

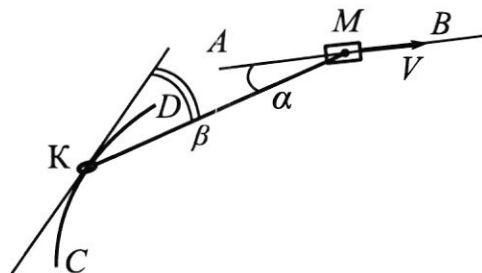
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-03

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

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.



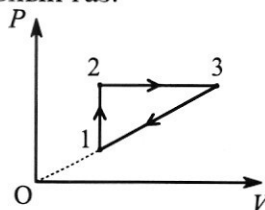
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

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.



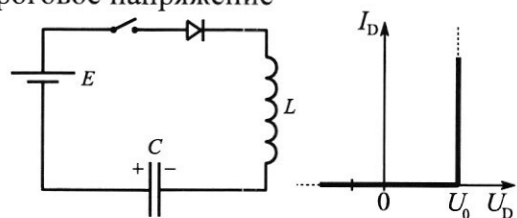
3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки, радиус обкладок намного больше расстояния d между обкладками. Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,3d$ от отрицательно заряженной обкладки стартует с нулевой начальной скоростью отрицательно заряженная частица 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.



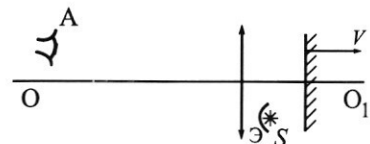
- 1) Найти скорость возрастания тока сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти максимальный ток после замыкания ключа.
- 3) Найти установившееся напряжение U_2 на конденсаторе после замыкания ключа.

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

1) Дано:

$$V = 34 \text{ м/с}$$

$$m = 0,3 \text{ кг}$$

$$R = 0,58 \text{ м}$$

$$l = 5R/4$$

$$\cos \alpha = \frac{15}{17}$$

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

Пусть u - скорость кольца

Будем считать шти нерастяжимым
(уточнено у организаторов)

Тогда проекции скоростей
мотора и кольца на ось,
параллельную шти должны

быть равны (иначе шти

растягивается) и:

тогда:

$$V \cos \alpha = u \cos \beta$$

$$u = V \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{34 \cdot \frac{15}{17} \cdot 5}{3} = 50 \text{ м/с}$$

Найти:

1) u

2) $u_{\text{отн}}$

3) T

Пусть скорость кольца относительно мотора равна $u_{\text{отн}}$

$$\vec{u}_{\text{отн}} = \vec{u} - \vec{V}$$

Рассмотрим проекции этих векторов на ось, параллельную
шти (x) и ось, перпендикулярную шти (y).

$$x): u_x = u \cos \beta; V_x = V \cos \alpha; u_{\text{отн}x} = u \cos \beta - V \cos \alpha = 0$$

$$y): u_y = -u \sin \beta; V_y = V \sin \alpha; u_{\text{отн}y} = -(u \sin \beta + V \sin \alpha)$$

$$|\vec{u}_{\text{отн}}| = |u_{\text{отн}y}| = V \left(\frac{\cos \alpha \sin \beta}{\cos \beta} + \sin \alpha \right) = 34 \left(\frac{\frac{15}{17} \cdot \frac{4}{5} + \frac{8}{17}}{\frac{3}{5}} \right) = \frac{29 \cdot 28}{17} \text{ м/с} = 56 \text{ м/с}$$

Пусть сила натяжения шти равна T . Кольцо движется по окружности
радиуса R . Центробежное ускорение кольца обеспечивается проекцией
силы натяжения на ось, перпендикулярную направлению движения.
продолжение на стр. 2.

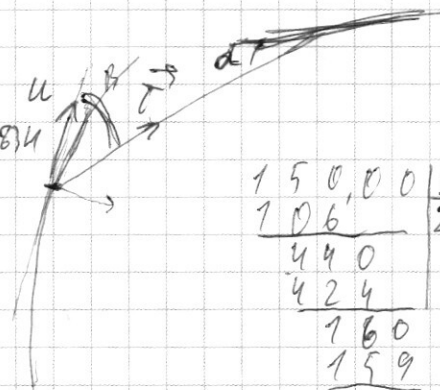
$$T \sin \beta = m \frac{u^2}{R}$$

$$T = \frac{m u^2}{R \sin \beta} = \frac{0,3 \text{ кг} \cdot (0,5 \frac{\text{м}}{\text{с}})^2}{0,53 \text{ м} \cdot \frac{4}{5}} = \frac{0,3 \cdot 5}{0,53} \text{ Н} = \frac{150}{53} \text{ Н} \approx 2,83 \text{ Н}$$

Ответ: 1) 50 %

2) 56 %

3) 2,83 Н



$$\begin{array}{r|l} 150,00 & 53 \\ \hline 106 & 283 \\ \hline 440 & \\ 424 & \\ \hline 160 & \\ 159 & \\ \hline 1 & \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Изображение источника S^H , которое
видит наблюдатель будет построено
лучом от источника S' источника S

Расстояние от источника до отражателя равно $\frac{3}{4}F - \frac{1}{4}F = \frac{1}{2}F$

Знаком рассмотреть от нуля до диаметра равно $d = \frac{1}{4} R + 2 \frac{1}{2} R$
 $d = \frac{5}{4} R$.

Вспомогательная формула плоской мизы:

$$\frac{1}{d^n} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d} = \frac{1}{F} - \frac{4}{5F} = \frac{1}{5F}$$

$$d' = 5F = \frac{Fd}{d-F}$$

Высоты, на которой видно изображение равна h .

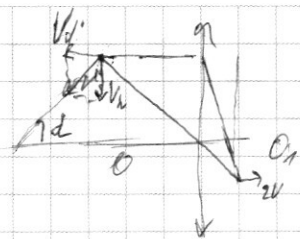
$$h = \frac{\frac{1 + \frac{3}{4}F}{1} \cdot \frac{1}{h}}{\frac{1}{h} - 1} = \frac{\frac{1 + \frac{3}{4}F}{1}}{\frac{1}{h} - 1} = \frac{0.75R^2}{d - F}$$

продолжение на стр. 4

$$\partial d' = \left(\frac{Fd'}{d-F} \right)' \partial d = - \frac{F^2}{(d-F)^2} \partial d$$

$$V_{d'} = \frac{\partial d'}{\partial t}$$

$$V_h = \frac{\partial h}{\partial t}$$



$$\partial h = \left(\frac{0,75F}{d-F} \right)' \partial d = - \frac{0,75F^2}{(d-F)^2} \partial d$$

$$\frac{\partial d}{\partial t} = 2V$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{V_h}{V_{d'}} = \frac{\partial h}{\partial d'} = 0,75 = \frac{3}{4}$$

V' - скорость излучения

$$V' = \sqrt{V_h^2 + V_{d'}^2} = \sqrt{\frac{F^4 + \frac{9}{16} F^4}{(d-F)^4} \left(\frac{\partial d}{\partial t} \right)^2} = \frac{\frac{5}{4} F^2}{(d-F)^2} \frac{\partial d}{\partial t} = \frac{2,5 F^2}{(1/4 F)^2} V = 20V$$

Ответ: 1) $5F$

2) $\operatorname{tg} \alpha = \frac{3}{4}$

3) $V' = 20V$

прим. V' - скорость излучения

$V_{d'}$ - проекция V' на OO_1

V_h - проекция V' на ось, перпендикулярную OO_1

d' - расстояние от изображения до мизра

d - расстояние от объекта до мизра

h - расстояние от изображения до оси OO_1

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3) Дано:
 $d! \frac{1}{m} = \delta!$
 $V_1! S!$
 $d < R!$

Напряженность поля между обкладками конденсатора равна $E = \frac{Q}{\epsilon_0 S}$ ($d < R$)

На заряд действует сила $F = Eq$,
направленная в сторону положительно
заряженной обкладки.

Ускорение заряда равно a .

$$ma = \frac{Qq}{\epsilon_0 S}, \quad a = \frac{Qq}{\epsilon_0 S m}$$

Поскольку заряд движется равноускоренно, верно, что:

$$2) 0,7d = \frac{V_1^2}{2a}$$

$$1) 0,2d = \frac{aT^2}{2}$$

$$0,7d = \frac{V_1^2 \epsilon_0 S}{2Qq}$$

$$Q = \frac{V_1^2 \epsilon_0 S}{1,4 d q}$$

$$T = \sqrt{\frac{0,4d}{a}} = \sqrt{\frac{0,4d \epsilon_0 S}{Qq}} =$$

$$= \sqrt{\frac{0,56 d^2 q^2}{V_1^2}} = \frac{d}{V_1} \sqrt{0,56} \quad (0,75^2 = 0,5625)$$

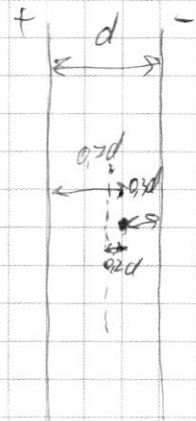
После того, как пластины вывели из конденсатора,
на нее перестают действовать силы.

Значит $V_2 = V_1$

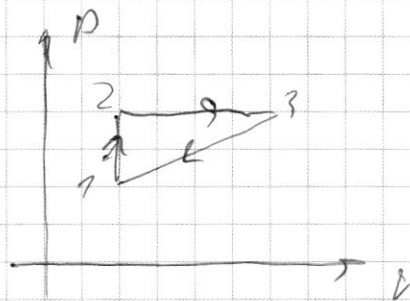
Ответ: 2) $\frac{V_1^2 \epsilon_0 S}{1,4 d q}$

$$1) \frac{d}{V_1} \sqrt{0,56} \approx \frac{0,75 d}{V_1}$$

$$3) V_1$$



2) 1) Температура повышается в
~~изотермическом~~ 1-2 и 2-3
 процессах



1-2 - изохорный процесс

$$C_{12} = \frac{i}{2} R \quad \left(\Delta Q = \frac{i}{2} R \Delta T; C_{12} = \frac{\Delta Q}{\Delta T} = \frac{i}{2} R \right)$$

2-3 - изобарический процесс

$$C_p = \frac{i+2}{2} R \quad \left(\Delta Q = \frac{i}{2} R \Delta T + P \Delta V = \frac{i}{2} R \Delta T + R \Delta T = \frac{i+2}{2} R \Delta T; C_p = \frac{\Delta Q}{\Delta T} = \frac{i+2}{2} R \right)$$

так как заданы $i=3$, значит $i=3$

$$\frac{C_p}{C_v} = \frac{i+2}{i} = \frac{5}{3}$$

$$2) \Delta U = \frac{i}{2} R \Delta T$$

$$A_{12} = P \Delta V = R \Delta T$$

$$\frac{\Delta U}{A_{12}} = \frac{i}{2} = \frac{3}{2}$$

$$3) A = 0.5(P_2 - P_1)(V_3 - V_1) = 0.5 P_1 \left(\frac{T_2 - T_1}{T_1} \right) \left(\frac{T_3 - T_2}{T_2} \right) = 0.5 R (T_2 - T_1) \left(\frac{T_3}{T_2} - 1 \right)$$

$$Q = Q_1 + Q_2 = \frac{i}{2} R \Delta T (T_2 - T_1) + \frac{i}{2} R \Delta T (T_3 - T_2) + P_2 (V_3 - V_2) =$$

$$= \frac{i}{2} R \Delta T (T_2 - T_1) + \frac{i+2}{2} R \Delta T (T_3 - T_2)$$

$$\mu = \frac{A}{Q} = \frac{(T_2 - T_1) \left(\frac{T_3}{T_2} - 1 \right)}{i (T_2 - T_1) + (i+2) (T_3 - T_2)} = \frac{T_3 - \frac{T_3 T_2}{T_2} - T_2 + T_1}{5 T_3 - 3 T_1 - 2 T_2} = \frac{T_3 - T_2 - T_1 \left(\frac{T_3}{T_2} - 1 \right)}{5 T_3 - 3 T_1 - 2 T_2}$$

Если $T_3 \gg T_2 \gg T_1$, то $\mu \approx \frac{1}{5} = 20\%$.

так у нас наибольшие значения со знаком "+" и наименьшие со знаком "-".

Ответ: 1) $\frac{C_{23}}{C_{12}} = \frac{5}{3}$

2) $\frac{3}{2}$

3) 20%

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4) Дано: ~~К-во~~

$$L = 0,1 \text{ Гн}$$

$$E = 6 \text{ В}$$

$$C = 40 \text{ мкФ}$$

$$U_1 = 2 \text{ В}$$

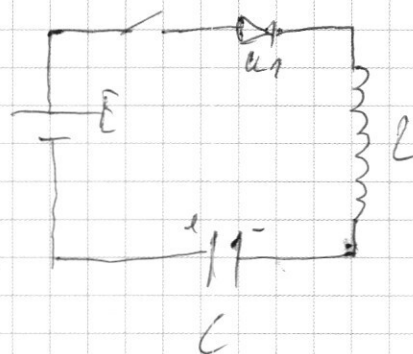
$$U_0 = 1 \text{ В}$$

Сразу после замыкания
кнопки

$$\mathcal{E}_{\text{смотн}} = E + U_1 - U_0 = 7 \text{ В}$$

$$\mathcal{E}_{\text{смотн}} = L \frac{\partial I}{\partial t}$$

$$\frac{\partial I}{\partial t} = \frac{\mathcal{E}_{\text{смотн}}}{L} = 70 \frac{\text{А}}{\text{с}}$$

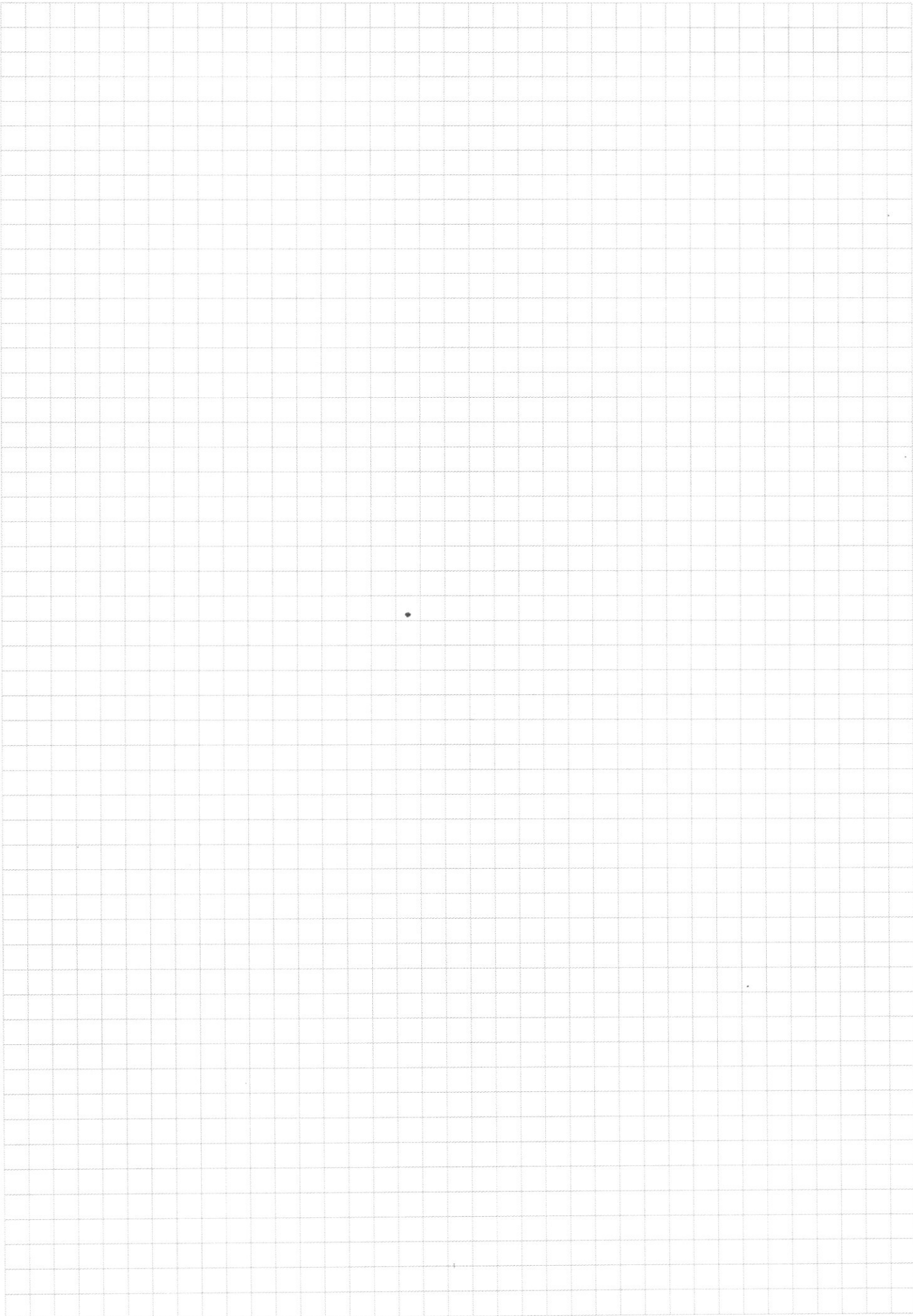


Максимальный ток в катушке будет, когда

$$\mathcal{E}_{\text{смотн}} = 0$$

$$\mathcal{E}_{\text{смотн}} = E - U_0 + U_C = E - U_0 -$$

Ответ: 1) $70 \frac{\text{А}}{\text{с}}$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\Delta U = \frac{i}{2} \int R dT = \frac{i}{2} \int R \frac{P}{P} dV$$

$$dV = \frac{2RdT}{P}$$

$$A = P \Delta V$$

$$\frac{\Delta U}{A} = \frac{i}{2} = 1,5$$

$$V \cos \alpha = V' \cos \beta$$

$$V' = V \frac{\cos \alpha}{\cos \beta}$$

$$T \sin \beta = m \frac{V'^2}{R}$$

$$T = \frac{m v^2}{R \sin \alpha}$$

$$E = \frac{Q}{\epsilon_0} = \frac{Q}{\epsilon_0 S}$$

$$a = \frac{Qq}{\epsilon_0 S R} = \frac{Qq}{\epsilon_0 S}$$

$$0,7 d = \frac{V_1^2}{2a} = \frac{V_1^2 \epsilon_0 S}{2 Q q}$$

$$Q = \frac{V_1^2 \epsilon_0 S}{0,4 d q}$$

$$\frac{h}{h+a} = \frac{F}{d}$$

$$h + \frac{a}{h} = \frac{d}{F}$$

$$h = \frac{d}{F} - 1$$

