos(\alpha + d\alpha)$$

№3.

Проведен мысленный эксперимент.
С бесконечности переместим частицу на
прямо, параллельную одной обкладке, так,
чтобы она проходила через центр конденсатора.



П.к. частица удалена от конд., работа на это направление не будет. Теперь будем двигаться

частицу вдоль этой прямой, перп. вектору электрического поля конденсатора.

П.к. движение - перп. напряженности, работа на это также не будет потрачена.

Теперь перенесем частицу на положит. откладку, на это потрачена работа $\frac{Edq}{2}$, скорость будет равна V_1 (п.к. сила - консервативна, путь отхода не важен), т.е.

$$\frac{m V_0^2}{2} = \frac{Edq}{2} + \frac{m V_1^2}{2}$$

$$V_0^2 = U \cdot q + V_1^2$$

Ответ: $V_0 = \sqrt{V_1^2 + \frac{qU}{0,4\pi}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Рассмотрим малое перемещение
малого источника:

$$\frac{1}{d+\Delta d} \approx \frac{1}{\frac{5}{3}F+\Delta x} = \frac{1}{\frac{5}{3}F+\Delta x}$$

$$\frac{1}{d+\Delta d} = \frac{\frac{5}{3}F+\Delta x - F}{\frac{5}{3}F^2 + F\Delta x} = \frac{\frac{2}{3}F+\Delta x}{\frac{5}{3}F^2 + F\Delta x}$$

$$d+\Delta d = F \cdot \frac{\frac{5}{3}F+\Delta x}{\frac{2}{3}F+\Delta x} = F \cdot \left(1 + \frac{F}{\frac{2}{3}F+\Delta x}\right) = F \cdot \left(1 + \frac{F(\frac{2}{3}F-\Delta x)}{\frac{4}{9}F^2 - \Delta x^2}\right) = F \cdot \left(1 + \frac{\frac{2}{3}F-\Delta x}{\frac{4}{9}F}\right) =$$

$$= F \left(2,5 - \frac{9}{4} \frac{\Delta x}{F}\right) = 2,5F - \frac{9}{4}\Delta x$$

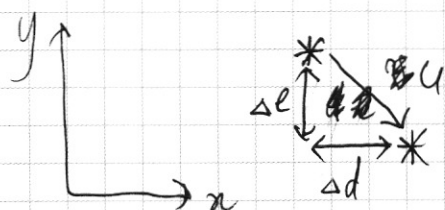
При этом:

$$l+\Delta l = \frac{8}{15}F \cdot \frac{d+\Delta d}{\frac{5}{3}F+\Delta x} = \frac{8}{15}F \cdot \frac{2,5F-\frac{9}{4}\Delta x}{\frac{5}{3}F+\Delta x} = \frac{8}{15}F \cdot \frac{(2,5F-\frac{9}{4}\Delta x)(\frac{5}{3}F-\Delta x)}{\frac{25}{9}F^2 - \Delta x^2} = \frac{8}{15}F \cdot \frac{25F^2 - 25F\Delta x - \frac{45}{4}\Delta x^2 + 4\Delta x^2}{\frac{25}{9}F^2 - \Delta x^2} = \frac{8}{15}F \cdot \frac{25F^2 - 25F\Delta x - \frac{25}{4}\Delta x^2}{\frac{25}{9}F^2 - \Delta x^2} = \frac{8}{15}F \cdot \frac{25F^2 - 25F\Delta x - \frac{25}{4}\Delta x^2}{\frac{25}{9}F^2 - \Delta x^2}$$

$$= \frac{8}{15} F \cdot \frac{\frac{25}{6} F^2 - 6,25 F \Delta x + \frac{9}{4} \Delta x^2}{\frac{25}{9} F^2} = \frac{8}{15} F \cdot \frac{\frac{25}{6} F - \frac{25}{4} \Delta x}{\frac{25}{9} F} =$$

$$= \frac{8}{15} \cdot \frac{6F - 9\Delta x}{4} = \frac{2}{15} (6F - 9\Delta x) =$$

$$= \frac{4}{5} F - \frac{6}{5} \Delta x$$



Решим:

$$= \frac{24}{45} = \frac{8}{15}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta l}{\Delta d} = \frac{\left(\frac{6}{5}\right)}{\left(\frac{9}{4}\right)} =$$

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \quad / \cdot \frac{d}{dt}$$

$$-U_x \frac{1}{d^2} - v_f \cdot \frac{1}{f^2} = 0$$

(v_f — скорость изм. длины f)

$$U \cos \alpha \cdot \frac{1}{6,25 F^2} + 2v \cdot \frac{1}{\frac{25}{9} F^2} = 0$$

$$U \cos \alpha = -2v \cdot \frac{6,25}{\frac{25}{9}} = -2v \cdot \frac{\frac{25}{4}}{\frac{25}{9}} =$$

$$= -2v \cdot \frac{9}{4} = -4,5v,$$

$$\cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{8}{15}\right)^2}} = \frac{15}{17}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~~40 мкА~~

$$\dot{I}(0) = \omega \frac{q}{C} = q_0 \omega^2 \cos(\omega_0 t) =$$

$$= \frac{q_0}{L C}; \quad q_0 = 0,25 \text{ нКл} \cdot 10 \text{ мкс} \cdot \omega \frac{1}{C} = 40 \text{ мкА}$$

Ответ:

$$I_{\max} = q_0 \omega = q_0 \cdot \sqrt{\frac{1}{LC}} =$$

$$= 40 \text{ мкА} \cdot \frac{1}{4 \cdot 10^{-8} \cdot 2 \cdot 10^{-6}} = 20 \text{ мА}$$

$$(\sin \alpha \leq 1)$$

$I = 0$ при фазе, равной π ,
т.к. колебания закончатся после падения
 I до нуля, то $I = 0$ при фазе π ,
тогда установившееся значение q :

$$q_{\text{уст}} = 80 \text{ мкКл} + q_0 \cos \pi = 80 \text{ мкКл} - 40 \text{ мкКл} = 40 \text{ мкКл}$$

$$q(0) = 240 \text{ мкКл} = K + q_0 \cos 0 =$$

$$= K + 40 \text{ мкКл}, \quad K = 200 \text{ мкКл}$$

Ответ:

$$q_{\text{уст}} = K - q_0 = 160 \text{ мкКл}$$

$$U_{\text{уст}} = \frac{q_{\text{уст}}}{C} = 8$$

~~уст. напря.~~
~~на конд.~~

Ответ:

$$U_{\text{уст}2} = \frac{q_{\text{уст}}}{C} = 2 \text{ В}$$

A free body diagram of a beam of length d . The left end is a fixed support. A horizontal force F is applied to the right at the fixed support. A horizontal force f is applied to the left at the right end. A vertical force $\frac{8}{15}F$ acts upwards and a horizontal force $\frac{F}{3}$ acts to the right at the fixed support. The right end is a roller support where a horizontal force $F - \frac{F}{3} = \frac{2}{3}F$ acts to the left and a vertical force $\frac{8}{15}F$ acts downwards. A dashed vertical line indicates the original position of the right end.

Торга :

$$\frac{1}{d} + \frac{3}{5f} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{d} = \frac{5-3}{5F} = \frac{2}{5F}$$

Ans: $d = 2,5 \text{ F}$

В данный момент

буона узор правна $l = \frac{8}{15} F \cdot \frac{d}{5F} =$

$$\left(\square = \frac{d}{\sum_{3} F} \right)$$

$$= \frac{8}{15} F \cdot \frac{\frac{5}{2} F}{\frac{5}{3} R} = \frac{8}{15} F \cdot \frac{3}{2} = \frac{4}{5} F$$

