

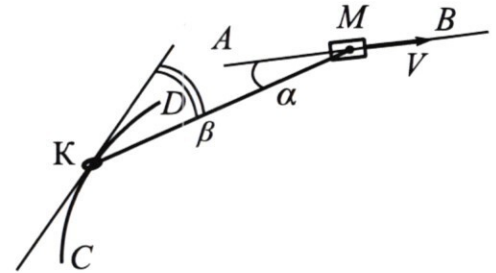
Олимпиада «Физтех» по физике, (

Класс 11

Вариант 11-01

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

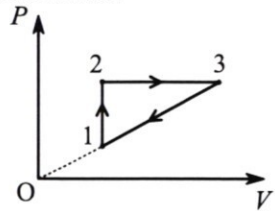
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 68$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/3$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент нить составляет угол α ($\cos \alpha = 15/17$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 4/5$) 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 количества теплоты, полученной газом, к работе газа.
- 3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки площадью S , расстояние между обкладками d ($d \ll \sqrt{S}$). Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,25d$ от положительно заряженной обкладки, стартует с нулевой начальной скоростью положительно заряженная частица и через время T вылетает из конденсатора перпендикулярно обкладкам. Удельный заряд частицы

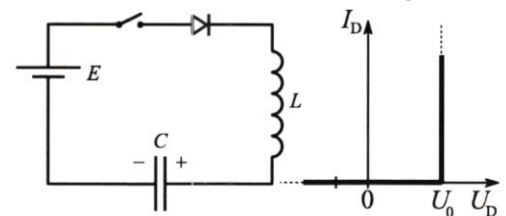
$$\frac{q}{m} = \gamma.$$

- ✓ 1) Найдите скорость V_1 частицы при вылете из конденсатора.
- ✓ 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.

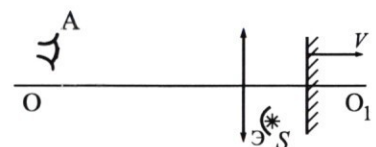
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 9$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 5$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ 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.



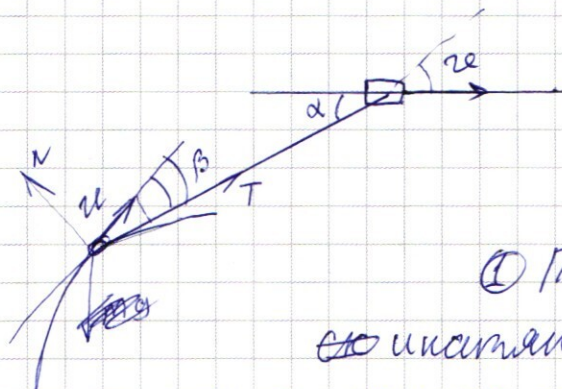
5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $3F/4$ от оси OO_1 и на расстоянии $F/2$ от плоскости 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

1



$$v = 68 \text{ м/с} \quad m = 0.1$$

$$R = 1.9 \text{ м} \quad l = \frac{5R}{3}$$

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

$$\cos \beta = \frac{4}{5}$$

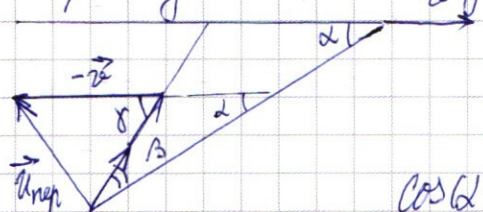
① Поскольку нить не рвется

ее растянута, скорости на ее

концах одинаковы $\Rightarrow$

$$\Rightarrow u \cos \beta = v \cos \alpha \Rightarrow u = \frac{v \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{68 \cdot 15 \cdot 5}{17 \cdot 4} = 75 \text{ м/с}$$

② Перейдем в СО муфты $\vec{u} = \vec{u}_{\text{пер}} + \vec{v} \Rightarrow \vec{u}_{\text{пер}} = \vec{u} - \vec{v}$



$$\angle \gamma = \angle \alpha + \angle \beta$$

$$u_{\text{пер}} = \sqrt{u^2 + v^2 - 2uv \cos(\alpha + \beta)}$$

$$\cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta$$

$$\sin \beta = \sqrt{1 - \frac{16}{25}} = \sqrt{\frac{9}{25}} = \frac{3}{5}$$

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \frac{225}{289}} = \sqrt{\frac{64}{289}} = \frac{8}{17}$$

$$\cos(\alpha + \beta) = \frac{15 \cdot 4}{17 \cdot 5} - \frac{8 \cdot 3}{17 \cdot 5} = \frac{36}{17 \cdot 5}$$

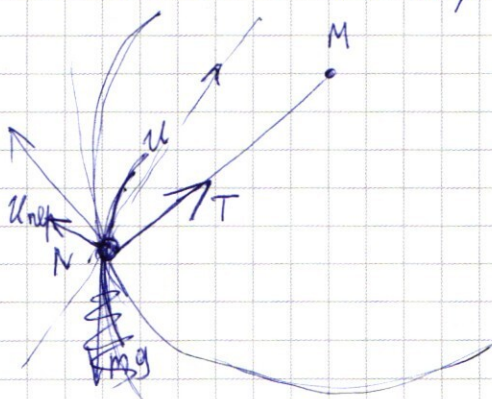
$$u_{\text{пер}} = \sqrt{68^2 + 75^2 - 2 \cdot 36 \cdot 68 \cdot 15 \cdot 8} = \sqrt{4624 + 5625 - 4320} =$$

$$= \sqrt{5929} = 77 \text{ м/с}$$

В СО муфты кольцо движется
по окружности вокруг муфты

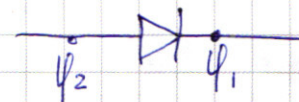
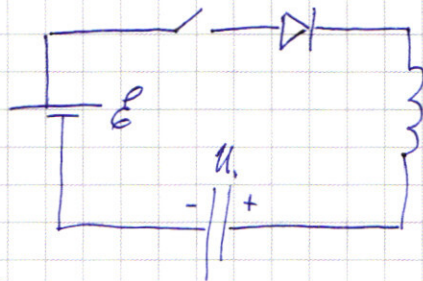
$$F = am$$

$$T = m \frac{u_{\text{пер}}^2}{BR} = \frac{0.1 \cdot 77^2 \cdot 3}{5 \cdot 1.9 \cdot 10^2}$$



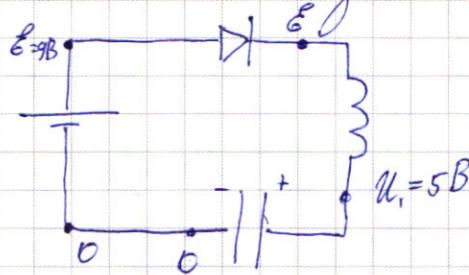
Ответ: 1 - 75 2 - 77 3 - $\frac{77^2 \cdot 3}{5 \cdot 1.9 \cdot 10^2}$

$\textcircled{4} \mathcal{E} = 9\text{В}$
 $C = 40 \text{ мкФ}$
 $U_1 = 5\text{В}$
 $L = 0,1 \text{ Гн}$
 $U_0 = 1\text{В}$



Диод ~~он~~ пропускает ток, пока $\psi_1 - \psi_2 \leq 1\text{В}$

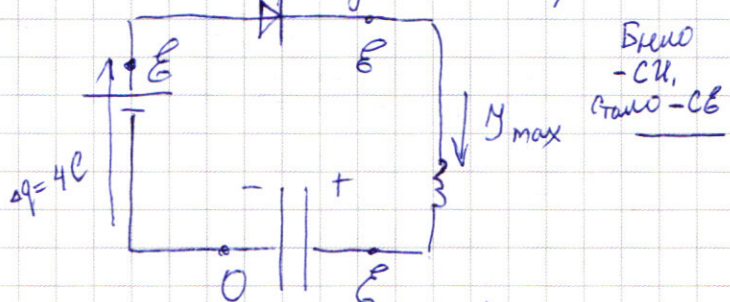
① Ключ замыкаем напряжение на конденсаторе скачком не изменится



$$U_L = L \frac{\Delta U}{\Delta t} \Rightarrow$$

$$\frac{\Delta U}{\Delta t} = \frac{U_L}{L} = \frac{9-5}{0,1} = 40 \text{ В/с}$$

② $U_{\text{max}} \Rightarrow$ на катушке сопротивление нет $\Rightarrow U_L = 0$
 Рассмотрим правую обкладку конденсатора



$$q = CU$$

$$\Delta q_2 - q_1 = -CE - CU_1 =$$

$$= -9C - q_1 = -5C$$

$$q_2 = -9C \Rightarrow$$

$$A_5 = (W_{L2} + W_{C2}) - (W_{L1} + W_{C1})$$

$$A_5 = +4CE$$

$$W_{L1} = 0$$

тогда катушка
он резко не
изменяется

$$W_{L2} = \frac{L U_{\text{max}}^2}{2}$$

$\Rightarrow$ Утек заряд $q = 4C$

$$W_{C1} = \frac{CU_1^2}{2} \quad W_{C2} = \frac{CE^2}{2}$$

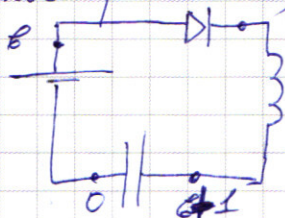
$$4CE = \frac{L U_{\text{max}}^2}{2} + \frac{CE^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2}$$

$$8CE + \frac{CU_1^2}{2} - \frac{CE^2}{2} = \frac{L U_{\text{max}}^2}{2}$$

$$U_{\text{max}} = \sqrt{10(8CE + C \cdot 25 - 81C)} = \sqrt{40C \cdot 16} = 4\sqrt{10}C =$$

$$= 4\sqrt{10 \cdot 40 \cdot 10^{-6}} = 80\sqrt{10^{-6}} = 80 \cdot 10^{-3} \text{ А}$$

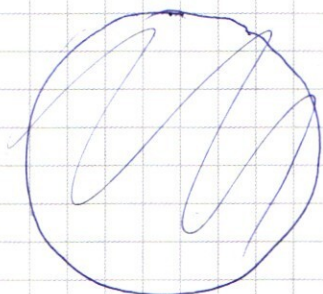
③ Если бы диода не было в контуре были бы колебания, но поскольку у нас есть диод наступит стационарный режим, тогда $\psi_1 - \psi_2 = 1$ Уст. режим тока нет.



$$U_2 = E + 1 = 10\text{В}$$

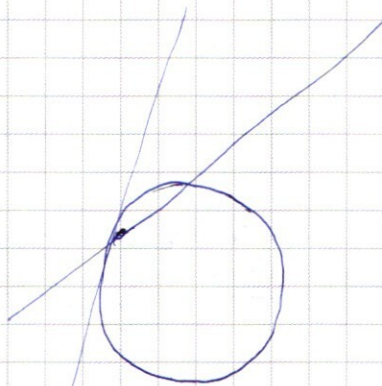
Ответ: 1-40 В/с 2-80·10⁻³ А 3-10В

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\frac{Q_{23}}{A_{23}}$$

0

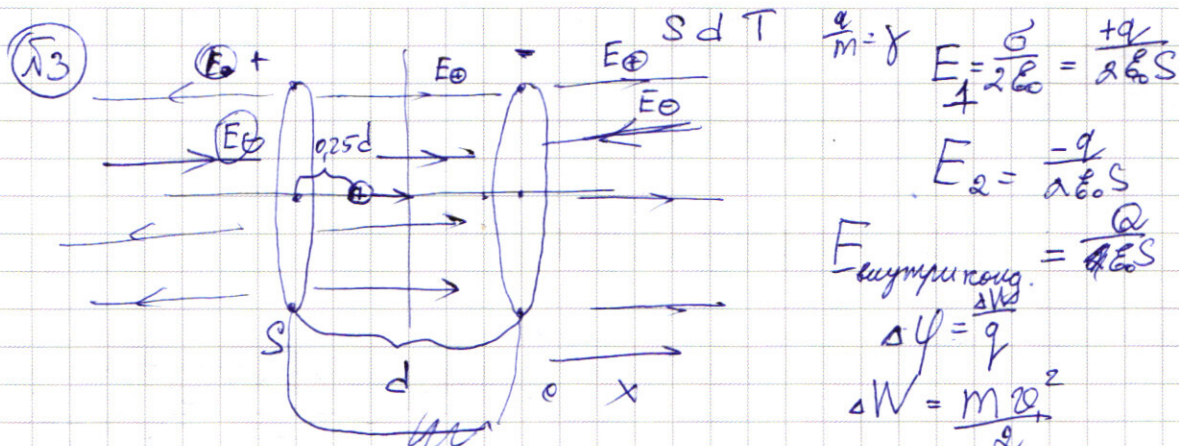


$$\frac{Q_{\text{х}}}{Q_{\text{н}}} = \frac{2R\lambda(T_3 - T_1)}{\lambda(\frac{3}{2}R(T_2 - T_1) + \frac{5}{2}R(T_3 - T_2))} =$$

$$\frac{\frac{3}{2}R + \frac{1}{2}R}{\frac{3}{2}R + \frac{1}{2}R} =$$

$$\frac{3}{2} \quad \text{свдт}$$

$$= \frac{2(T_3 - T_1)}{1.5(T_2 - T_1) + 2.5(T_3 - T_2)}$$



$$\Delta\varphi = E \frac{3}{4}d = \frac{3}{4}Ed$$

$F = Eq$ $F = \text{const} \Rightarrow$ движение ox - равноускоренное.

$$S = \frac{qT^2}{2} \quad \frac{3}{4}d = \frac{qT^2}{2}$$

$$a = \frac{3d}{2T^2}$$

$$v_x = at = \frac{3d}{2T}$$

$$F = am \quad Eq = m \frac{3d}{2T^2}$$

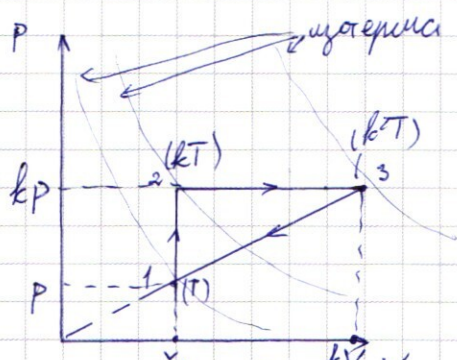
$$E = \frac{3d}{2T^2 \gamma}$$

$$\frac{Q}{\epsilon_0 S} = \frac{3d}{2T^2 \gamma} \Rightarrow Q = \frac{3d\epsilon_0 S}{2T^2 \gamma}$$

③ На бесконечно большом расстоянии от конденсатора частица будет двигаться со скоростью v , тк электрического поля вне обкладок конденсатора нет. Ответ: 1 - $v_x = \frac{3d}{2T}$ 2 - $\frac{3d\epsilon_0 S}{2T^2 \gamma}$ 3 - v

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

⑤



1-2. узорка $C_v = \frac{i}{2} R$

2.3 - изобразя $C_p = \frac{1}{2}R + R$

2-1 - прямая пропорциональность $\propto \frac{1}{2} R^2 \cdot \dot{R}$

① ~~С~~ Повышение температуры

происхо ₅ на участке 1-2 и 2-3 $\Rightarrow$

$$l=3$$

$$\frac{C_p}{C_v} = \frac{\frac{5}{2}R + R}{\frac{3}{2}R} = 1 + \frac{2}{3} = \frac{5}{3} \approx 1,66 \text{ mm}$$

$$\frac{C_V}{C_P} = \frac{\frac{3}{2}R}{\frac{5}{2}R} = \frac{3 \cdot 2}{2 \cdot 5} = \frac{3}{5} = 0,6$$

② Избирательный процесс 2-3

k -коэффициент пропорциональности

в точке 1 температура равна T ; в точке 2 kT в точке 3 k^2T

$$Q_{23} = \cancel{\frac{i}{2} V (T_3 - T)} = C_P V_4 T = C_P V (k^2 T - kT)$$

$$A_{20} = +S_{yr} = k_p(kV - V) = k_p^2 V - k_p V = pV(k^2 - 1) = vRT(k^2 - 1)$$

$$\frac{Q_{23}}{Q_{23}} = \frac{C_p \sqrt{T}(k^2 - 1)}{R \sqrt{T}(k^2 - 1)} = \frac{C_p}{R} = \frac{\frac{3}{2}R + R}{R} = \frac{3}{2} + 1 = \frac{5}{2} = 2.5$$

$$\textcircled{3} \quad \eta = \frac{A}{Q_2} = 1 - \frac{Q_x}{Q_H} = 1 - \frac{W_{\text{net}}}{Q_{\text{CV}}(T_2 - T_1) + Q_{\text{CP}}(T_3 - T_2)} = 1 - \frac{2RT(k^2 - 1)}{\frac{3}{2}R(kT - T) + \frac{5}{2}(k^2 - 1)T} =$$

$$\frac{4k^2 - 4}{3k - 3 + 5k^2 - 5k} = \frac{4k^2 - 4}{5k^2 - 2k - 3} = f(k)$$

$$f'(k) = \left(\frac{v(k)}{u(k)} \right)' = \frac{v'(k) \cdot u(k) - u'(k) \cdot v(k)}{u(k)^2}$$

Hängen $f(k) - \min \Rightarrow f(k)' = 0$
 $f(k)' = \frac{2k(5k^2 - 2k - 3) - (10k - 2)(4k^2 - 4)}{u(k)^2} = 0$

[illegible]
$$d = 1,5 \text{ F}$$

S^* -действительное изображение для l и z

$$\frac{1}{F} = \frac{2}{F}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{1,5F} + \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{0,5F}{1,5F^2} =$$

$$= \frac{2}{2 \cdot 3f} = \frac{1}{3f} = \frac{1}{f} \Rightarrow f = 3f \quad \text{Q4}$$

Перейдем к ОЗ связанной системы. $\vec{v}_{\text{доп}} = \vec{v}_{\text{ндо}} + \vec{v}_{\text{ндо}} \Rightarrow$

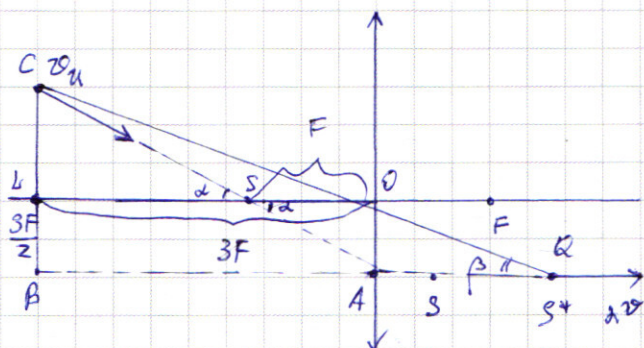
$$V_{dc} = 2V$$

Найдем местоположение
изображения.

$$P = \frac{F}{d \cdot F} = \frac{2F}{F} = 2 \Rightarrow$$

$$\frac{y}{x} = 2 \quad y = 2x = 2 \cdot \frac{3F}{4} = \frac{3F}{2}$$

верности либо параллельны
поптической оси, либо
сходятся в ней



$$\Delta ABC: \frac{CL}{CB} = \frac{LS}{AB} \Rightarrow LS = \frac{CL \cdot AB}{CB} = \frac{2F \cdot 2F \cdot 4}{2 \cdot 2F} = 2F \Rightarrow SO = 3F - 2F = F$$

 $\triangle ODA \cong \triangle OAB:$

$$\tan \alpha = \frac{AO}{F} \quad \tan \beta = \frac{AO}{OS} \quad \tan \alpha = \frac{AO}{OS} = \frac{3F}{4F} = \frac{3}{4} = 0,75$$

③ Продольные скорости относятся друг к другу как квадрат увеличения $\Rightarrow \Gamma^2 = \frac{v_{u11}}{2v_2}$ $v_{u11} = 4 \cdot 20 = 80$

$\alpha_1 = \alpha_2 \cdot \tan \alpha = \frac{200 \cdot 3}{4} = 600$

$$V_u = \sqrt{360^2 + 640^2} = 720 \text{ V}$$

Omber: 1-3F 2- $\tan \alpha = 0,75$ 3- 10^8

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$40k^3 - 16k^2 - 24k - (40k^3 - 40k - 8k^2 + 8) = 0$$

$$(40k^3 - 16k^2 - 24k - 40k^3) + 40k + 8k^2 - 8 = 0$$

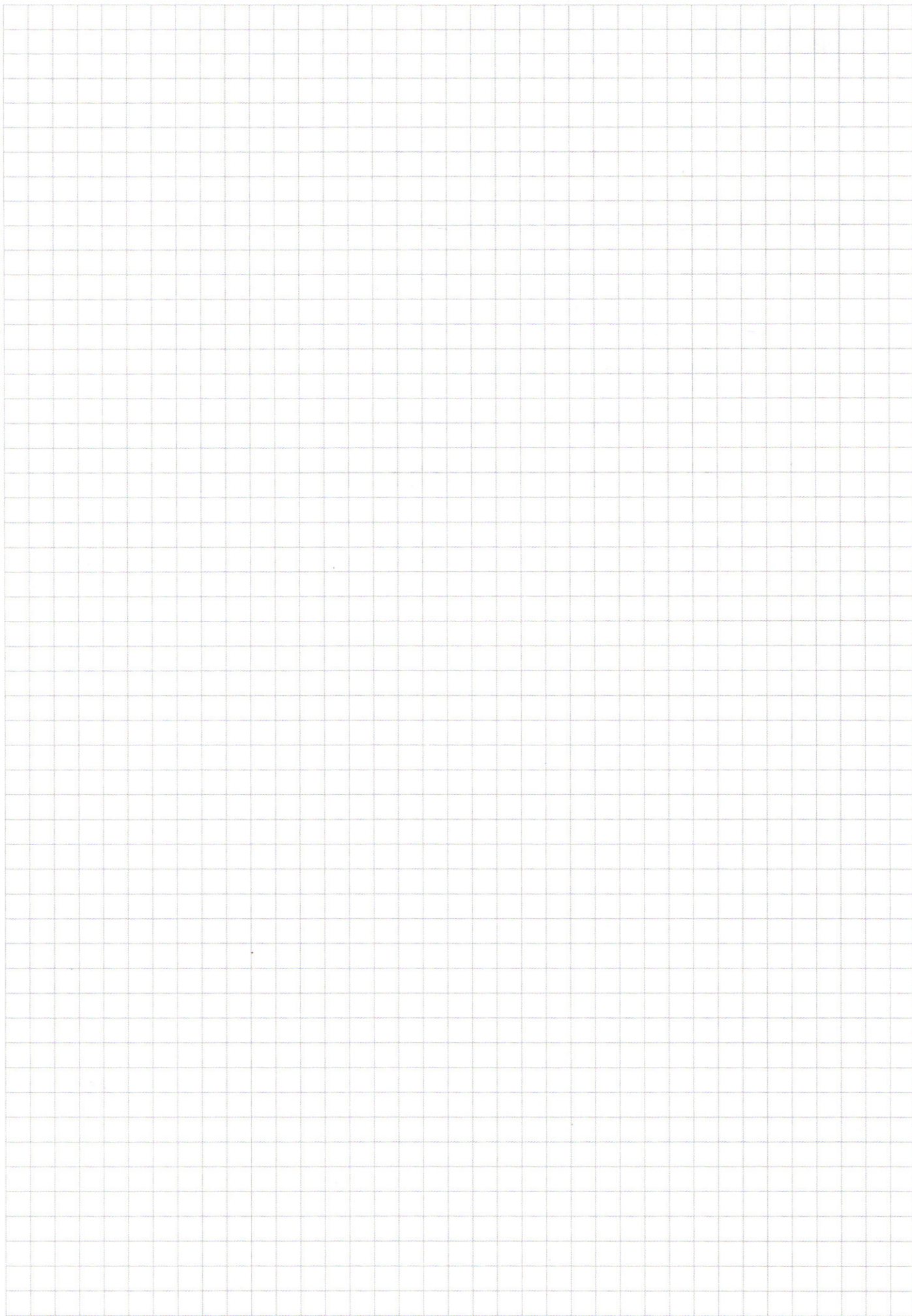
$$-8k^2 + 16k - 8 = 0$$

$$8k^2 - 16k + 8 = 0$$

$$k^2 - 2k + 1 = 0 \Rightarrow$$

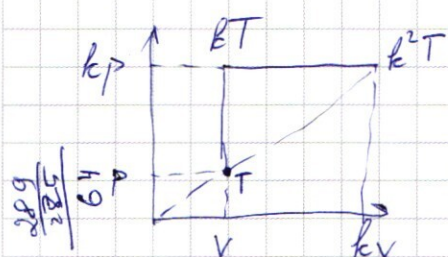
$$\Rightarrow k = 1 - \text{не подходит}$$

$$k = 1$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{\frac{2}{3}}{\frac{2}{5}} \div \frac{3}{2} = \frac{3 \cdot 2}{2 \cdot 5}$$



$$Q = \frac{i}{2} v R (\mathbb{E}, k^T, k^T)$$

$$W = wv$$

$$Q = c_p V \Delta T$$

$$A = \frac{k_p(k_v - v)}{k^2_T} = \frac{k^2_p v - k_v p}{k^2_T} = \frac{72 + 25}{97 - 16}$$

~~$\frac{1}{2}k(k-1)$~~

$$\frac{1}{2} V(k-1) P(k-1) = \frac{1}{2} V(k-1)^2 = A.$$

$$\vec{a}_{\text{non}} = A - B_3.$$

$$\begin{aligned} \frac{A}{Q} S &= \frac{1}{2} (k p - p) (k v - v) = \\ &= \frac{1}{2} (k^2 p v - k p v - k p v + p v) \\ &= \frac{1}{2} v R T (k^2 - 2k + 1) = \frac{1}{2} v R T (k - 1)^2 \end{aligned}$$

$$Q = C_v (kT - T) + C_p (k^2 T - kT) =$$

$$= c_v (kT - T) + c_p k (kT - T) =$$

$$= (kT - T)(C_v + C_p k)$$

3 - вакцин
Нароста от кишечности
мезели

$$\eta = \frac{A}{Q_{\text{neg}}} = \frac{Q_{\text{neg}} - Q_{\text{out}}}{Q_{\text{neg}}} = 1 - \frac{Q_{\text{out}}}{Q_{\text{neg}}}$$

(b.s.)

$$C_v \Rightarrow T(k-1) + C_p v T(k^2-1)$$

$$C_v (k^2 T - T) = C_v T (k^2 - 1) \sim 10$$

$$\sqrt{T(k-1)} \left(\frac{3}{2}R + \frac{3}{2}R + R \right) (k+1)$$

$$C_p v (k^2 T - kT) + C_v (kT - T)$$

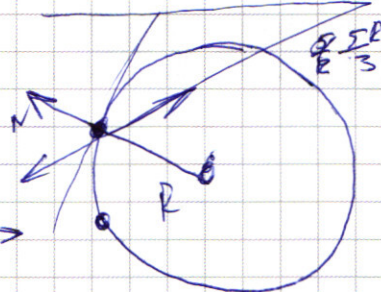
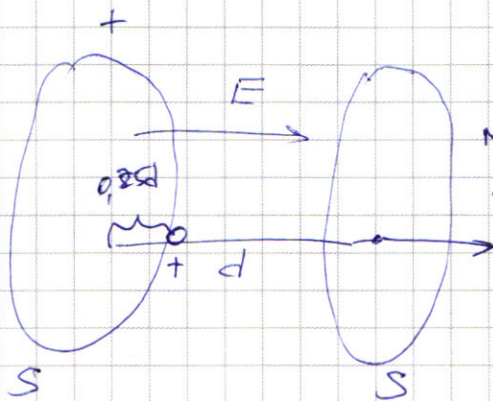
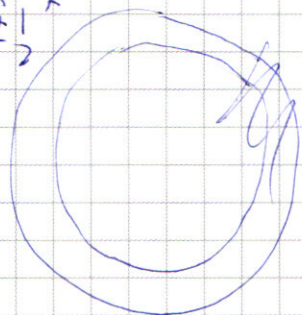
$$c_p v k T (k+1) + c_v v T (k-1)$$

$$vT(k-1)(c_p + c_v)$$

$$\frac{1}{2}Rk + Rk + \frac{1}{2}R$$

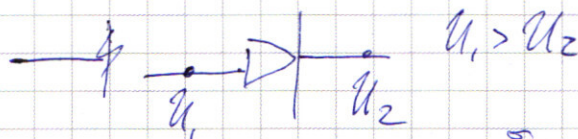
$$R\left(\frac{3}{2}k + \frac{5}{2}\right)$$

$$\frac{89}{112}$$



$$\frac{5}{512}$$

$$\frac{d}{m} = \gamma$$



Аз 96

$$\frac{u}{10}$$

$$\frac{dF}{dF} = \frac{dF}{dF} = \frac{dF}{dF}$$

$$\frac{4}{9F} =$$

$$\frac{2}{3F} + \frac{4}{4} = \frac{2}{3F} + \frac{4}{4}$$

$$\frac{120}{4}$$

$$\frac{120}{4} = \frac{120}{4}$$

$$\frac{120}{4} = \frac{120}{4}$$

$$\frac{120}{4}$$

$$\frac{120}{4}$$

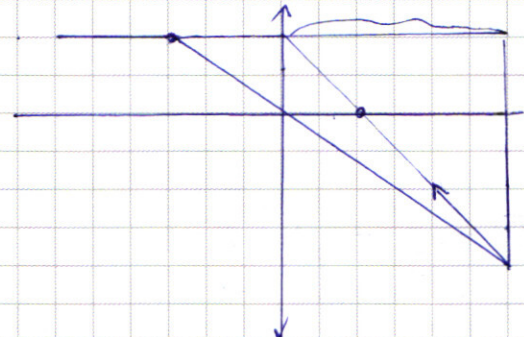
$$\frac{1}{3F} + \frac{2}{3F} = \frac{3}{3F}$$

$$\frac{1}{3F} + \frac{2}{3F} = \frac{3}{3F}$$

$$\frac{1}{3F} + \frac{2}{3F} = \frac{3}{3F}$$

$$\frac{1}{3F} + \frac{2}{3F} = \frac{3}{3F}$$

$$\frac{1}{3F} + \frac{2}{3F} = \frac{3}{3F}$$



$$\frac{1}{f} + \frac{1}{p} = \frac{1}{f}$$