

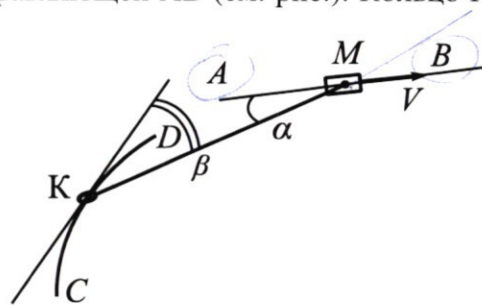
# Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

## Вариант 11-02

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

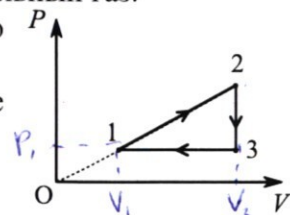
1. Муфту М двигают со скоростью  $V = 40$  см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой  $m = 1$  кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом  $R = 1,7$  м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной  $l = 17R/15$ . Система находится в одной горизонтальной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

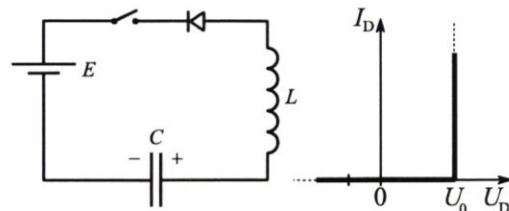
- ✓ 1) Найдите продолжительность  $T$  движения частицы в конденсаторе до остановки.
- ✓ 2) Найдите напряжение  $U$  на конденсаторе.
- 3) Найдите скорость  $V_0$  частицы на бесконечно большом расстоянии от конденсатора.

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,

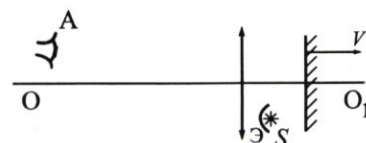
пороговое напряжение диода  $U_0 = 1$  В. Ключ замыкают.

- 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.

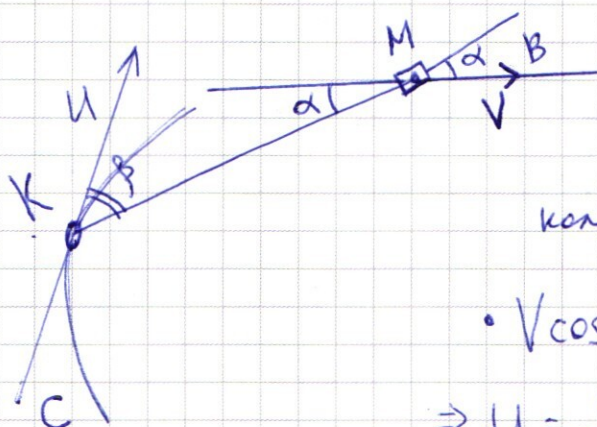
- ✓ 1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?
- ✓ 2) Под каким углом  $\alpha$  к оси  $OO_1$  движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)
- ✓ 3) Найти скорость изображения в этот момент.





## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1)



• Тросс разорвется, если  
проекции скоростей муфты и  
кольца на тросс не будут равны:

$$V \cos \alpha = U \cos \beta \Rightarrow U = \frac{V \cos \alpha}{\cos \beta} \Rightarrow$$

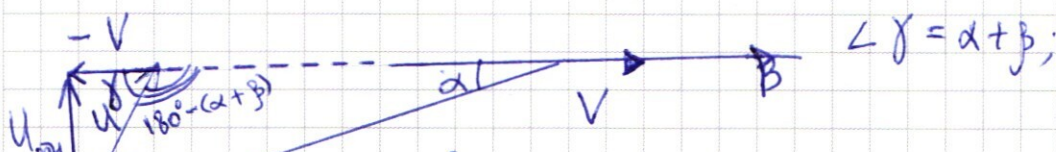
$$\Rightarrow U = \frac{0,4 \cdot 3 \cdot 17}{5 \cdot 8} = 0,51 \text{ м/с};$$

2)

Перейти в СО муфты.

По закону сложения скоростей:  $\vec{V}_{abc} = \vec{V}_{отн} + \vec{V}_{пер}$ ,

$$\vec{U} = \vec{U}_{отн} + \vec{V};$$

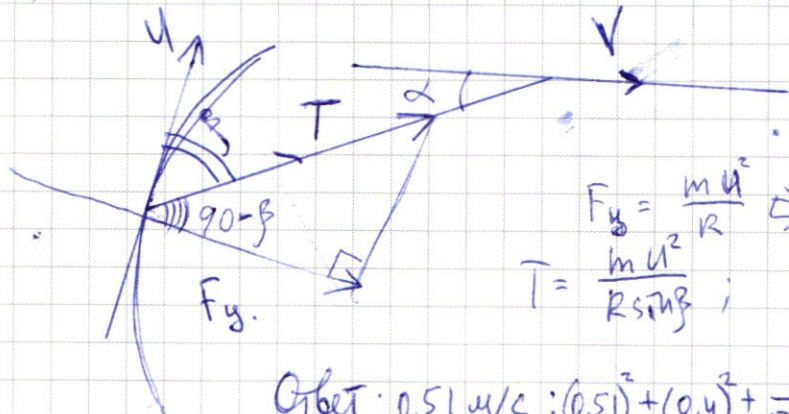


По теореме косинусов:

$$U_{отн}^2 = U^2 + V^2 - 2UV \cos(\alpha + \beta)$$

$$U_{отн}^2 = (0,51)^2 + (0,4)^2 + \frac{0,8 \cdot 0,51 \cdot 13}{85} \approx 0,5$$

3)

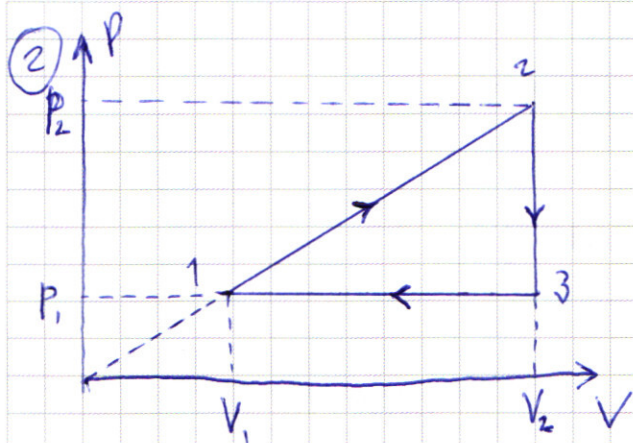


$$F_y \perp U$$

$$T \sin \beta = F_y; \quad \frac{m U^2}{R} \Rightarrow T \sin \beta = \frac{m U^2}{R}$$

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

$$\text{Ответ: } 0,51 \text{ м/с}; (0,51)^2 + (0,4)^2 + \frac{1}{170}; \frac{m U^2}{R \sin \beta};$$



1)  $C = \frac{\Delta Q}{\Delta T}$  (молярная теплоемкость);

- Попажение температуры происходит на участках 2-3 и 3-1;  
Первое начало термодинамики:

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

- $\Delta Q_{31} = \Delta U_{31} + A_{31};$

• Процесс 2-3 изохорный, поэтому  $A_{23} = 0$ , отсюда:  $\Delta Q_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2);$

- Из уравнение Менделеева-Клапейрона:

$$\begin{cases} P_3 V_2 = \nu R T_3, \\ P_3 V_1 = \nu R T_1; \end{cases} \Leftrightarrow P_3 (V_1 - V_2) = \nu R (T_1 - T_3)$$

$$A_{31} = \nu R (T_1 - T_3)$$

- $\Delta Q_{31} = \frac{5}{2} \nu R (T_1 - T_3);$

- $C_{23} = \frac{\Delta Q_{23}}{\nu (T_3 - T_2)} = \frac{3}{2} R;$

- $C_{31} = \frac{\Delta Q_{31}}{\nu (T_1 - T_3)} = \frac{5}{2} R;$

$$\Rightarrow \boxed{\frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{3}{5}}$$

2)  $\frac{\Delta Q_{12}}{A_{12}} = ?$  По I началу термодинамики:

- $\Delta Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12};$

- $\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1)$

- Работа  $A_{12}$  равна площади под ~~кривой~~ ~~линией~~ 1-2;

$$A_{12} = \frac{(P_1 + P_2)(V_2 - V_1)}{2};$$

Из прямой пропорциональности:  $\frac{P_1}{V_1} = \frac{P_2}{V_2} \Rightarrow A_{12} = \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1 + P_2 V_2 - P_2 V_1}{2}$

$$A_{12} = \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{2}$$

Из уравнение Менделеева-Клапейрона:  $\begin{cases} P_2 V_2 = \nu R T_2, \\ P_1 V_1 = \nu R T_1; \end{cases} \Rightarrow$

$$\Rightarrow A_{12} = \frac{\nu R (T_2 - T_1)}{2};$$

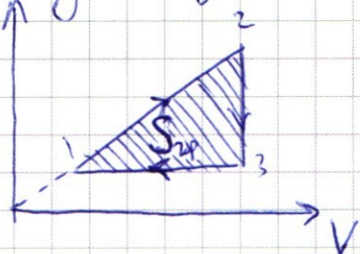
Или:  $\Delta Q_{12} = 2 \nu R (T_2 - T_1);$

$$\boxed{\frac{\Delta Q_{12}}{A_{12}} = \frac{2 \cdot 2 \nu R (T_2 - T_1)}{\nu R (T_2 - T_1)} = 4;}$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3) КПД цикла:  $\eta = \frac{A_{123}}{\sum Q^+}$ , где  $\sum Q^+$  - сумма подведенной тепла;

• Газ получает тепло только в процессе 1-2;



•  $A_{123} = S_{2p}$

$$A_{123} = \frac{(P_2 - P_1)(V_2 - V_1)}{2} = \frac{P_2 V_2 - P_2 V_1 - P_1 V_2 + P_1 V_1}{2} =$$

$$= \frac{P_2 V_2 + P_1 V_1 - 2 P_1 V_2}{2};$$

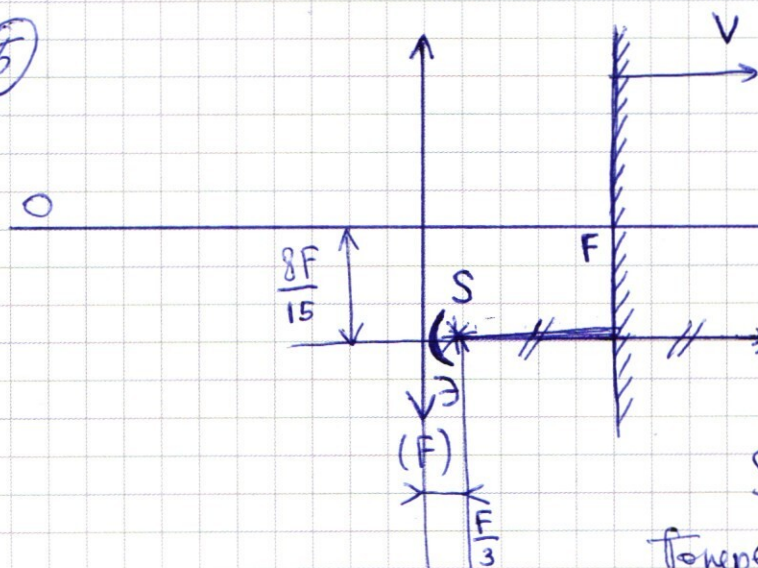
• Из уравнения Менделеева-Клапейрона:  $\begin{cases} P_1 V_1 = \nu R T_1 \\ P_2 V_2 = \nu R T_2 \end{cases} \Leftrightarrow P_1 V_2 = \nu R \sqrt{T_1 T_2};$

•  $Q_{12} = 2 \nu R (T_2 - T_1)$

Ответ:  $\frac{3}{5}; 4; \frac{T_2 + T_1 - 2\sqrt{T_1 T_2}}{2(T_2 - T_1)}$

$$\eta = \frac{T_2 + T_1 - 2\sqrt{T_1 T_2}}{2 T_2 - 2 T_1};$$

5)



1) Изображение  $S^*$  в зеркале предмета  $S$  в СД линзы будет на таком же расстоянии от плоскости зеркала, что и сам предмет;

$S^*$  будет минимальным увеличением в зеркале

равно 1;

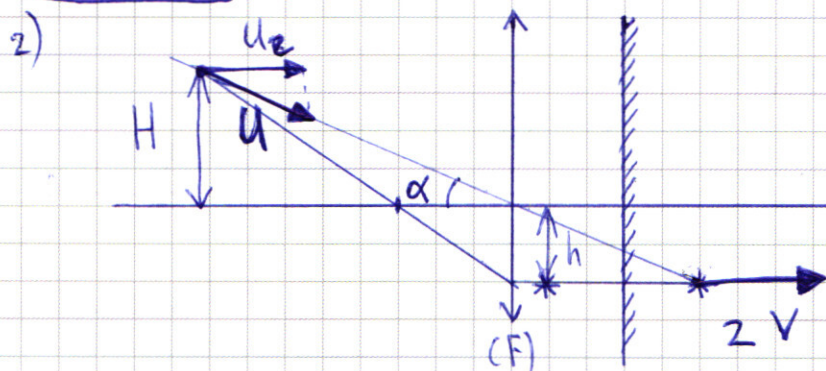
• Для мнимого изображения  $S^{**}$  предмет  $S^*$  будет действительным; увеличенным, перевернутым.

• Расстояние от  $S^*$  до плоскости линзы:  $d = F + \frac{2}{3}F = \frac{5}{3}F$ ;

• По формуле тонкой линзы:  $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$ ,  $\Rightarrow$

$$\Rightarrow f = \frac{dF}{d-F} = \frac{5F^2}{3(\frac{5}{3}F - F)} = \frac{5}{2}F;$$

$$f = \frac{5}{2}F$$



• Перейду из СО зеркало в СО линзы (Земли);

По закону сложения

скоростей:

$$\vec{v}_{обс} = \vec{v}_{обн} + \vec{v}_{лнр};$$

• Поперечное увеличение:

$$\Gamma = \frac{f}{d}; \quad \Gamma = \frac{3}{2};$$

$$\frac{H}{h} = \frac{f}{d} \Rightarrow H = \Gamma h = \frac{3 \cdot 8 \cdot F}{2 \cdot \frac{5}{3}} = \frac{8}{10} F_x = \frac{4}{5} F;$$

$$\bullet \operatorname{tg} \alpha = \frac{4F \cdot 2}{5 \cdot 5F} = \frac{8}{25};$$

•  $U_x$  — горизонтальная составляющая скорости изображения  $S^{**}$ ;

• Горизонтальные составляющие скорости изображения и предмета относятся, как квадрат поперечного увеличения;

$$\Gamma^2 = \frac{U_x^2}{2V^2} = \frac{U \cos \alpha}{2V} \Rightarrow U = \frac{2V}{\cos \alpha} \Gamma^2 = \frac{F}{\cos \alpha} \cdot \frac{9}{10} V = \frac{9}{2 \cos \alpha} V$$

$$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1 \Rightarrow \cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{\frac{8}{25} + 1}};$$

$$U = \frac{9V \sqrt{89}}{2 \cdot 5} = \frac{9\sqrt{89}}{10} V; \quad \text{Ответ: } \frac{5}{2}F; \frac{8}{25}; \frac{9\sqrt{89}}{10} V$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

③  
(2)

В произвольный момент на частицу действует сила отталкивания от положительной пластинки и сила притяжения со стороны отрицательной пластинки;

~~Сила Эйнштейна - консервативная сила;~~  
Работа поле будет равна изменению кинетической энергии частицы со знаком -;  
 $A = q E l$ ,  $q$  - заряд частицы;  $q > 0$ ;  
 $l = 0,8 d$ ; Так как в конденсаторе поле однородное:

$$\left| \frac{m v_1^2}{2} \right| = |q U| \Rightarrow U = \frac{m v_1^2}{0,8 \cdot 2 q}, \quad \frac{q}{m} = \gamma \Rightarrow \boxed{U = \frac{v_1^2}{1,6 \gamma}};$$

Так как в конденсаторе поле однородно, значит на частицу будет действовать постоянная сила, направленная против вектора скорости;

• Сила действующая на частицу определена напряженностью в конденсаторе и зарядом частицы;  
 $F = q E$ ,  
п.к.  $U = E d$ , из пункта (2)  $E = \frac{v_1^2}{1,6 \gamma d}$ ;

Из 234:  $\vec{F} = m \vec{a}$ ; Пропишу 234 на ось X:

$$F = \frac{m(0 - (-v_1))}{T} \Rightarrow T = \frac{m v_1}{F}; \quad F = q E = \frac{q v_1^2}{1,6 \gamma d}; \quad \boxed{T = \frac{1,6 d}{v_1}}$$

Ответ:  $\frac{1,6 d}{v_1}$ ;  $\frac{v_1^2}{1,6 \gamma}$ ;

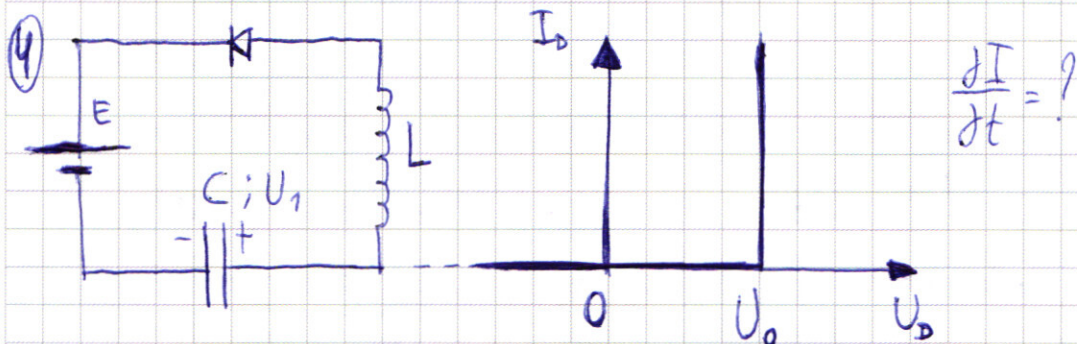
3) Напряженность каждой пластины конденсатора по модулю:

$$E = \frac{\sigma_1}{2\epsilon_0};$$

Потенциальная энергия электрического поля:

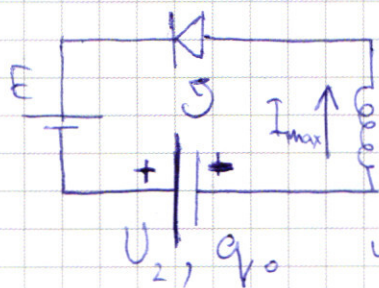
$$W = \frac{k q_1 q_2}{r};$$

Работа по перемещению заряда равна разности потенциальных энергий, т.к. сила Кулона - консервативная сила;



2) В момент, когда ток в цепи максимален ЭДС индукции в катушке равно нулю, а на конденсаторе какой-то заряд  $q_0$ ;

Рассмотрим момент, когда ток максимален, тогда конденсатор можно представить как источник:



По II правилу Кирхгофа:

$$I_{\max} R = E - U_2,$$

так как  $E > 0$ , а  $R = 0$ , можно утверждать, что у конденсатора на обкладках заряды появились по знаку.

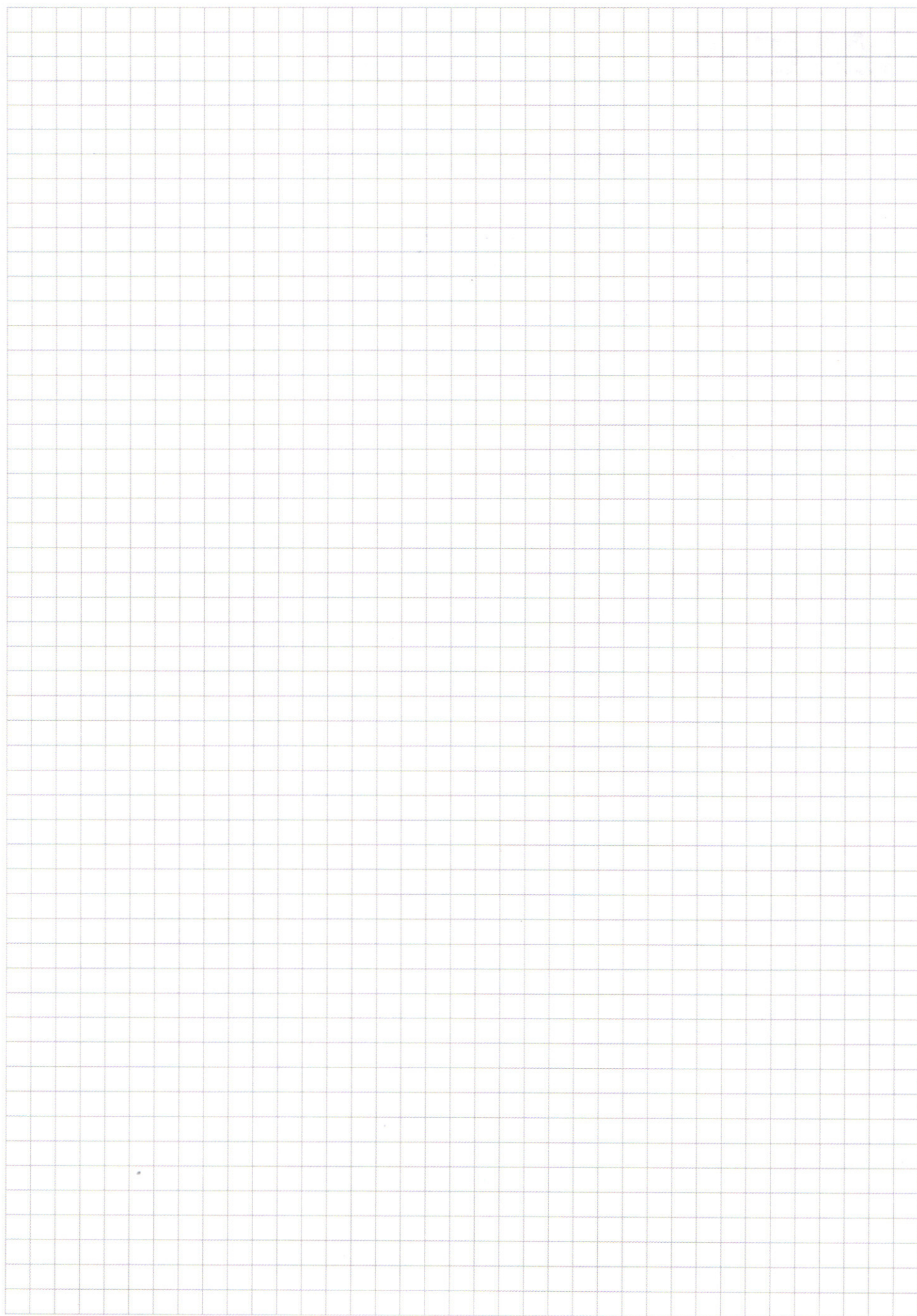
• По закону сохранения полной механической энергии:

$$A_{\text{ист}} = -\frac{L I_{\max}^2}{2} + \frac{C U_2^2}{2} - \frac{C U_1^2}{2}, \text{ Работа источника пойдёт на изменение энергии}$$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

катушки и значение энергии конденсатора;



☐ черновик    ☒ чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{cases} p_1 V_1 = \nu R T_1 \\ p_2 V_2 = \nu R T_2 \\ p_1 V_2 = \nu R T_3 \end{cases}$$

$$\nu R (T_3 - T_2) = p_1 V_2 - p_2 V_2$$

$$\nu R (T_1 - T_3) = p_1 V_1 - p_1 V_2$$

$$\nu R (T_3 - T_2) = V_2 (p_1 - p_2)$$

$$\nu R (T_1 - T_3) = p_1 (V_1 - V_2)$$

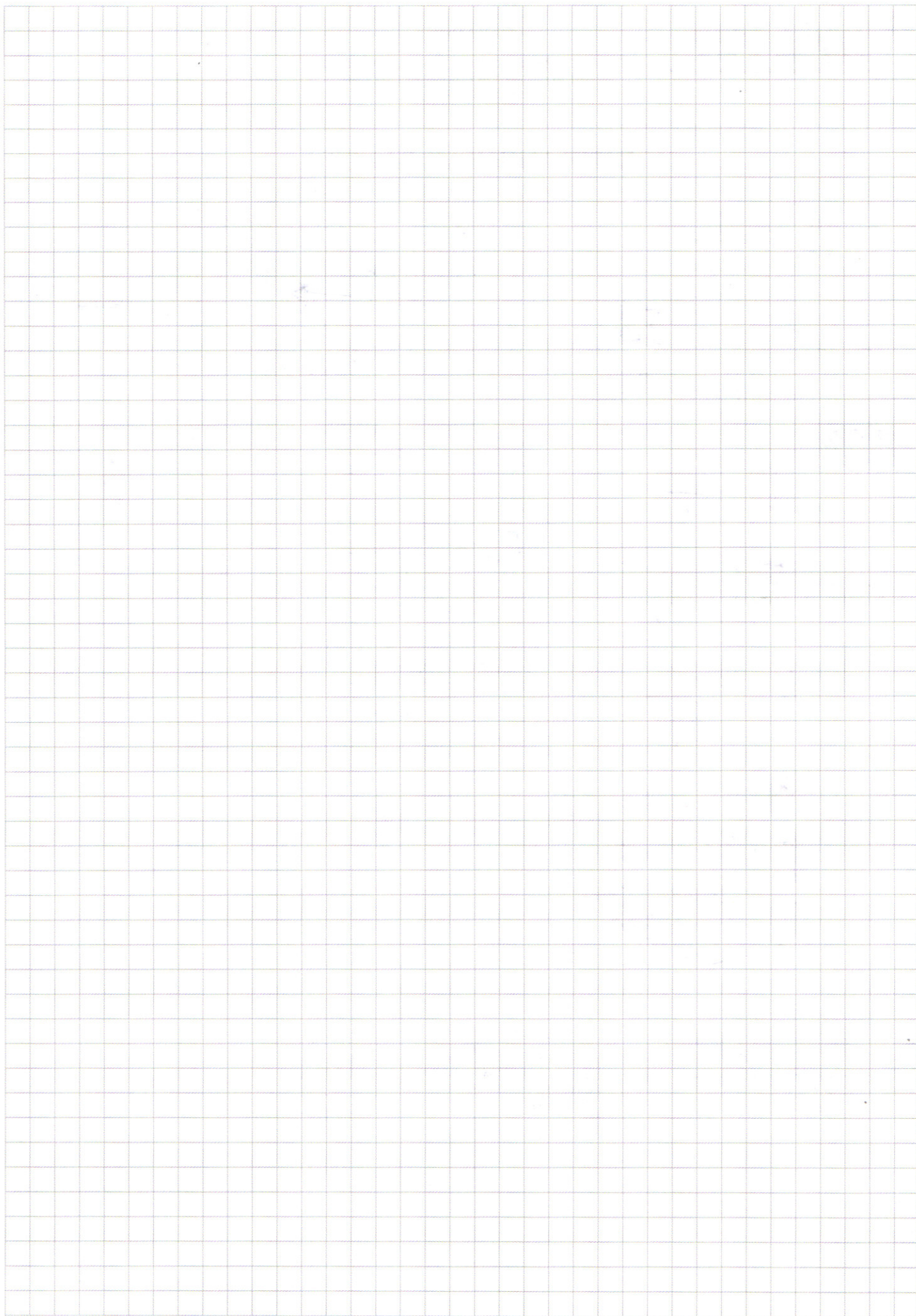
$$\frac{(T_1 - T_3)}{T_3 - T_2} = \frac{p_1}{V_2} \frac{(V_1 - V_2)}{(p_1 - p_2)} = \frac{p_1 V_2 \left( \frac{V_1}{V_2} - 1 \right)}{V_2 p_1 \left( 1 - \frac{p_2}{p_1} \right)} =$$

$$= \frac{\left( \frac{V_1}{V_2} - 1 \right)}{1 - \frac{p_2}{p_1}} = 1$$

$$\frac{p_1}{V_1} = \frac{p_2}{V_2} \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{p_2}{p_1}$$

$$= \cancel{\frac{p_1 V_2 \left( \frac{V_1}{V_2} - 1 \right)}{1 - \frac{p_2}{p_1}}}$$

$$C_{23} = \frac{\Delta Q_{23}}{\nu (T_3 - T_2)}$$



☒ черновик    ☐ чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$③ \quad E = \frac{\phi}{2\epsilon_0} = \frac{q}{2\epsilon_0 S}$$

$$\frac{q}{m} = \gamma \quad U = Ed$$

$$U = \frac{qd}{2\epsilon_0 S}$$

$$qU = \frac{mv^2}{2}$$

$$0,8 | q | Ed = \frac{mv^2}{2}$$

$$0,8 Ed = \frac{v^2}{2\gamma}$$

$$0,89 Ed = \frac{mv_1^2}{2}$$

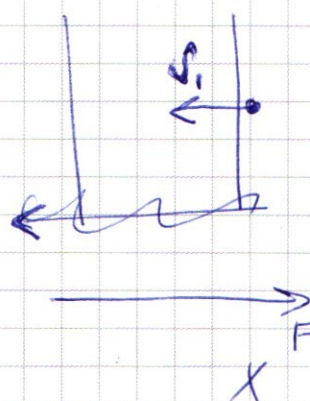
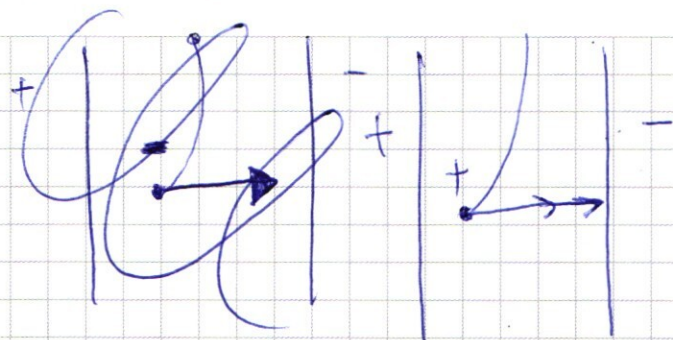
$$Ed = \frac{mv_1^2}{2 \cdot 0,89}$$

$$U = \frac{v_1^2}{1,6\gamma}$$

$$E = \frac{v_1^2}{1,6\gamma d}$$

$$qE = m(\gamma + \gamma_1)$$

$$T = \frac{mv_1 \gamma_1}{q \gamma_1}$$

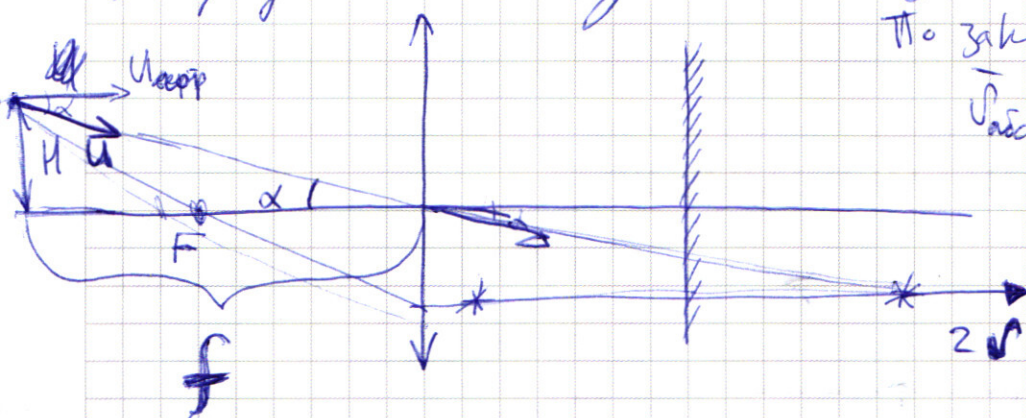


$$T = \frac{mv_1 \cdot 1,6\gamma d}{q v_1^2} = \frac{1,6\gamma d}{q v_1} = \frac{1,6 d}{v_1}$$

2) Переходим в систему отсчета мигора (Земля):

По закону сложения скоростей

$$\vec{v}_{\text{пол}} = \vec{v}_{\text{отн}} + \vec{v}_{\text{перемещ.}}$$



Поперечное увеличение:

$$\Gamma = \frac{f}{d}; \quad \Gamma = \frac{5 \cdot 3}{2 \cdot 5} = \frac{3}{2};$$

$$H = \frac{3}{2} \frac{8F}{5} = \frac{4F}{5};$$

$$\tan \alpha = \frac{4F \cdot 2}{5 \cdot 5F} = \frac{8}{25};$$

$U$  - <sup>гориз.</sup> ~~верт.~~ составляющая скорости изображения;

$$\Gamma^2 = \frac{U_{\text{верт}}^2}{2v^2} \quad (\text{вер. составн. скорости изобр. и мигора отн. к } \Gamma^2)$$

$$U_{\text{верт}} = 2v\Gamma^2 = \frac{2v \cdot 9}{4} = \frac{9}{2}v;$$

$$U = \frac{9v}{2 \cos \alpha};$$

$$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1;$$

$$\tan^2 \alpha + 1 = \frac{1}{\cos^2 \alpha} \Rightarrow \cos \alpha = \sqrt{\frac{1}{\tan^2 \alpha + 1}} \Rightarrow$$

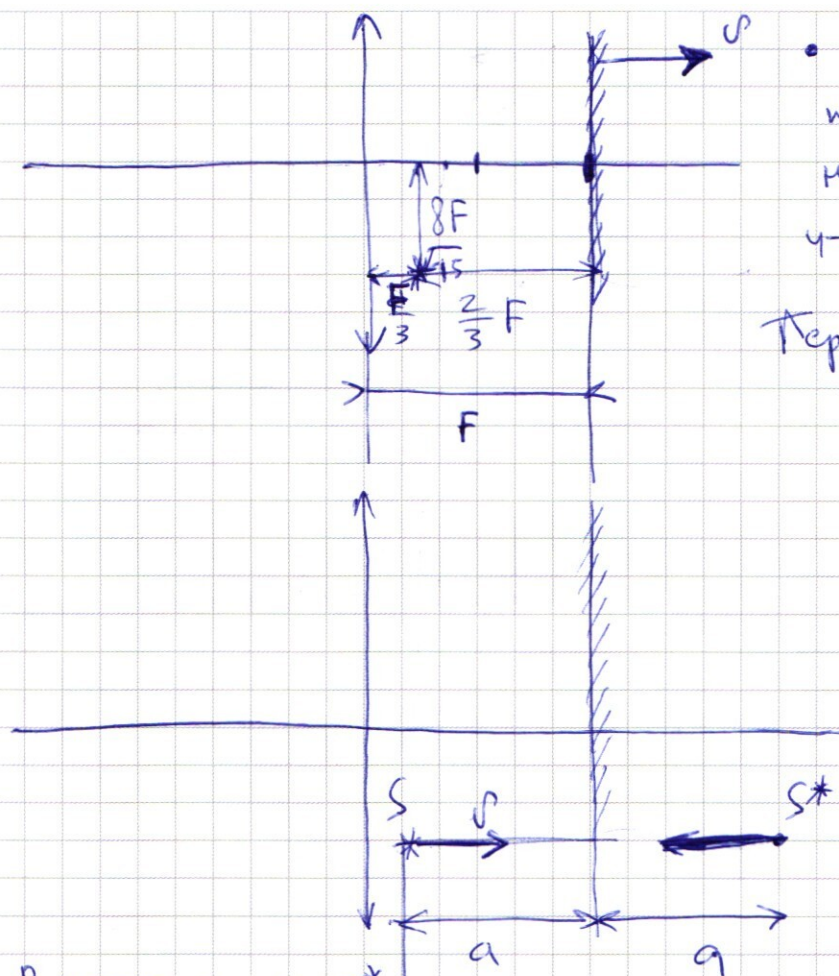
$$\Rightarrow \cos \alpha = \sqrt{\frac{25}{64 + 25}} = \frac{5}{\sqrt{89}}$$

$$U = \frac{9v \sqrt{89}}{2 \cdot 5} = v \frac{9 \sqrt{89}}{10}$$

$$\frac{89 \sqrt{89}}{10} = \frac{89 \sqrt{89}}{10}$$

~~U = \frac{9v \sqrt{89}}{10}~~

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



- В СД зеркала изображения пр. S в зеркале находится на таком же расстоянии, что и предмет от зеркала.

Две зеркала  $S^*$ -минимал.

Для любых  $S^*$ -действительное,

Расстояние от  $S^*$  до центра:

$$d = F + \frac{2}{3}F = \frac{5}{3}F$$

По формуле тонкой линзы:  $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \Rightarrow$   
 $\Rightarrow f = \frac{dF}{d - F} = \frac{5F}{3(\frac{5}{3}F - F)} = \frac{5F^2}{5F - 3F} = \frac{5F}{2}$

Расстояние от мизот до действительного изображения  $S^{**}$  будет  $\frac{S}{2} F$ ;

$$\eta = \frac{S_{2p}}{\Sigma Q^+} = \frac{A_{123}}{Q_{12}}$$

$$A_{31} = P_1 (V_1 - V_2)$$

$$P_1 V_1 = \nu R T_1$$

~~Решение~~

$$\frac{P_1}{V_1} = \frac{P_2}{V_2}$$

$$P_1 V_2 = P_2 V_1$$

$$P_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$P_2 V_2 = \nu R T_2$$

$$P_3 V_2 = \nu R T_3$$

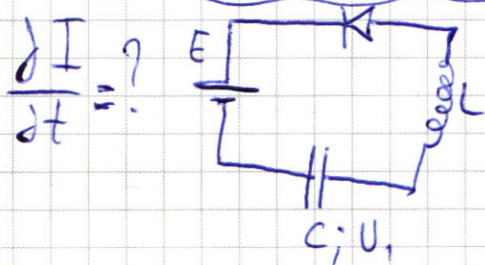
$$P_1 V_1 \cdot P_2 V_2 = (\nu R)^2 T_1 T_2$$

$$(P_1 V_2)^2 = (\nu R)^2 T_1 T_2$$

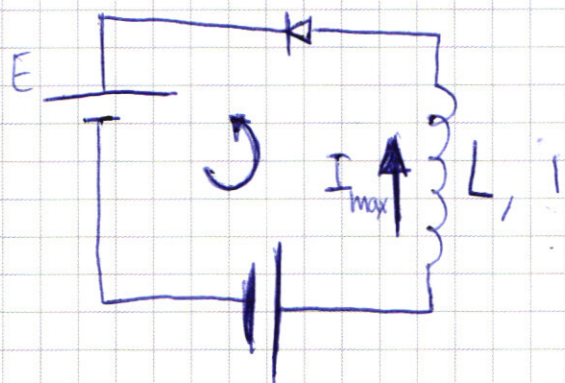
$$P_1 V_2 = \nu R \sqrt{T_1 T_2}$$

$$A_{123} = A_{12} - A_{31} = \frac{\nu R (T_2 - T_1)}{2} - P_1 (V_1 - V_2) =$$

$$= \frac{\nu R (T_2 - T_1)}{2} - \nu R T_1 + \nu R \sqrt{T_1 T_2}$$



$$E = \frac{L dI}{dt} \Rightarrow \frac{E}{L} = \frac{dI}{dt}$$



~~Решение~~

$$I_{\max} = -E + U_2$$

$$qE = \frac{C}{2} (U_2^2 - U_1^2) + \frac{L I_{\max}^2}{2}$$

$$P_1 V_2 = \nu R \sqrt{T_1 T_2}$$

~~Решение~~

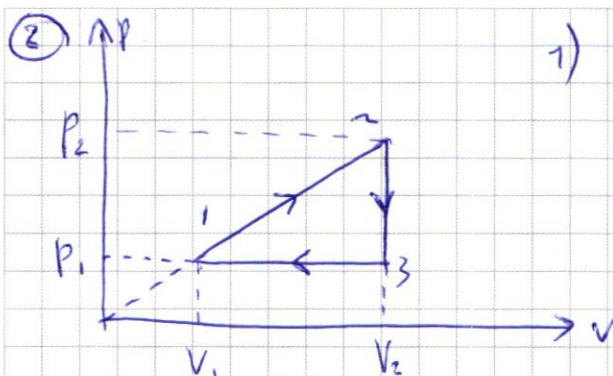
~~Решение~~

$$I_{\max}, U_2$$

~~Решение~~

$$4 + 686 + 3 + 7$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$P_3 V_2 = \nu R T_3$$

$$P_3 V_1 = \nu R T_1$$

$$P_3 (V_1 - V_2) = \nu R (T_1 - T_3)$$

1)  $\frac{C_{23}}{C_{31}} = ?$

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T}$$

$$\Delta Q_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2)$$

$$\Delta Q_{31} = P_3 (V_1 - V_2) + \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3)$$

$$\Delta Q_{31} = \frac{5}{2} \nu R (T_1 - T_3)$$

$$C_{23} = \frac{\Delta Q_{23}}{\nu (T_3 - T_2)} = \frac{3}{2} R$$

$$C_{31} = \frac{\Delta Q_{31}}{\nu (T_1 - T_3)} = \frac{5}{2} R$$

~~$\frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{3}{5}$~~

$\frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{3}{5}$  ✓

2)  $\frac{\Delta Q_{12}}{A_{12}} = ?$

$$\Delta Q_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) + \frac{(P_1 + P_2)(V_2 - V_1)}{2}$$

$$A_{12} = \frac{P_1 V_2 - P_1 V_1 + P_2 V_2 - P_2 V_1}{2} = \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{2}$$

$$P_2 V_2 = \nu R T_2$$

$$P_1 V_1 = \nu R T_1$$

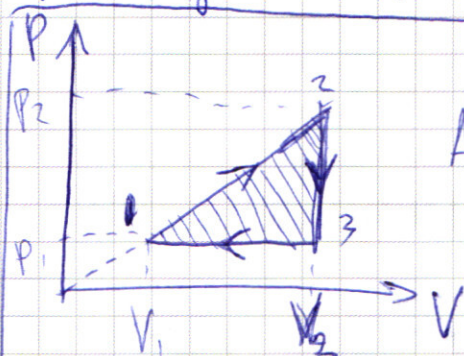
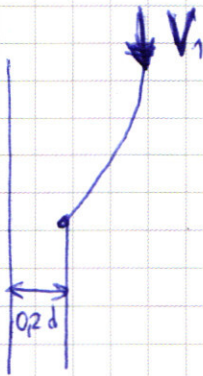
$$A_{12} = \frac{\nu R (T_2 - T_1)}{2}$$

$$\Delta Q_{12} = 2 \nu R (T_2 - T_1)$$

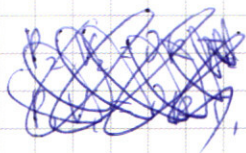
$$\frac{\Delta Q_{12}}{A_{12}} = \frac{2 \cancel{\nu R (T_2 - T_1)} \cdot 2}{\cancel{\nu R (T_2 - T_1)}} = 4$$

③ Напряженность 1 обходить:  $\gamma = \frac{q}{m}$

$$E = \frac{\sigma_1}{2\epsilon_0}$$



$$A_{123} = \frac{(P_2 - P_1)(V_2 - V_1)}{2} = \frac{P_2 V_2 - P_2 V_1 - P_1 V_2 + P_1 V_1}{2} = \frac{(P_2 V_2 + P_1 V_1) - (P_2 V_1 + P_1 V_2)}{2}$$



$$\eta = 1 - \frac{Q_x}{Q_2} = 1 - \frac{Q_{23} + Q_{31}}{Q_{12}}$$

$$\begin{aligned} P_2 V_2 &= \nu R T_2 \\ P_1 V_2 &= \nu R T_3 \\ \frac{P_2}{P_1} &= \frac{T_2}{T_3} \end{aligned}$$

$$\left\{ \begin{aligned} Q_{12} &= 2\nu R (T_2 - T_1) \\ Q_{31} &= \frac{5}{2}\nu R (T_1 - T_3) \\ Q_{23} &= \frac{3}{2}\nu R (T_3 - T_2) \end{aligned} \right. \quad Q \left( \frac{\frac{5}{2}\nu R (T_1 - T_3) + \frac{3}{2}\nu R (T_3 - T_2)}{2\nu R (T_2 - T_1)} \right) =$$

$$= \frac{5T_1 - 5T_3 + 3T_3 - 3T_2}{4T_2 - 4T_1} =$$

$$= \frac{5T_1 - 2T_3 - 3T_2}{4(T_2 - T_1)}$$

$$4 \left( \frac{4T_2 - 4T_1 - 5T_1 + 2T_3 + 3T_2}{4(T_2 - T_1)} \right)$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

① ① Трос разорвется, если проекции скоростей тросы и кольца на трос не будут равны:

$$v \cos \alpha = U \cos \beta;$$

$$U = \frac{v \cos \alpha}{\cos \beta};$$

② По закону сложения скоростей:

По теореме косинусов:

$$v_{отн}^2 = v^2 + U^2 - 2 v U \cos (\beta + \alpha)$$

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

$180 - 180 - (\beta + \alpha)$

③ ~~Для нахождения силы натяжения троса перейдем в систему отсчета центра масс~~

③  $F_{ц.м.} = m a = \omega^2 R m; \omega = \frac{v}{R}$

$$F_y = m a = \frac{m v^2}{R}$$

$$\vec{F}_y \perp \vec{U}$$

$$T \cos (90 - \beta) = F_y$$

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

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



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ

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

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☒ черновик    ☐ чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)

