

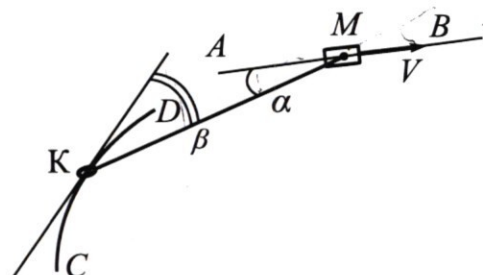
Олимпиада «Физтех» по физике, фс

Класс 11

Вариант 11-03

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

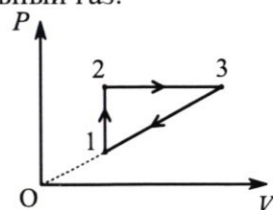
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 34$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,3$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 0,53$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/4$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент нить составляет угол α ($\cos \alpha = 15/17$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 3/5$) с направлением движения кольца.



- ✓ 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити 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 повышение температуры газа.
- ✓ 2) Найти в изобарном процессе отношение изменения внутренней энергии газа к работе газа.
- ✓ 3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



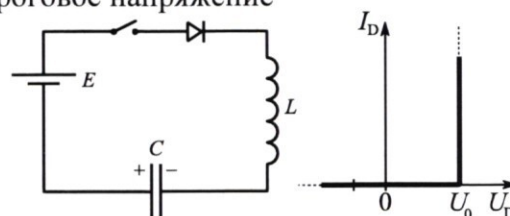
3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки, радиус обкладок намного больше расстояния d между обкладками. Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,3d$ от отрицательно заряженной обкладки стартует с нулевой начальной скоростью отрицательно заряженная частица и вылетает из конденсатора перпендикулярно обкладкам со скоростью V_1 . Удельный заряд частицы $\frac{|q|}{m} = \gamma$.

- ✓ 1) Через какое время T частица будет находиться на одинаковых расстояниях от обкладок?
- ✓ 2) Найдите величину Q заряда обкладок конденсатора.
- 3) С какой скоростью V_2 будет двигаться частица 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.

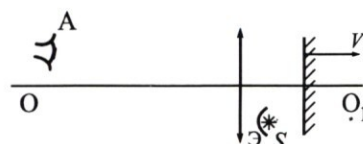
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 2$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ 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.



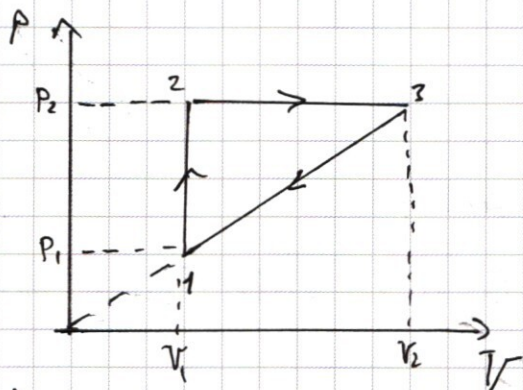
5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $3F/4$ от оси OO_1 и на расстоянии плоскости $F/4$ от линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1 . В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии $3F/4$ 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

Задача 2



1) Повышение температуры произошло в процессе 1-2 и процессе 2-3, (т.е. в изохорном нагревании и изобарном расширении).

2) $C_{12} = \frac{Q_{12}}{\Delta T_{12}}$, где C_{12} - молярная теплоемкость газа в процессе 1-2, Q_{12} - количество теплоты сообщенное газу в этом процессе;

$Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12}$; где A_{12} - работа газа; ΔU_{12} - изменение внутренней энергии в процессе 1-2. Т.к. процесс 1-2 - изохорное нагревание;

следовательно $A_{12} = 0$; $\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12}$

или $Q_{12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12}$

$$C_{12} = \frac{\frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12}}{\nu \Delta T_{12}} = \frac{3}{2} R$$

3) $C_{23} = \frac{Q_{23}}{\Delta T_{23}}$; где C_{23} - молярная теплоемкость газа в процессе 2-3, Q_{23} - кол-во теплоты, сообщенное газу, ΔT_{23} - изменение температуры.

Т.к. процесс 2-3 изобарное расширение, следовательно

$$Q_{23} = A_{23} + \Delta U_{23}$$

Т.к. процесс 2-3 изобарное расширение, следовательно

$$A_{23} = p_2 \Delta V = p_2 (V_2 - V_1) = p_2 V_2 - p_2 V_1 = \nu R T_2 - \nu R T_1 = \nu R (T_2 - T_1) = \nu R \Delta T_{23}$$

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23}$$

$$Q_{23} = \nu R \Delta T_{23} + \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23} = \frac{5}{2} \nu R \Delta T_{23}$$

$$C_{23} = \frac{\frac{5}{2} \nu R \Delta T_{23}}{\nu \Delta T_{23}} = \frac{5}{2} R$$

$$\frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{3R \cdot 2}{2 \cdot 5 \cdot R} = \frac{3}{5}$$

$$\text{Ответ: } \frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{3}{5}$$

2) В процессе 2-3: изобарное расширение:

$$A_{23} = p_2 \Delta V = p_2 (V_2 - V_1) = p_2 V_2 - p_2 V_1 = \nu R T_3 - \nu R T_2 = \nu R (T_3 - T_2) = \nu R \Delta T_{23}$$

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23}$$

$$\frac{\Delta U_{23}}{A_{23}} = \frac{\frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23}}{\nu R \Delta T_{23}} = \frac{3}{2}$$

$$\text{Ответ: } \frac{\Delta U_{23}}{A_{23}} = \frac{3}{2}$$

3) $\eta = \frac{A_n}{Q_{об}}$; где A_n - работа газа за цикл; $Q_{об}$ - кол-во теплоты, сообщенное газу.

A_n - ~~разность~~ численно равна площади цикла.

$$A_n = \frac{(p_2 - p_1)(V_2 - V_1)}{2}$$

$Q_{об}$ - сумма всех теплот, которые сообщают газу теплоту.

$$Q_{об}, Q_{12} + Q_{23} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12} + \frac{5}{2} \nu R \Delta T_{23} = \frac{3}{2} (p_2 - p_1) V_1 + \frac{5}{2} p_2 (V_2 - V_1) = \frac{1}{2} (5 p_2 V_2 - 3 p_1 V_1 - 2 p_2 V_1)$$

Т.к. p прямопропорционально зависит от V , то можно представить $p = \alpha V$ где α - коэффициент пропорциональности.

$$p_2 = \alpha V_2$$

$$p_1 = \alpha V_1$$

$$A_n = \frac{\alpha (V_2 - V_1)^2}{2}; Q_{об}, \frac{1}{2} (5 \alpha V_2^2 - 3 \alpha V_1^2 - 2 \alpha V_2 V_1)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

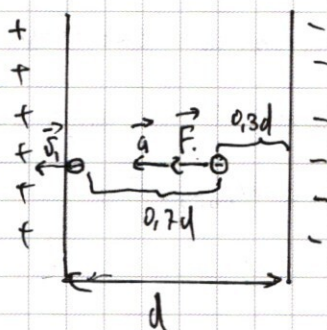
$$\eta = \frac{2\alpha(V_2 - V_1)^2}{2(5\alpha V_2^2 - 3\alpha V_1^2 - 2\alpha V_2 V_1)} = \frac{(V_2 - V_1)^2}{5V_2^2 - 2V_2 V_1 - 3V_1^2} = \frac{(V_2 - V_1)^2}{(V_2 - V_1)(5V_2 + 3V_1)} = \frac{V_2 - V_1}{5V_2 + 3V_1} =$$

$$= \left(\frac{5V_2 + 3V_1}{V_2 - V_1} \right)^{-1} = \left(5 + \frac{8V_1}{V_2 - V_1} \right)^{-1}; \text{ Для того, чтобы } \eta \text{ было максимальным}$$

$$\frac{\Delta V_1}{V_2 - V_1} \text{ должно стремиться к нулю, тогда } \eta = 5^{-1} = \frac{1}{5} = 0,2 \text{ (20\%)}$$

- Ответ: 1) $\frac{C_{12}}{C_{23}}, \frac{3}{5}$
 2) $\frac{\Delta C_{12}}{A_{23}}, \frac{3}{2}$
 3) $\eta = 0,2$

Задача 3



Дано:

$$q, \frac{181}{\text{м}}$$

d

v_1

I 1) Т.к. площадь обкладок намного больше расстояния d между ними, можно сказать, что между обкладками существует однородное электрическое поле, следовательно на заряд будет действовать постоянная сила и следовательно скорость будет изменяться равномерно.

2) Запишем уравнение для равноускоренного движения

$$0,7d = \frac{v_1^2}{2a}, \text{ где } a - \text{ускорение частицы}$$

$$a = \frac{v_1^2}{1,4d}$$

3) Для того, чтобы частица находилась на равных расстояниях между облучениями, ей надо пройти $0,2d$

$$0,2d = \frac{at^2}{2}; \text{ где } t - \text{это искомое время.}$$

$$0,4d = at^2$$

$$0,4d = \frac{v_1^2}{1,4d} t^2$$

$$\frac{14d^2}{25v_1^2} = t^2$$

$$t = \frac{d\sqrt{14}}{5v_1}$$

$$\text{ответ: } \frac{d\sqrt{14}}{5v_1}$$

III) По Закону о сохранении энергии:

$W_{кин1} + W_{пот1} = W_{кин2} + W_{пот2}$, где $W_{кин}$ - кинетическая энергия,

$W_{пот}$ - потенциальная энергия частицы. Сначала частица имеет нулевую скорость, т.е. $W_{кин1} = 0$; а в конце частица находится на бесконечно большом расстоянии, т.е. $W_{пот2} = 0$

$$W_{пот1} = Eqd$$

$$W_{кин2} = \frac{mv_2^2}{2}$$

$$Eqd = \frac{mv_2^2}{2}$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{2Eqd}{m}} = \sqrt{2Exd}$$

По 2-ому закону Ньютона (для начальной ситуации):

$$F = ma$$

$$F = 2Ex$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$2Eq = ma$$

$$E = \frac{ma}{2q} = \frac{a}{2q}$$

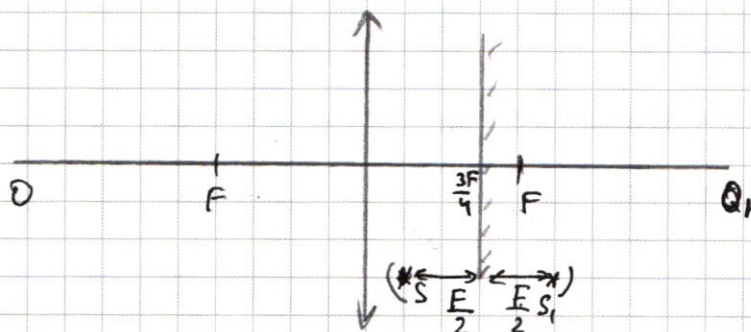
$$a = \frac{v_1^2}{1.4d}$$

$$E = \frac{v_1^2}{2.8d}$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot v_1^2 \cdot d}{2.8d}} = v_1 \sqrt{\frac{1}{1.4}} = v_1 \sqrt{\frac{10}{14}} = v_1 \sqrt{\frac{5}{7}} = \frac{v_1 \sqrt{35}}{7}$$

Ответ: $v_2 = \frac{v_1 \sqrt{35}}{7}$

Вопрос Задача 5



I) S_1 - изображение источника света S . S_1 находится на расстоянии $\frac{3F}{4}$ от плоской линзы.

чтобы наблюдатель А мог видеть картину, должно выполняться равенство:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}, \text{ где } F - \text{фокусное расстояние, } d - \text{расстояние от}$$

источника изображения источника света S (т.е. от точки S), f - расстояние от линзы до наблюдателя.

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

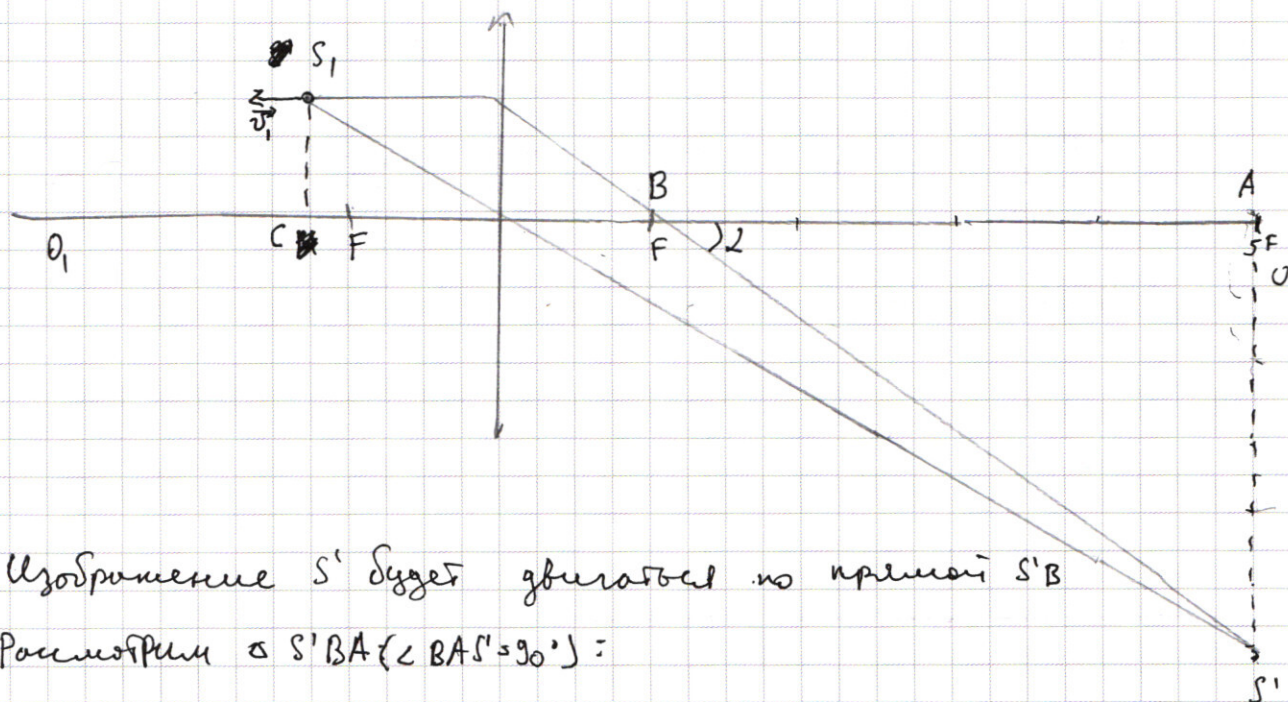
$$f = \frac{d \cdot F}{d - F}$$

$$d = \frac{5}{4}F$$

$$f = \frac{\frac{5}{4}F^2}{\frac{1}{4}F} = 5F$$

Ответ: $5F$ — расстояние от наблюдателя A до линзы.

II)



1) Изображение S' будет двигаться по прямой $S'B$

Рассмотрим $\triangle S'BA$ ($\angle BAS' = 90^\circ$):

$$BA = 4F$$

$$2) \frac{S'A}{S'C} = \frac{f}{d} = \frac{5F}{\frac{5}{4}F} = 4$$

$$S'A = 4S'C; S'C = \frac{3}{4}F$$

$$S'A = 3F$$

$$4) \tan \alpha = \frac{S'A}{AB} = \frac{3F}{4F} = \frac{3}{4}, \text{ где } \alpha - \text{ угол движения изображения к оси } OO_1$$

$$\text{Ответ: } \tan \alpha = \frac{3}{4}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

III Пусть v_1 - скорость S_1 (изображения источника света S в зеркале), тогда $v_1 = 2v$, где v - скорость зеркала

Пусть v_2 - скорость изображений (точка S'_1)

$$v_2 = \Gamma^2 \cdot v_1$$

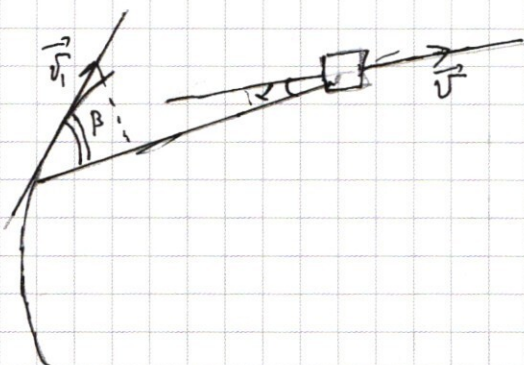
$$\Gamma = \frac{f}{d} = 4$$

$$v_1 = 2v$$

$$v_2 = 32v$$

Ответ: $32v$

Задача 1



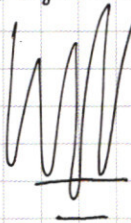
I) Пусть v_1 - скорость колеса в этот момент, тогда, чтобы двигаться колесо двинулось, как единое целое:

$$v_1 \cos \beta = v \cos \alpha$$

$$v_1 = \frac{v \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{v \cdot 15 \cdot 5}{17 \cdot 3} = \frac{75}{51} v$$

Ответ: $\frac{75}{51} v$

Задача 3:



Задача 3

II) $E = \frac{Q}{\epsilon_0 S}$, где E - напряженность; Q - заряд обкладки, S - площадь

обкладки

~~из формулы~~ $E = \frac{U_1^2}{2,88 d}$ (из решения прошлого (3-его)

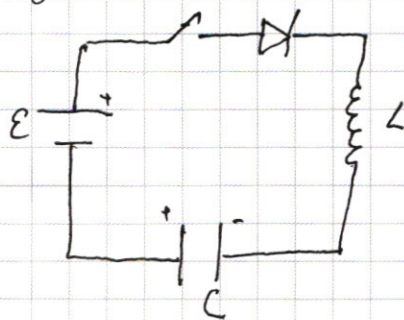
подсчитана)

$$\frac{U_1^2}{2,88 d} = \frac{Q}{\epsilon_0 S}$$

$$Q = \frac{\epsilon_0 U_1^2 S}{2,88 d}$$

ответ: $Q = \frac{\epsilon_0 U_1^2 S}{2,88 d}$

Задача 4



Дано:

$$E = 6 \text{ В}$$

$$U_1 = 2 \text{ В}$$

$$C = 40 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$L = 0,1 \text{ Гн}$$

$$U_0 = 1 \text{ В}$$

I) $E_{is} = L I'$, где E_{is} - ЭДС самоиндукции; I' - скорость изменения тока

В момент замыкания ключа $E_{is} = E + U_1$

$$E + U_1 = L I'$$

$$I' = \frac{E + U_1}{L}$$

$$I' = \frac{6+2}{0,1} = 80 \text{ (А/с)}$$

ответ: $80 \frac{\text{А}}{\text{с}}$

☐ черновик ☒ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № 8

(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

I) $\mathcal{E}_{is} = L I_1'$, где $\mathcal{E}_{is}$ - ЭДС самоиндукции; I_1' - скорость возрастания тока. В момент замыкания ключа $\mathcal{E}_{is} = \mathcal{E} - U_1$

$$\mathcal{E} - U_1 = L I_1'$$

$$I_1' = \frac{\mathcal{E} - U_1}{L}$$

$$I_1' = \frac{6-2}{0,1} = 40 \left(\frac{A}{c} \right)$$

Ответ: $I_1' = 40 \frac{A}{c}$

II) Максимальный ток после замыкания ключа будет в момент, когда конденсатор полностью разрядится, т.е. $U_1 = 0$

$$\mathcal{E}_{is} = \mathcal{E} \quad \cdot \frac{C U_1^2}{2} + C \mathcal{E} U_1 = \frac{L I_{max}^2}{2}$$

$$L I_{max}^2 = C U_1 (U_1 + 2\mathcal{E})$$

$$I_{max} = \sqrt{\frac{C U_1 (U_1 + 2\mathcal{E})}{L}}$$

II) Максимальный ток после замыкания ключа будет в момент, когда конденсатор перезарядится до ЭДС.

$$\frac{C U_1^2}{2} + C \mathcal{E} (U_1 + \mathcal{E}) = \frac{C \mathcal{E}^2}{2} + \frac{L I_{max}^2}{2}$$

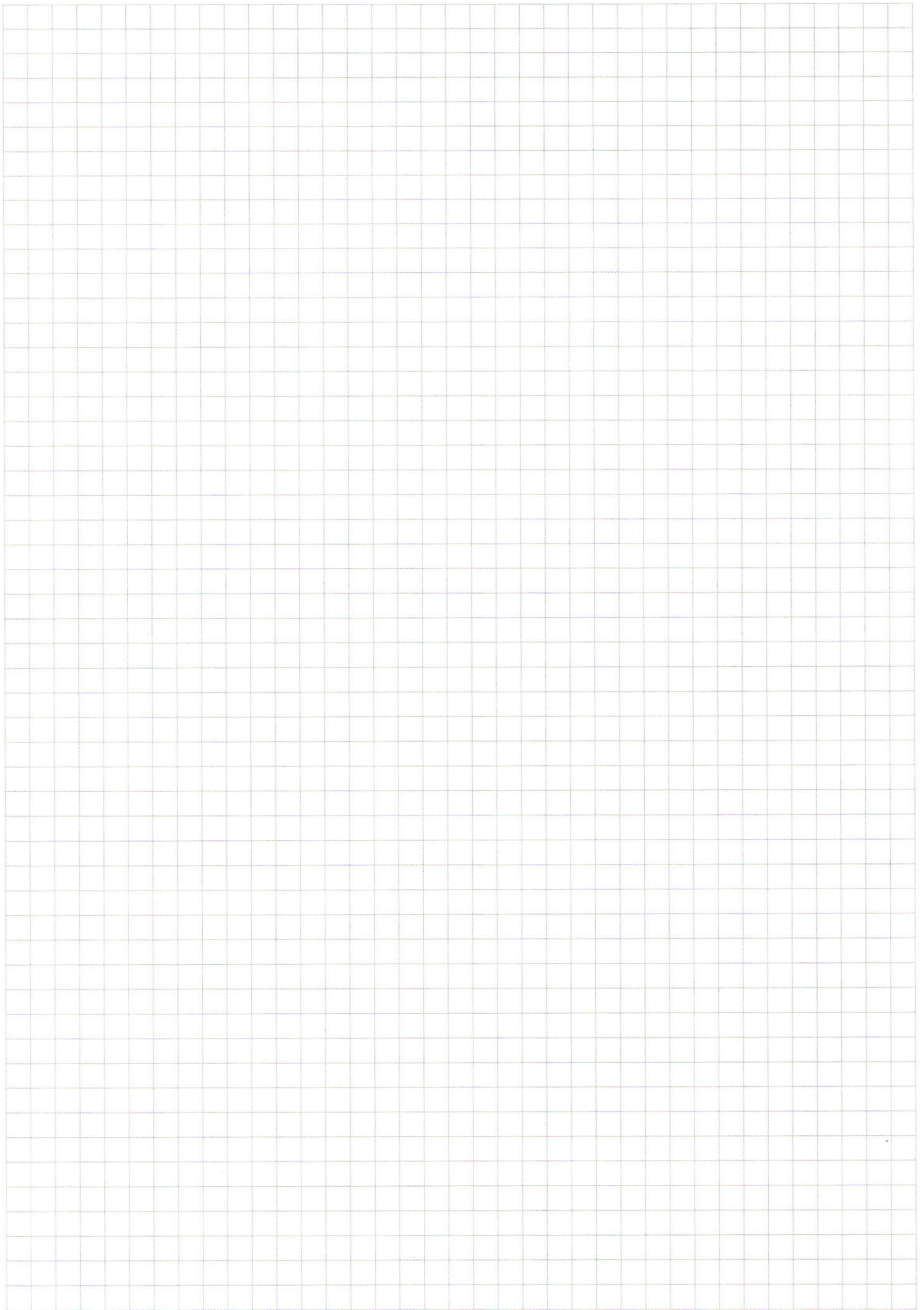
$$C U_1^2 + 2 C \mathcal{E} U_1 + 2 C \mathcal{E}^2 - C \mathcal{E}^2 = L I_{max}^2$$

$$C (U_1^2 + 2 \mathcal{E} U_1 + \mathcal{E}^2) = L I_{max}^2$$

$$I_{max} = (U_1 + \mathcal{E}) \sqrt{\frac{C}{L}}$$

$$I_{max} = (2+6) \sqrt{\frac{40 \cdot 10^{-6}}{0,1}} = 8 \cdot 20 \cdot 10^{-3} = 160 \cdot 10^{-3} = 0,16 (A)$$

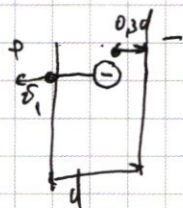
Ответ: $I_{max} = 0,16 A$.



☐ черновик ☒ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № 10
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\gamma = \frac{1}{\beta} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

v

d

$T = ?$

$$0.7d = \frac{v^2}{2a} = \frac{v^2}{4E\gamma}$$

$\leftarrow$

E_{fd}

$$E = \frac{2\gamma^2}{2.88d}$$

$$\frac{m \cdot 10^7}{c^2 \cdot 10^3 \cdot m} \cdot \frac{H}{10^3}$$

$$\frac{2}{3} \cdot \frac{1}{5}$$

$$2E\gamma = ma = \frac{mv^2}{r}$$

$$0.2d = \frac{v^2}{2a} = \frac{v^2}{2} \cdot \frac{2}{a} = \frac{v^2}{2} \cdot \frac{2}{a}$$

$$\frac{24 \cdot 14}{10 \cdot 10} = \frac{14}{25}$$

$$E = \frac{kq}{r^2}$$

$$E_{fd1} + E_{fd2}$$

$$E = \frac{v^2}{2.88d} = \frac{v^2}{E_0}$$

k

$$\frac{k \cdot (H \cdot m)}{10^3 \cdot 10^3}$$

E

$$E\gamma(0.3d + 0.7d) = \frac{mv^2}{2}$$

$$E\gamma d = \frac{mv^2}{2}$$

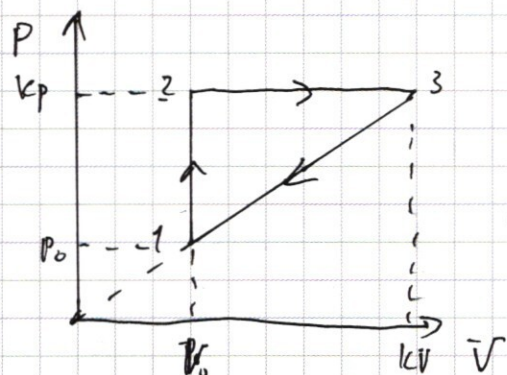
$$\frac{2E\gamma d}{m} = v^2$$

$$\sqrt{2E\gamma d}$$

11.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 2



$$C_{12} = \frac{Q}{\Delta T} V$$

$$f(V_1) = -5V_2 - 3V_1 - 3V_2 + 2V_1$$

$$Q_{12} = \frac{3}{2} p_0 V_0 \Delta T = \frac{3}{2} p_0 V_0 (k-1) \Delta T, \quad \Delta T = \frac{p_0 V_0 (k-1)}{n R}$$

$$C_{12} = \frac{\frac{3}{2} p_0 V_0 (k-1)}{\Delta T} = \frac{3}{2} \frac{p_0 V_0 (k-1)}{p_0 V_0 (k-1)} = \frac{3}{2} R$$

$$C_{23} = \frac{Q_{23}}{\Delta T}$$

$$Q_{23} = A \cdot \Delta U = k p_0 V_0 (k-1) + \frac{3}{2} p_0 V_0 (k-1) = \frac{5}{2} k p_0 V_0 (k-1)$$

$$C_{23} = \frac{\frac{5}{2} k p_0 V_0 (k-1)}{\Delta T} = \frac{5}{2} k$$

$$\frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{3}{5}$$

$$\eta = \frac{A}{Q}$$

$$A = \frac{p_1 (k-1) \cdot V_1 (k-1)}{2} = \frac{p_1 V_1 (k-1)^2}{2}$$

$$Q = Q_{12} + Q_{23} = \frac{3}{2} p_1 V_1 (k-1) + \frac{5}{2} k p_1 V_1 (k-1) = \frac{p_1 V_1 (k-1)}{2} (3 + 5k)$$

$$1 = 3$$

$$\frac{C_{12}}{C_{23}} = ?$$

$$3y^2 - 2xy - 3x^2 = 0$$

$$D = 4y^2 + 60x^2 = 64x^2$$

$$y = \frac{2x \pm 8x}{10}$$

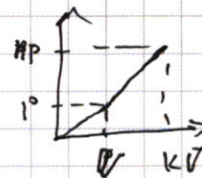
$$\eta = \frac{2 p_1 V_1 (k-1)^2}{2 p_1 V_1 (k-1) (3 + 5k)}$$

$$= \frac{k-1}{3+5k}$$

$$\eta = \frac{k-1}{3+5k}$$

$$A_n = \frac{p(k-1) \cdot V(k-1)}{2} = \frac{pV(k-1)^2}{2}$$

$$Q_{12} = \frac{3}{2} \Delta R \Delta T = \frac{3}{2} (kpV - pV) = \frac{3}{2} pV(k-1)$$



$$Q_{23} = \frac{5}{2} kpV(k-1) + \frac{3}{2} pV k(k-1) = \frac{5}{2} pV k(k-1)$$

$$Q_3 = \frac{pV(k-1)}{2} (3 + 5k)$$

$$\eta = \frac{k-1}{3+5k}$$

$$f(k) = \frac{3+5k-5k+5}{3+5k} = \frac{8}{3+5k}$$

$$p = \alpha V$$

$$kpV = npV$$

$$\frac{p_1}{V_1} = \frac{h p_1}{k V_1} = \alpha$$

$$p k(V)$$

$$A_n = \frac{(p_2 - p_1)(V_2 - V_1)}{2} = \frac{pV(n-1)(p-1)}{2} = \frac{\alpha V^2(n-1)(k-1)}{2} = \frac{\alpha (V_2 - V_1)^2}{2}$$

$$Q_{12} = \frac{3}{2} \Delta R \Delta T = \frac{3}{2} (pVn - pV) = \frac{3}{2} pV(n-1) = \frac{3}{2} \alpha V^2(n-1)$$

$$Q_{23} = \frac{5}{2} \Delta R \Delta T = \frac{5}{2} npV(k-1) = \frac{5}{2} n \alpha V^2(k-1)$$

$$5k^2 - 2k - 3 = 0$$

$$D = 4 + 60 = 64$$

$$Q_{12} = \frac{\alpha V^2}{2} (3n-3+5nk-5n) = \frac{\alpha V^2}{2} (5nk-3-2n)$$

$$\frac{2 \pm 8}{10} = \frac{1}{5}$$

$$\frac{A}{Q} = \frac{(n-1)(k-1)}{5nk-3-2n} = \frac{k-1}{5k+3}$$

$$A_{12} = \frac{3}{2} p_2 (V_2 - V_1) = \frac{3}{2} \alpha V_2 (V_2 - V_1) = \frac{3}{2} V_1 (p_2 - p_1) = \frac{3}{2} \alpha V_1 (V_2 - V_1)$$

$$Q_{12} = \frac{5}{2} p_2 (V_2 - V_1) = \frac{5}{2} \alpha V_2 (V_2 - V_1)$$

$$Q_{12} = \frac{\alpha (V_2 - V_1)}{2} (3V_1 + 5V_2)$$

$$A_n = \frac{p_2 (V_2 - V_1)}{2} -$$

$$- \frac{(p_2 + p_1)(V_2 - V_1)}{2} =$$

$$\frac{A}{Q} = \frac{V_2 - V_1}{3V_1 + 5V_2} = \frac{k-1}{3+5k} = \frac{5k+3-4-4k}{3+5k} = 1 - \frac{4(1+k)}{3+5k}$$

$$\eta = \frac{8}{12+10k-20-20k}$$

$$12+10k-20-20k$$

$$\alpha V_2^2 - \alpha V_2^1 - \alpha V_1 V_2$$

$$\frac{3}{2} p_2 V_1 - \frac{3}{2} p_1 V_1 + \frac{5}{2} p_1 V_2 - \frac{5}{2} p_2 V_1 =$$

$$= \frac{3}{2} p_2 V_1 - \frac{5}{2} p_2 V_2 - \frac{3}{2} p_1 V_1 + \frac{5}{2} p_1 V_2 =$$