

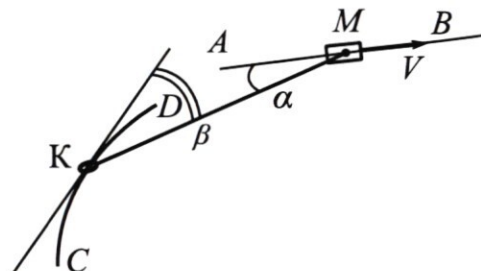
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-02

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

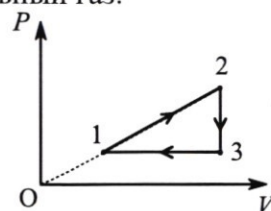
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 40$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,7$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной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

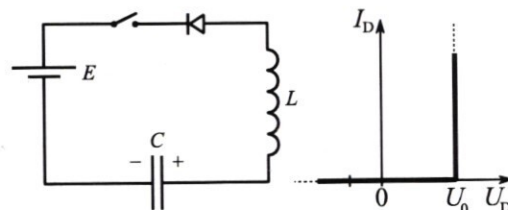


3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния d между обкладками. Положительно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается между 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.

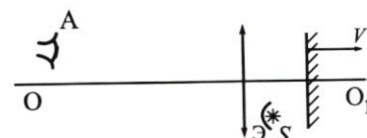
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 3$ В, конденсатор емкостью $C = 20$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 6$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,2$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ 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

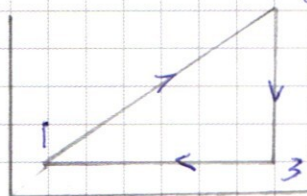
② Дано
газ одноатомный

Состояние
молярной теплоемкости?

$$\frac{Q_{12}}{P_{12}} = ?$$

и Q_{12} - ?

Решение



Рассмотрим процесс

$1 \rightarrow 2$

$P_1 = k V_1$ $P_2 = k V_2$ из условия
изотермы.

$$\frac{k V_1^2}{T_1} = \frac{k V_2^2}{T_2} \quad \text{т.к. } V_2 > V_1 \text{ и } k > 0$$

из графика

то $T_2 = \frac{V_2^2}{V_1^2} T_1 > T_1$ т.е. температура
растет.

Теперь рассмотрим $2 \rightarrow 3$

Объем - const, а давление
падает $\Rightarrow T$ уменьшается
Теперь рассмотрим

$3 \rightarrow 1$

Давление - const, а объем
уменьшается $\Rightarrow T$ падает

1) Значит, для первого цикла
задачи не решить

$$Q_{23} \text{ и } Q_{31}$$

$$Q_{23} = C_{23} \dot{V} (T_3 - T_2) = \frac{3}{2} \dot{V} R (T_3 - T_2) \text{ газ "не работает" т.к. } V = \text{const}$$

$$Q_{31} = C_{31} \dot{V} (T_1 - T_3) = \frac{3}{2} \dot{V} R (T_1 - T_3) + p_0 (V_1 - V_3) = [p_0 V_3 = \dot{V} R T_3; p_0 V_1 = \dot{V} R T_1]$$

$$(\text{где } p_0 \text{ давление на } 3 \rightarrow 1) = \frac{3}{2} \dot{V} R (T_1 - T_3) + \dot{V} R (T_1 - T_3)$$

$$= \frac{5}{2} \dot{V} R (T_1 - T_3)$$

$$C_{23} = \frac{3}{2} R; C_{31} = \frac{5}{2} R \quad \text{При этом } Q_{23} < 0, \text{ т.к. } T_3 < T_2$$

$$\frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{\frac{3}{2}}{\frac{5}{2}} = \frac{3}{5}$$

$$\text{и } Q_{31} < 0, \text{ т.к. } T_1 < T_3$$

т.е. $2 \rightarrow 3 \rightarrow 1$ газ отдает тепло

2) Для второго пункта задачи.

$$\text{А газ на } 1 \rightarrow 2 \text{ - площадь под графиком} = \frac{p_2 V_2}{2} - \frac{p_1 V_1}{2} =$$

$$= [p_2 V_2 = \dot{V} R T_2; p_1 V_1 = \dot{V} R T_1] = \frac{1}{2} \dot{V} R (T_2 - T_1)$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \dot{V} R (T_2 - T_1) \Rightarrow Q_{12} = \Delta U + A = \frac{1}{2} \dot{V} R (T_2 - T_1) + \frac{3}{2} \dot{V} R (T_2 - T_1) =$$

$$= 2 \dot{V} R (T_2 - T_1) \Leftrightarrow \frac{Q_{12}}{A_{12}} = \frac{2 \dot{V} R (T_2 - T_1)}{\frac{1}{2} \dot{V} R (T_2 - T_1)} = 4$$

3) Для третьего пункта задачи.

~~Двигатель работает столько сколько и отдал~~

~~(в горячем цилиндре) и в холодном.~~

В горячем цилиндре $\eta = \frac{Q_{\text{получ}} - Q_{\text{отд}}}{Q_{\text{получ}}}$ т.е. он отдает тепло для "холодного цилиндра" $Q_{\text{отд}}.$

Однако, на полезную работу он тратит

$\frac{1}{4} Q$ тогда КПД = 25%

$$\text{Ответ: } \frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{3}{5} \quad \frac{Q_{12}}{A_{12}} = 4 \quad \text{КПД} = 25\%$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

⑤ Дано

$$\alpha = \frac{3F}{TS}$$

V - скорость

$$\beta = F/3$$

$$P = F$$

$$S = ?$$

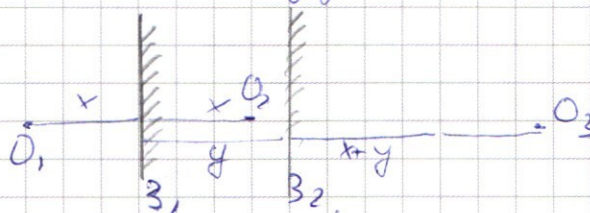
$$L = ?$$

$$V = ?$$

Решение

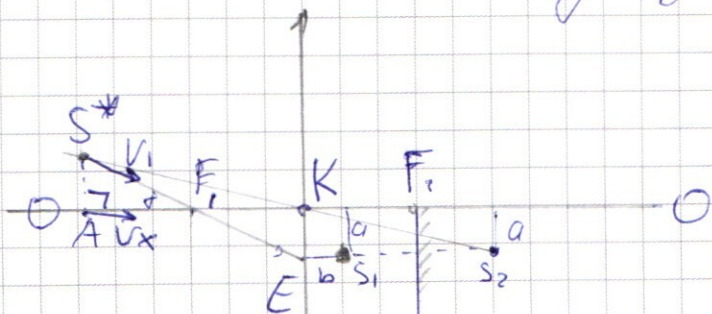
Для начала нужно определить
скорость движения изображения
источника в зеркале

Эта скорость будет равна $2V$



Пусть из положения 3_1 зеркало перемещается в 3_2 . O_2 было на расстоянии $2x$ относительно неподвижного объекта O_1 . O_3 же находится на расстоянии $x+y+x+y = 2x+2y$. Зеркало сместилось на y за время t , тогда $(O_3 - O_2) = V_2 t = 2y$ при этом $y = V \cdot t \Rightarrow V_2 = 2V$.

Рассмотрим теперь путь зайчика.



Изображение в зеркале будет находиться

на расстоянии $F + F - b = \frac{5}{3}F$

тогда изображения действительных

$$\Rightarrow \frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{d} \quad \frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d} = \frac{d - F}{dF} \Rightarrow f = \frac{dF}{d - F} = \frac{\frac{5}{3}F^2}{\frac{5}{3}F - F} =$$

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

Заметим, что по правилам построения изображений

луч EF_1 уже строится, а изображение источника будет лежать на пересечении луча EF_1 и луча, проходящего через центр линзы. Это изображение будет двойным

поэтому лучу в сторону f_1 . тогда найдем искомый угол $\Rightarrow$ угол между S^*F_1 и OA . $AK = f = \frac{5}{2}F \Rightarrow AF_1 = (= AK - F) = \frac{3}{2}F$ найдем S^*A $\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{\frac{5}{2}F}{\frac{5}{3}F} = \frac{3}{2} \Rightarrow S^*A = \alpha \cdot \Gamma =$

$$\frac{3}{2} \cdot \frac{8}{15}F = \frac{4}{5}F \quad \text{tg } \varphi = \frac{S^*A}{AF_1} = \frac{\frac{4}{5}F}{\frac{3}{2}F} = \frac{8}{15} \quad \varphi = \arctg \frac{8}{15}$$

Найдем V_1 вычитая ее из продольной скорости

$$V_x = \Gamma^2 V = \frac{9}{4} V = \frac{9}{2} V \quad \text{найдем } \cos \varphi$$

$$\frac{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi}}{\cos \varphi} = \frac{8}{15} \Rightarrow 225 - 225 \cos^2 \varphi = 64 \cos^2 \varphi$$

$$\cos^2 \varphi = \frac{225}{289} \Rightarrow \cos \varphi = \frac{15}{17} \quad V_1 = \frac{V_x}{\cos \varphi} = \frac{9}{2} V \cdot \frac{17}{15} = \frac{51}{10} V$$

Ответ: на расстоянии $\frac{5}{2}F$; $\varphi = \arctg \frac{8}{15}$ и $V_1 = \frac{51}{10} V$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

① Iano

$$V = 0.4 \text{ m/s}$$

$$m = 1/m$$

$$R = 17 \mu$$

$$\rho = \frac{17R}{15}$$

$$\sigma(\omega_g) = \frac{3}{5})$$

$$\beta (\cos \beta = 8/17)$$

$$V_0 = ?$$

$V_i - ?$

T-2

Решение.

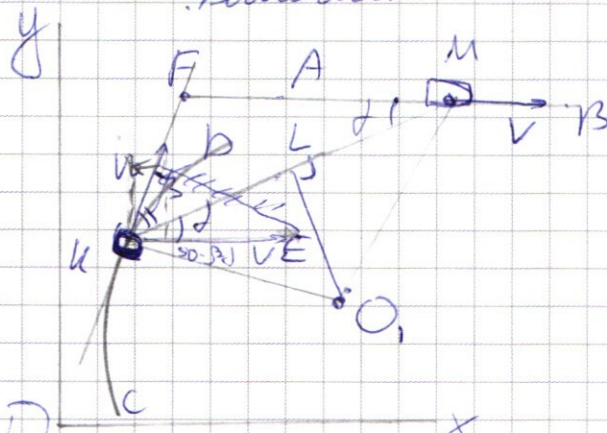


Рисунок - центр структуры с $AB \parallel OX$

$$O_h = R \quad K_h = 17R/15$$

Итак как в этот момент при
предъявлении воды недвижимого
то obviously движущаясь со скоростью
автомобиль

перенести во вторую колонку сумму

$$V_0 = V / \cos(\alpha + \beta) = V (\cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta)^{-1}$$

$$= \left(\frac{3}{5} \cdot \frac{8}{17} - \frac{4}{5} \cdot \frac{15}{17} \right)^{-1} = \frac{36}{85} V = \frac{36940}{85}$$

$$\frac{36 \cdot 0.08}{14} = \frac{288}{14} \text{ m} \quad \frac{85}{36} v = \frac{85 \cdot 0.4}{36} = \frac{17}{18} \text{ m}$$

Chem: $v_0 = \frac{17}{18} \text{ m/s}$

$$V_1 = \frac{77}{90} \text{ m/s}$$

$$T = \frac{10}{27} \text{ H}$$

Скорость отливовых бурты - вертикальной составляющая $V_0 = 0,4$ м/минута

ganz漂亮: $V_1 = V_0 \cdot \sin(\alpha + \beta) =$
 $= (\sin \alpha \cos \beta + \sin \beta \cos \alpha) \cdot V_0 = \frac{4}{5} \cdot \frac{3}{17} + \frac{15}{17} \cdot \frac{3}{5} =$
 $= \frac{77}{85} V_0 = \frac{77}{85} \cdot \frac{17}{18} = \frac{77}{90} \text{ m/s}$

$$\text{Kardien } T \text{ @ } T = \alpha m \cdot \cos \beta = \frac{U_0^2}{R^2} m \cos \beta = \frac{10}{27} \text{ n}$$

$$= \frac{17.4}{18^2} \text{ m} \cdot \frac{8}{14} - \frac{15}{17} = \frac{8 \cdot 15}{18^2} =$$

4) Дано

$$E = 3 \text{ В}$$

$$C = 20 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$L = 0,2 \text{ Гн}$$

$$U_0 = 1 \text{ В}$$

$$\Delta I_0 - ?$$

$$I_{\text{max}} - ?$$

$$U_2 - ?$$

Решение

1) сразу ток в цепи не пойдет из-за того, что присутствует катушка индуктивности

$$2) \frac{CU^2}{2} = \frac{LI^2}{2}$$

Но так как напряжение на конденсаторе не может быть меньше E то

$$U = 3 \text{ В}$$

$$I = \sqrt{\frac{CU^2}{L}} = \sqrt{\frac{20 \cdot 10^{-6} \cdot 9}{0,2}} = 6 \cdot 10^{-2} \text{ А}$$

$$3) U_2 = E = 3 \text{ В}$$

Чтобы ток в цепи пошел диод должен "пропустить" и разность потенциалов должна стать равной E тогда.

на конденсаторе может остаться только 4 В . А оставшееся энергия уйдет на катушку.

$$\frac{CU^2}{2} = \frac{LI^2}{2} \quad \Delta W = \frac{C \cdot \Delta U^2}{2} = \frac{LI^2}{2}$$

$$I = \sqrt{\frac{C \cdot \Delta U^2}{L}} = \sqrt{\frac{20 \cdot 10^{-6} \cdot 2^2}{0,2}} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ А}$$

3) $U_2 = 4 \text{ В}$ и в такой момент разность потенциалов становится равна E и дальше ток через диод не идет

$$\text{Ответ: } \Delta I_0 = 0; I_{\text{max}} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ А} \\ U_2 = 4 \text{ В}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

③

Дано

$d, \frac{q}{2d}$ — расстояние.

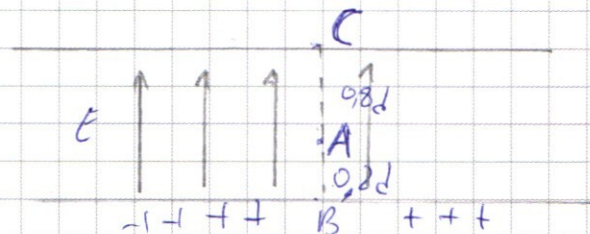
$$\frac{q}{m} = \gamma$$

1) $T = ?$

2) $U = ?$

3) $V_0 = ?$

Решение.



А — точка в которой остановилась частица.

$$CA = 0,8d$$

1) Найдем T

$$V_1 - aT = 0 \quad \text{т.к. частица остано-}$$

$$T = \frac{V_1}{a} \quad S = 0,8d = \frac{V_1^2 - 0}{2a} \Rightarrow a = \frac{V_1^2}{1,6d}$$

$$T = \frac{V_1}{\frac{V_1^2}{1,6d}} = \frac{1,6d}{V_1}$$

Отсюда видно, что поле однородно

$\Rightarrow$ действующая сила не меняется

2) теперь найдем V

По закону сохранения энергии

$$\frac{mV_1^2}{2} = U_{AC} - q$$

$$U_{AC} = \frac{mV_1^2}{2q} = \frac{V_1^2}{8 \cdot 2}$$

Заметим, что разность потенциа-
лов прямо пропорциональна
расстоянию

$$\text{Когда } U \text{ на обкладках} = \frac{d}{0,8d} = \frac{5}{4} U_{AC} = \frac{5}{8} \frac{U_1^2}{\gamma}$$

3) Таким же индикатором не выходит за его пределы
то U_0 (надежно больше расхождения будет равно
 U_1

$$\text{Ответ: } T = \frac{1,6d}{U_1} ; U = \frac{5}{8} \frac{U_1^2}{\gamma} ; U_0 = U_1$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$Ud = U = Ed$$

$$U = Ed$$

$$U = Ed$$

$$C = \frac{q}{U} = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$$

$$U = \frac{q d}{\epsilon \epsilon_0 S} = U = Ed$$

$$E = \frac{U}{d}$$

$$V_1 = \frac{U}{d}$$

$$V_1 = at$$

$$a = \frac{F}{m}$$

$$a = \frac{Eq}{m}$$

$$V_1 = Et$$

$$\frac{m V_1^2}{2} = 2Eq \cdot 0,8d$$

$$V_1^2 = E^2 t^2 = 2Eq \cdot 0,8d$$

$$V_0 = at$$

$$a = \frac{Eq}{m}$$

$$I = \frac{q}{\Delta t}$$

$$I U_{\text{ср}} = P$$

$$D_{\text{ср}} = q \cdot B = D_{\text{м}}$$

$$U_q = \frac{m V_0^2}{2}$$

$$S = 0,8d$$

$$S = \frac{V_0^2}{2a}$$

$$\cos \beta = 8/17$$

$$\sin \beta = 15/17$$

$$\sin \frac{\beta}{2} = \frac{3}{5}$$

$$\frac{V_1}{36d} = \frac{U}{36d}$$

$$T = \frac{1}{2} U R (T_2 - T_1)$$

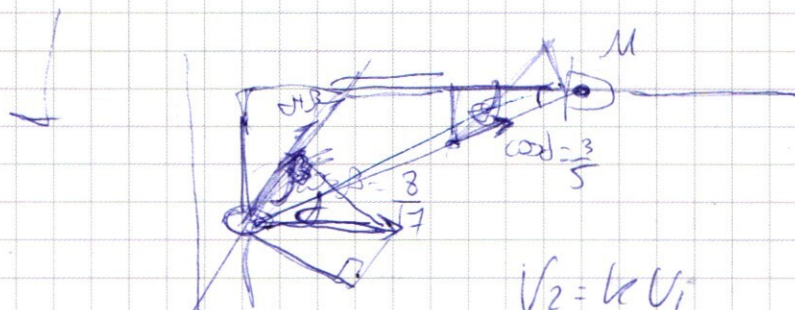
$$Q = 4A$$

$$3A + \frac{A}{3A}$$

$$\frac{400 \cdot 10^{-4} \cdot 9}{0,2}$$

$$6 \cdot 10^{-2} A$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$P(V) = V_k$$

$$V = \frac{\cos \beta - \cos \alpha}{\cos \beta + \alpha} = \frac{289}{225}$$

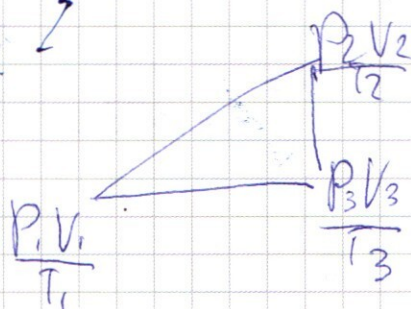
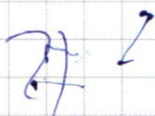
$$V_2 = k V_1$$

$$P_2 = k P_1$$

$$k V_1$$

$$\cos \alpha = \frac{4}{5} \quad \sin \alpha = \frac{3}{5}$$

$$T = m a$$



$$\frac{P_2 V_2}{T_2} = \frac{P_3 V_3}{T_3}$$

$$\frac{3}{5} \cdot \frac{3}{17} = \frac{4}{5} \cdot \frac{15}{17}$$

$$T_3 = \frac{P_3}{P_2} \cdot T_2$$

$$\frac{14 - 60}{5 \cdot 17} = \frac{36}{85} V_0$$

$$T_3$$

$$\frac{36}{1485} = 0.024$$

2-3 уменьшено

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{k V_2}{T_2}$$

$$\frac{k V_1}{T_1} = \frac{k V_2}{T_2}$$

$$T_2 = \frac{V_2}{V_1} T_1$$

$$112 - 42$$

$$112 - 42 = 70$$

$$112 - 21$$

$$112 - 21 + 112 - 21 = 224$$

$$2V P(T_2 - T_1)$$

$$2V P(T_2 - T_1) + \frac{2}{3} V P(T_3 - T_2) + \frac{2}{3} V P(T_1 - T_3)$$

Очень плохо

$$p_1 = k v_1$$

$$p_2 = k v_2$$

$$p_1 v_1 = v R T_1$$

$$\frac{k v_1 v_1}{T_1} = \frac{k v_2 v_2}{T_2}$$

$$\frac{C U^2}{2} = \frac{U^3}{2}$$

$$Q = \left(\frac{p_1 v_1}{2} + \frac{p_2 v_2}{2} \right) + \frac{3}{2} v R (T_2 - T_1)$$

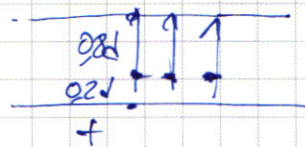
$$Q = \frac{1}{2} (v R T_2 + v R T_2) + \frac{3}{2} v R (T_2 - T_1)$$

$$\frac{Q_{\text{отдаваемая}} - Q_{\text{принимаемая}}}{Q_{\text{отдаваемая}}}$$

$$Q = 2 v R (T_2 - T_1)$$

$$A = \frac{1}{2} v R (T_2 - T_1)$$

$$\frac{Q}{A} = 4$$



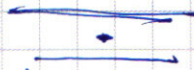
$$F = E q$$

$$E = \frac{q}{2 \epsilon \epsilon_0 d}$$

$$0,8 d \cdot U \cdot q = \frac{m v_0^2}{2}$$

$$U = \frac{m v_0^2}{q \cdot 2 \cdot 0,8 d}$$

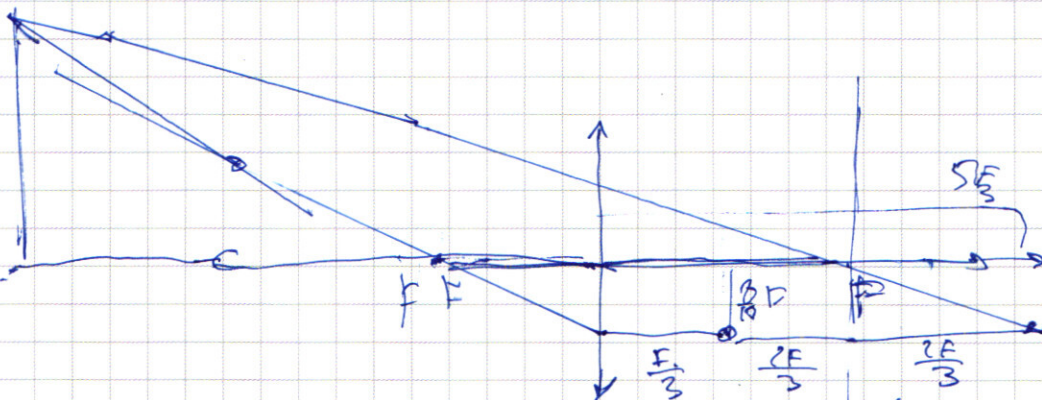
$$3 \frac{m v_0^2}{2} =$$



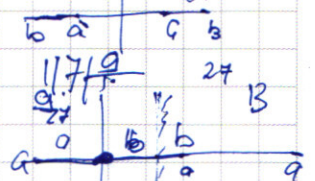
$$v_1 = at$$

$$a = \frac{F q}{m}$$

$$\frac{E}{q} = \frac{v_1}{F q} = \frac{v_1}{Y F}$$



$$z = \frac{5}{2 \sqrt{3}} = \frac{3}{2} \frac{81}{736} = \frac{117}{176}$$



$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F} \quad \text{вертикальные отрезки}$$

$$\frac{1}{\frac{3}{2}} + \frac{1}{\frac{2}{3}} = \frac{1}{F} \quad \text{вертикальные отрезки}$$

$$V = \sqrt{17}$$

$$\frac{5}{2} F \quad \left(\frac{3}{2} \sqrt{3} \right)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2. Дано
из заданных

$$\frac{\dot{Q}_1}{\dot{Q}_2} = ?$$

$$\frac{\dot{Q}_{12}}{A_{12}} = ?$$

КПД_{max} = ?

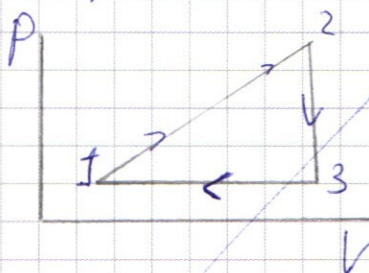
$$\frac{2\nu R(T_2 - T_1) + \frac{3}{2}\nu R(T_3 - T_2) + \frac{5}{2}\nu R(T_1 - T_3)}{2\nu R(T_2 - T_1)}$$

$$2T_2 - 2T_1 + \frac{3}{2}T_3 - \frac{3}{2}T_2 + \frac{5}{2}T_1 - \frac{5}{2}T_3$$

$$2T_2 - 2T_1$$

$$\frac{\frac{1}{2}T_2 + \frac{3}{2}T_1 - T_3}{2T_2 - 2T_1}$$

Решение



Рассмотрим процесс

1 → 2,

$P_1 = kV_1$, $P_2 = kV_2$ из условия.

тогда

$$\frac{kV_1^2}{T_1} = \frac{kV_2^2}{T_2}$$

т.к. $V_2 > V_1$, $k > 0$
(причем неизменно
вверх)

$$T_2 = \frac{V_2^2}{V_1^2} T_1 \Rightarrow T_2 > T_1$$

Теперь рассмотрим

2 → 3. Объемы равны, а давление
уменьшается, поэтому T понижается

3 → 1

Объем одинаков, а давление
давление одинаково, а объем
уменьшается, поэтому
 T уменьшается.

значит, для первого пункта задачи

надо рассмотреть $2 \rightarrow 3$ и $3 \rightarrow 1$

В $2 \rightarrow 3$ газ не расширяется - сжимают $\Rightarrow$ работы не выполнят. поэтому $Q_{23} = C_{23} V (T_3 - T_2) = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2)$ (1)

Для $3 \rightarrow 1$ $Q_{31} = C_{31} V (T_1 - T_3) = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3) + P(V_1 - V_3) \Rightarrow$ (2)

$[PV_3 = \nu RT_3 ; PV_1 = \nu RT_1] \Rightarrow Q_{31} = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3) + \nu R (T_1 - T_3) = \frac{5}{2} \nu R (T_1 - T_3)$ (3); Тогда $\frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{\nu (T_3 - T_2)}{\nu (T_1 - T_3)} = \frac{\frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2)}{\frac{5}{2} \nu R (T_1 - T_3)}$

из (1) $C_{23} = \frac{3}{2} R \Rightarrow \frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{3}{5}$

из (3) $C_{31} = \frac{5}{2} R$

Теперь для второго пункта задачи.

А газ на $1 \rightarrow 2$ - процесс под давлением

$= \frac{P_2 V_2}{2} - \frac{P_1 V_1}{2} = \left[P_2 V_2 = \nu R T_2 \quad P_1 V_1 = \nu R T_1 \right] =$

$= \frac{1}{2} (\nu R T_2 - \nu R T_1) = \frac{1}{2} \nu R (T_2 - T_1) ; \Delta U = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1)$

$Q_{12} = A_{12} + \Delta U = \frac{1}{2} \nu R (T_2 - T_1) + \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) \stackrel{(\frac{3}{2} \text{ и газ сжимающийся})}{=}$

$= 2 \nu R (T_2 - T_1) \quad \frac{Q_{12}}{A_{12}} = \frac{2 \nu R (T_2 - T_1)}{\frac{1}{2} \nu R (T_2 - T_1)} = 4$

И третий пункт задачи

Заметим, что получившиеся в (1), (3) Q_{23} ; Q_{31} всегда

всегда будут меньше 0

т.е. $Q_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2); T_3 < T_2 \quad Q_{31} = \frac{5}{2} \nu R (T_1 - T_3)$

$\frac{\sqrt{1-\cos^2 \theta}}{\cos \theta} = \frac{1}{\tan \theta}$
 $225 - 225 \cos^2 \theta = 8 \cos^2 \theta$
 $225 = 225 \cos^2 \theta + 8 \cos^2 \theta$