

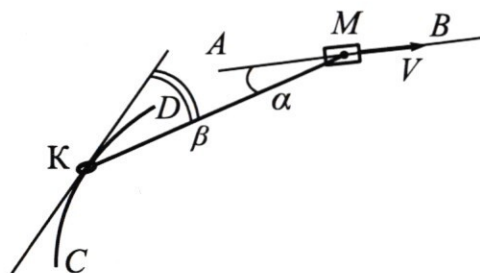
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Вариант 11-02

Класс 11

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

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.



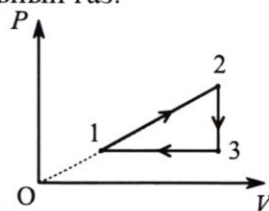
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения троса в этот момент.

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.

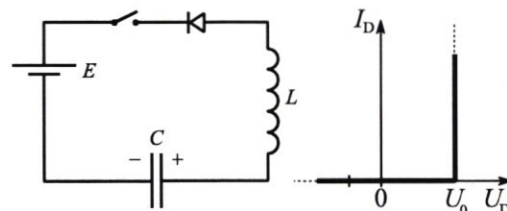
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 3$ В, конденсатор емкостью $C = 20$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 6$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,2$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке,

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?

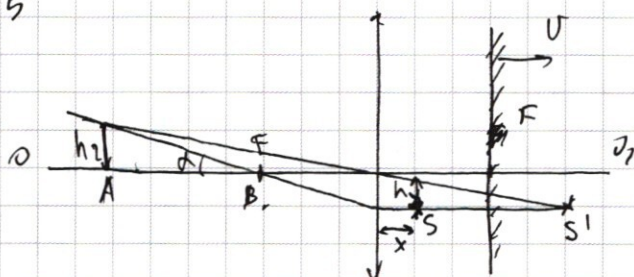
2) Под каким углом α к оси OO_1 движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)

3) Найти скорость изображения в этот момент.



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N 5



Дано: $x = \frac{F}{3}$
 $h = \frac{8F}{15}$
 U

Найти: 1) f
2) α
3) $U_{\text{изобр.}}$

1. ~~Изображение~~ Источник находится на расстоянии $\frac{2F}{3}$ от зеркала. В зеркале он отражается на расстоянии $\frac{2 \cdot 2F}{3}$ от источника, значит от мизор он находится на расстоянии $\frac{4F}{3} + \frac{F}{3} = \frac{5F}{3}$

По формуле тонкой линзы

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

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

2. $\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{\frac{5F}{2} \cdot 3}{2 \cdot 5F} = \frac{3}{2}$ h_2 - расстояние от л. оптического оси до ~~точки~~ изображения

α - угол между направлением скорости и осью OO_1

$$h_2 = \Gamma \cdot h = \frac{3}{2} \cdot \frac{8F}{15} = \frac{4}{5} F ; AB = f - F = \frac{5F}{2} - F = \frac{3F}{2}$$

$$\tan \alpha = \frac{h_2}{AB} = \frac{\frac{4F}{5}}{\frac{3F}{2}} = \frac{8}{15}$$

3. $U_{\text{изобр.}} \cos \alpha = \Gamma \cdot 2U = \frac{3}{2} \cdot 2U = 3U$

$$U_{\text{изобр.}} \frac{3U}{\cos \alpha} = \frac{3U \cdot 17}{15} = \frac{17U}{5}$$

$$\cos \alpha =$$

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

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

$$= 1 + \frac{64}{225} = \frac{225 + 64}{225} =$$

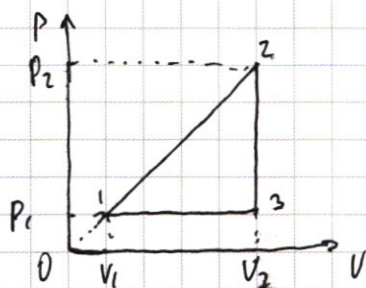
$$= \frac{289}{225} \Rightarrow \cos \alpha = \frac{17}{15}$$

Ответ. 1) $f = \frac{5F}{2}$

2) $\tan \alpha = \frac{8}{15}$

3) $U_{\text{изобр.}} = \frac{17U}{5}$

②



Дано:

найти: 1) $\frac{C_{23}}{C_{31}}$

3) $\eta_{\max}$

2) $\frac{Q_{12}}{A_{12}}$

↓ Температура повышается на участках 2-3 и 3-1

процесс 1-2 - изохорный $\Rightarrow$ его теплоемкость $C_V = \frac{3}{2} R$

процесс 3-1 - изобарный $\Rightarrow$ его теплоемкость $C_P = \frac{5}{2} R$

$$\frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{3R/2}{2.5R} = \frac{3}{5} \quad \text{Ответ: } \frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{3}{5}$$

2. $Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12}$

$$A_{12} = \frac{1}{2} (P_1 + P_2) (V_2 - V_1) = \frac{1}{2} (P_1 V_2 - P_1 V_1 + P_2 V_2 - P_2 V_1) =$$

$$= \frac{1}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1) + \frac{1}{2} (P_1 V_2 - P_2 V_1)$$

то $\frac{P_1}{V_1} = \frac{P_2}{V_2} \Rightarrow P_1 = \frac{P_2 V_1}{V_2}$, значит $A_{12} = \frac{1}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1) +$

$$+ \frac{1}{2} \left(\frac{P_2 V_1}{V_2} \cdot V_2 - P_2 V_1 \right) = \frac{1}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1) = A$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1) = 3A$$

$$Q = \Delta U + A = 3A + A = 4A \Rightarrow \frac{Q_{12}}{A_{12}} = \frac{4A}{A} = 4$$

то Ответ: $\frac{Q_{12}}{A_{12}} = 4$

3. $\eta = \frac{Q_H - Q_C}{Q_H} \cdot 100\% = \frac{A}{Q_H} \cdot 100\%$ $A = Q_H - Q_C$ так процесс замкнутый, $\Delta U = 0$; $Q_H = Q_{12} = 4A_{12}$

$$\frac{P_2}{P_1} = K \Rightarrow T_2 = K^2 T_1; \quad T_3 = \frac{T_2}{K}$$

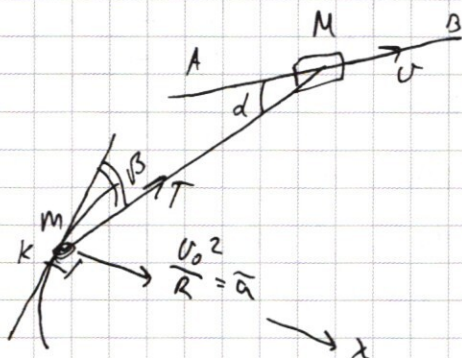
$$\eta = \frac{1}{4} \times \frac{2RT_1 - 2RT_3}{2(2RT_2 - 2RT_1)} = \frac{1}{4} + \frac{2RT_1 - 2R \frac{T_2}{K}}{2(2RT_2 - 2RT_1)} = \frac{1}{4} + \frac{2RT_1 - 2R \cdot K T_1}{2(2RT_1 K^2 - 2RT_1)} =$$

$$= \frac{1}{4} + \frac{1}{2} \left(\frac{1-K}{K^2-1} \right) \quad \text{при } K=1 \quad \eta = \frac{100}{4} = 25\%$$

Ответ: $\eta = 25\%$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

①



Дано: $v = 40 \text{ см/с} = 0,4 \text{ м/с}$

$m = 1 \text{ кг}$

$R = 1,7 \text{ м}$

$L = 17 R/17$

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

$\cos \beta = \frac{8}{17}$

Найти: 1) $v_{\text{кольца}}$

2) $v_{\text{кольца отн.}}$

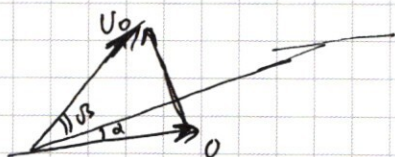
3) T

1). Т.к. трос не рвется, скорости проекция скорости муфта на трос равна проекции скорости кольца на трос

$$v_{\text{кольца}} \cdot \cos \beta = v \cos \alpha \Rightarrow v_{\text{кольца}} = \frac{v \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{40 \cdot 3 \cdot 17}{5 \cdot 8}$$

$$= \frac{51 \cdot 40}{40} = 51 \text{ см/с} \quad \text{Ответ: } v_{\text{кольца}} : 51 \text{ см/с} = 0,51 \text{ м/с}$$

2)



v_0 - скорость колеса

$$v_{\text{отн}} = v_0 - v$$

угол между скоростями = $\alpha + \beta$

по т. косинусов.

$$v_{\text{отн}}^2 = v_0^2 + v^2 - 2v_0 \cdot v \cdot \cos(\alpha + \beta) = \text{то Ответ: } v_{\text{отн}} = \sqrt{v_0^2 + v^2 - 2v_0 v \cos(\alpha + \beta)}$$

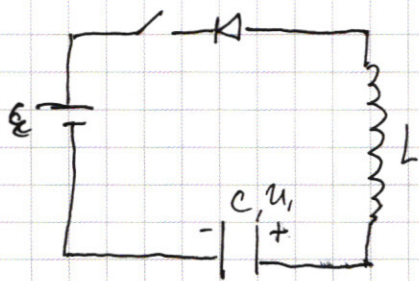
Ответ: $v_{\text{отн}} = \sqrt{v_0^2 + v^2 - 2v_0 v \cdot \cos(\alpha + \beta)} \text{ м/с}$

3) х: $m \frac{v_0^2}{R} = T \cdot \cos(90 - \beta) = T \cdot \sin \beta$

$$T = \frac{m v_0^2}{R \cdot \sin \beta}$$

Ответ: $T = \frac{m v_0^2}{R \cdot \sin \beta} \text{ Н}$

9)



Дано: $\mathcal{E} = 3\text{ В}$
 $C = 20\text{ мкФ} = 20 \cdot 10^{-6}\text{ Ф}$
 $U_1 = 6\text{ В}$
 $L = 0,2\text{ Гн}$
 $U_0 = 6\text{ В}$

1) $I' - ?$

2) I_{max}

3) U_2

1) На диоде напряжение 1 В , тогда сразу после замыкания ключа на катушке будет напряжение $U = \mathcal{E} - U_0 = 2\text{ В}$
 $U = LI' \Rightarrow I' = \frac{U}{L} = \frac{2}{0,2} = \frac{20}{2} = 10$

Ответ: $I' = 10$

2) $\mathcal{E}_L = LI'$, I - максимально $\Rightarrow I' = 0 \Rightarrow \mathcal{E}_L = 0$

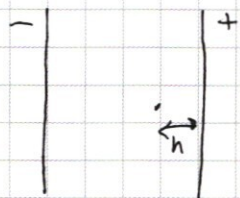
Значит напряжение на конденсаторе $U: U_0 + U = 6 + 2 = 8\text{ В}$

$$\text{З.С.Э.} - \frac{CU^2}{2} = \frac{LI_{\text{max}}^2}{2} \quad I_{\text{max}}^2 = \frac{CU^2}{L} \Rightarrow I_{\text{max}} = U \sqrt{\frac{C}{L}} = 8 \sqrt{\frac{20 \cdot 10^{-6}}{0,2}} = 8 \sqrt{10^{-4}} = 8 \cdot 10^{-2} = 0,08\text{ А}$$

Ответ: $I_{\text{max}} = 0,08\text{ А}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3)



Дано: $h = 0,8d$

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

$$\frac{1) T}{2) U_0}$$

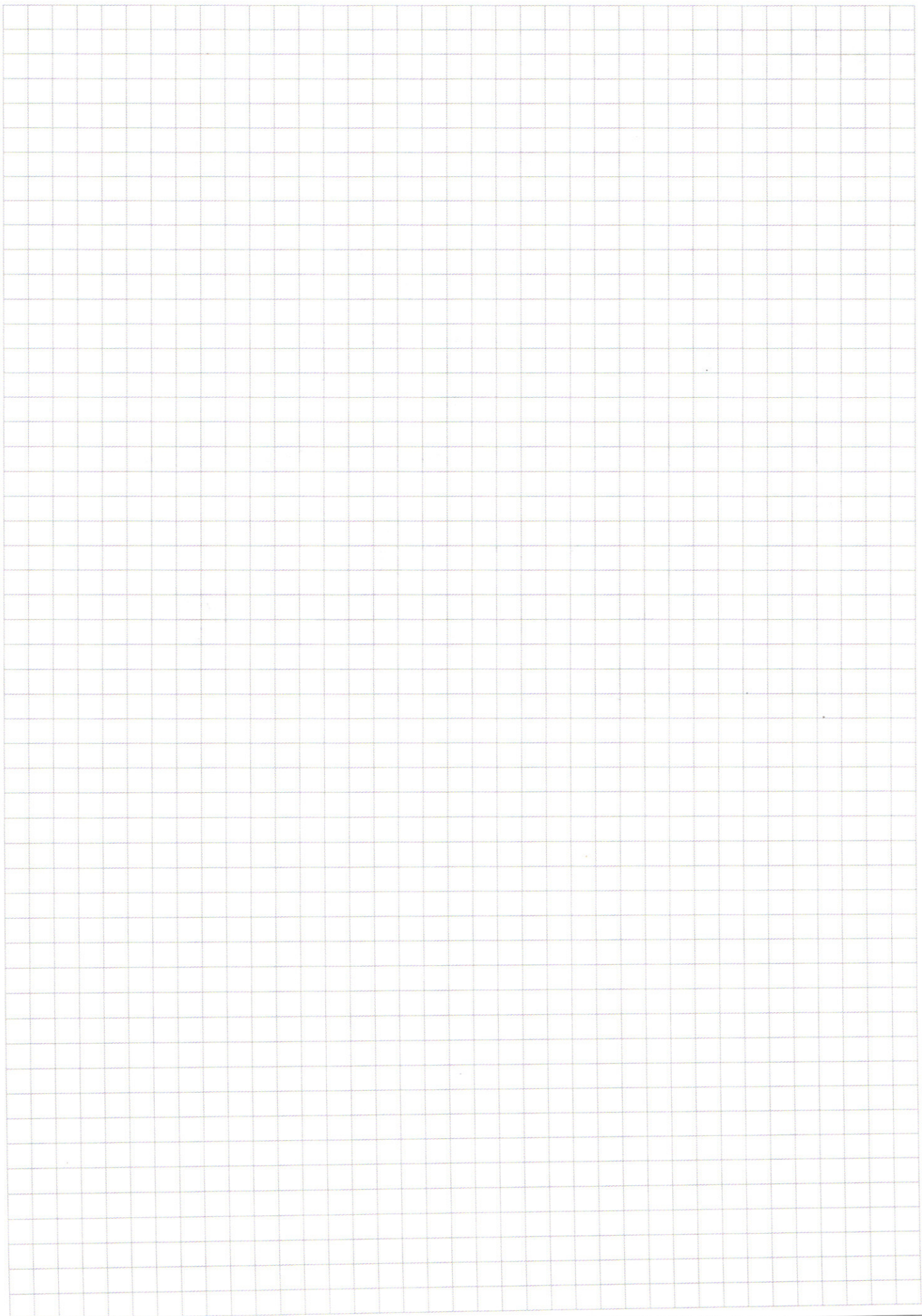
1. До остановки в конденсаторе частица прошла
расстояние $0,8d$

$$0,8d = \frac{0 - U_1^2}{2a} \Rightarrow a = - \frac{U_1^2}{1,6d}$$

$$0 = U_1 + aT$$

$$T = \frac{U_1}{-a} = \frac{U_1 \cdot 1,6d}{U_1^2} = \frac{1,6d}{U_1}$$

Ответ: $T = \frac{1,6d}{U_1}$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

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

$$\left(P_1 = \frac{P_2 V_1}{V_2} \right) A + \partial R (T_3 - T_1)$$

$$Q_n - Q_x = A \left(P_2 = \frac{A_1 V_2}{V_1} \right)$$

$$\frac{Q}{A} = \frac{\Delta u}{A} + 1$$

$$Q = A$$

$$A + \partial R (T_2 - T_1)$$

$$A - \partial R (T_2 - T_1)$$

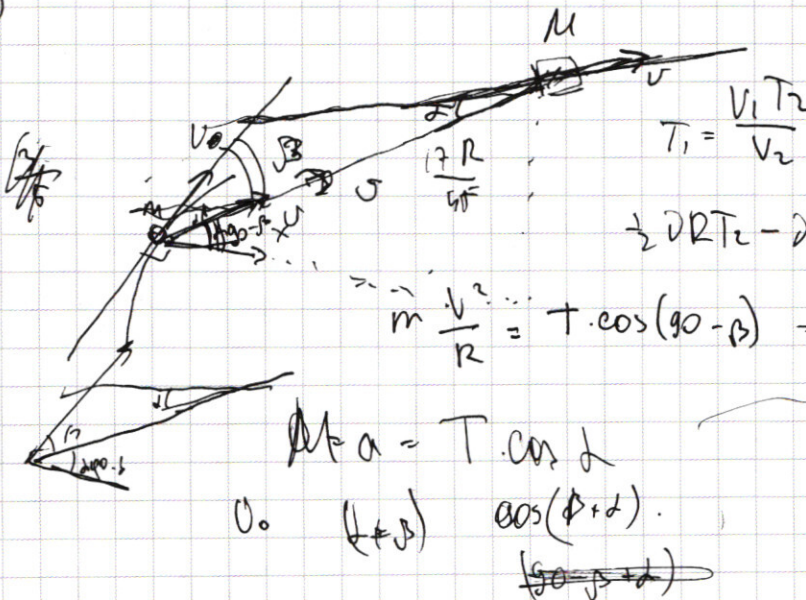
$$Q_n - Q_x = A \Rightarrow Q_n = \frac{1}{2} \gamma A_{12}$$

$$= \frac{1}{2} (V_2 P_2 - P_1 V_1) + 2 P_1 V_1 - P_1 V_2 - V_1 P_2 = 2 P_1 V_1 - 2 P_2 V_1 =$$

$$A + (V_2 - V_1) \cdot P_1 + \partial R (T_2 - T_1) = \frac{1}{2} \partial R (T_2 - T_1) \quad 2 P_1^2 \cdot V_2 - 2 \frac{P_2 \cdot V_2}{V_1} \quad \frac{1}{2} \partial R T_2 - \partial R T_3 + \frac{1}{2} \partial R T_1 =$$

$$Q = \frac{5}{2} \partial R \Delta T = \frac{3}{2} \partial R \Delta T = \partial R \Delta T$$

①



$$V = 40 \text{ cm/s}$$

$$m = 1 \text{ kg}$$

$$R = 1.7 \text{ m}$$

$$l = 17 R$$

$$\frac{1}{2} \partial R T_2 - \partial R \frac{P_2 T_2}{P_2} = \frac{1}{2} \partial R T_1 - \frac{1}{2} \partial R T_3 + \frac{1}{2} \partial R \frac{T_2 \cdot P_1 V_2}{P_2 \cdot V_2} = \frac{1}{2} \partial R T_2 \cdot \frac{P_2 \cdot V_2}{P_2 \cdot V_2} = \frac{1}{2} \partial R T_2 \cdot \frac{1}{3} = \frac{1}{6} \partial R T_2$$

$$V \cos \alpha = V_0 \cos \beta$$

$$a) V_0 = \frac{V \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{3 \cdot 17 V}{5 \cdot 8} = \frac{51}{40} V = 51 \text{ cm/s}$$

$$b) V_0 - V$$

$$\frac{1}{2} \partial R T_2 - \frac{1}{2} \partial R T_3 = \frac{1}{2} \partial R T_2 - \frac{1}{2} \partial R \frac{P_2 T_2}{P_2} = \frac{1}{2} \partial R T_2 - \frac{1}{2} \partial R \frac{P_2 V_1 \cdot T_2}{V_1 \cdot P_2}$$

$$A_{13} = P_1 (V_2 - V_1) = P_1 V_2 - P_1 V_1 = P_2 V_1 - P_1 V_1 \quad V_1 (P_2 - P_1)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

13

$U_2 - U_1 = \frac{kq}{0,8d} - \frac{kq}{0,8d}$
 $\frac{q}{m} = \gamma$
 $1,6d$
 $0,8d = \frac{0 - U_1}{2a}$
 $a = \frac{-U_1^2}{16d}$
 $0 = U_1 - \frac{U_1^2}{16d}$
 $U_1 = \frac{1,6d}{U_1}$
 $E = \frac{q}{d}$
 $q = e n$
 $\frac{q}{m} = \gamma$

14

$\epsilon = L I' \quad I' = \frac{\epsilon}{L} = \frac{2B}{92} = \frac{18}{92}$
 $I = \sqrt{\frac{C}{L}} = 5 \sqrt{\frac{20 \cdot 10^{-6}}{0,2}} = \sqrt{\frac{20 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 10^{-1}}}$
 $I = \sqrt{10^{-5}} = 10^{-2} \text{ A}$
 $\epsilon = 1B + 0 + 6B$

то по ток
 через диод не
 идет. Если
 направление
 тока 1 В
 ток через диод
 пойдет, не диод
 напряжение диода

$$\frac{A}{Q} = \frac{A_{12} + A_{13}}{4A_{12}} = \frac{1}{4} + \frac{A_{13}}{4A_{12}} \quad \frac{1}{u} + \frac{A_{31}}{4A_{12}} \quad \frac{P_1}{1} = \frac{P_2 V_1}{V_2}$$

$$A_{13} = A_{12} - A_{23} = A_{12} - \frac{1}{2}(V_2 - V_1)(P_2 - P_1) =$$

$$= \frac{1}{2}P_2 \left(\frac{1}{4} + 1 - \frac{A_{123}}{4A_{12}} \right) \quad P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$A_{13} = A_{12} + \frac{1}{2} + \frac{A_{13}}{4A_{12}}$$

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$A_{13} = 2RT_3 - 2RT_2 = 2RT_3 - 2A_{12} - 2RT_1 \quad P_1 = \frac{P_2 V_2}{V_1}$$

$$A_{12} = \frac{1}{2}2RT_2 - \frac{1}{2}2RT_1 \quad \frac{1}{2}2RT_2 = A_{12} + \frac{1}{2}2RT_1 \quad \frac{P_1}{V_2} = \frac{P_2}{V_1}$$

$$Q_x = \frac{3}{2}2RT_3 - \frac{3}{2}2RT_2 + \frac{5}{2}2RT_1 - \frac{5}{2}2RT_3$$

$$Q_u = 4 \cdot \frac{1}{2}(2RT_2 - 2RT_1) = 22RT_2 - 22RT_1 = 2(P_2 V_2 - P_1 V_1)$$

$$\frac{22RT_2 - 22RT_1 - \frac{3}{2}2RT_3 + \frac{3}{2}2RT_2 - \frac{5}{2}2RT_1 + \frac{5}{2}2RT_3}{= \frac{7}{2}2RT_2 - \frac{9}{2}2RT_1 + 2RT_3} \quad T_2 = T_1 \quad T_2 = \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^2 T_1$$

$$P_1 = k P_2 \quad V_1 = k V_2 \quad P_1 = k P_2 \quad P_2 = k P_1 \quad T_2 =$$

$$\frac{7}{2}2RT_2 - 2RT_3 - 2RT_1 = P_1 V_2 - P_1 V_1 = P_2 V_1 - P_1 V_1$$

$$\frac{1}{4} + \frac{A_{13}}{4A_{12}} = \frac{2RT_1 - 2RT_3}{2(2RT_2 - 2RT_1)} = k$$

$$\frac{P_2}{T_2} = \frac{P_1}{T_1} \quad T_3 = \frac{P_1}{P_2} T_2$$

$$\frac{2RT_1 - 2R \frac{P_1}{P_2} T_2}{2(2RT_2 - 2RT_1)} = \frac{2RT_1 - 2R \left(\frac{P_1}{P_2} \right) \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^2 T_1}{2(2R \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^2 T_1 - 2RT_1)}$$

$$\frac{1-k}{k^2-1} = \frac{1-k}{k^2-1} = -k^2+1-2k(1-k)$$

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