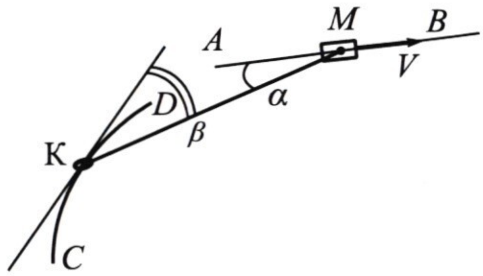
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-04

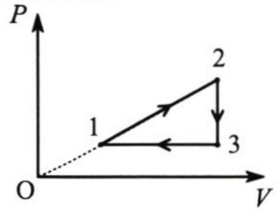
Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вло:

1. Муфту М двигают со скоростью $V = 2$ м/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,4$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент трос составляет угол $\alpha (\cos\alpha = 4/5)$ 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.



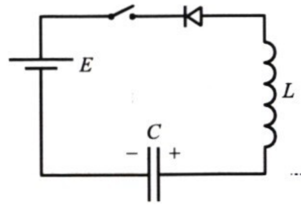
1) Найти отношение молярных теплоемкостей на тех участках цикла, где происходило понижение температуры газа.
2) Найти для процесса 1-2 отношение изменения внутренней энергии газа к работе газа.
3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.

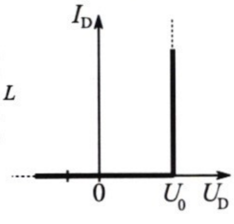
3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния d между обкладками. Напряжение на конденсаторе U. Отрицательно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается на расстоянии $0,2d$ от отрицательно заряженной обкладки.

1) Найдите удельный заряд частицы $\gamma = \dfrac{|q|}{m}$.
2) Через какое время T после влета в конденсатор частица вылетит из него?
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.

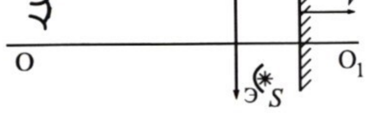
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 10$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 9$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,4$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ 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.

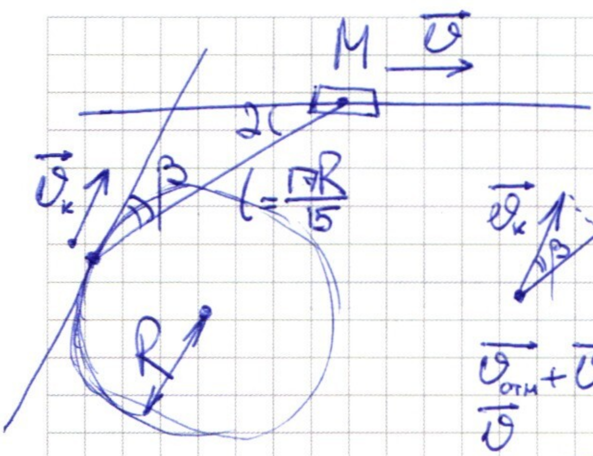
5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F, плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $8F/15$ от оси OO_1 и на расстоянии $3F/5$ от плоскости линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1. В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии $6F/5$ от линзы.

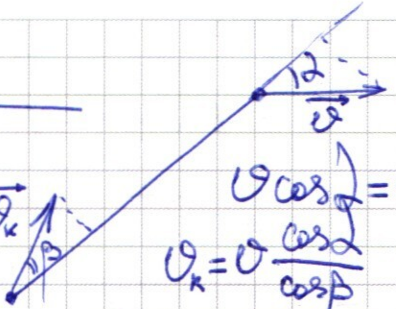


1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?
2) Под каким углом α к оси OO_1 движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)
3) Найти скорость изображения в этот момент.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3 Система в вакууме

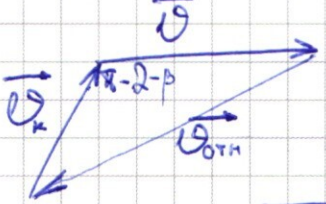


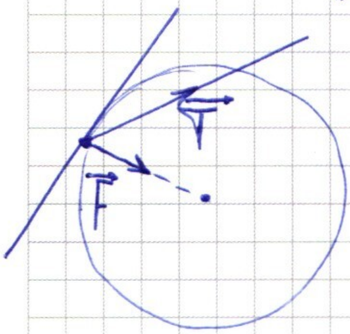


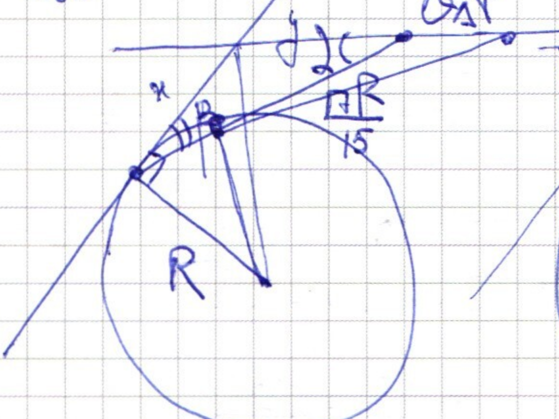
$v\cos\alpha = v_к\cos\beta$

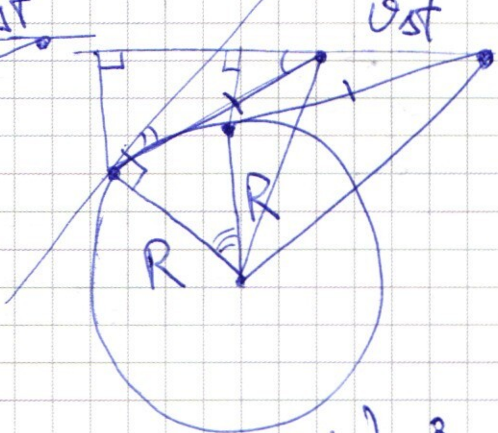
$v_к = v\frac{\cos\alpha}{\cos\beta}$

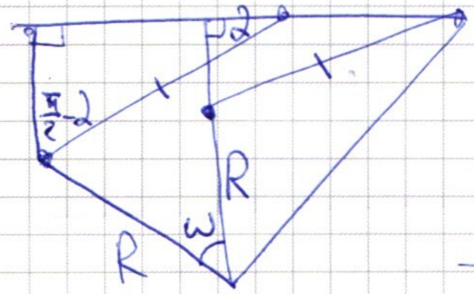
$\vec{v}_{отн}+\vec{v}=\vec{v}_к \qquad v_{отн}^2 = v_к^2+v^2-2v_к v\cos(\pi-\alpha-\beta)$

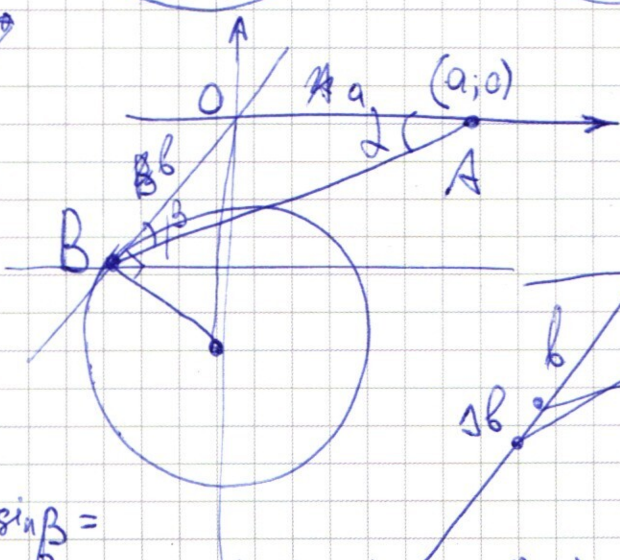






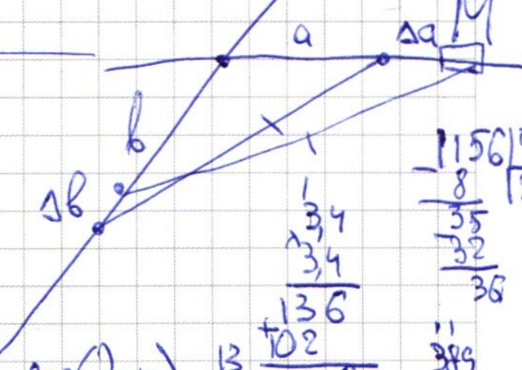






$\sin\alpha = \frac{3}{5}$

$\sin\beta = \sqrt{\frac{289-64}{289}} = \sqrt{\frac{225}{289}} = \frac{15}{17}$



$B\left(-b\sin\left(\frac{\pi}{2}-\alpha-\beta\right); -b\cos\left(\frac{\pi}{2}-\alpha-\beta\right)\right)$

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

$= \frac{4}{5}\cdot\frac{8}{17} - \frac{3}{5}\cdot\frac{15}{17} = \frac{32-45}{17\cdot 5} = -\frac{13}{85}$

$\left(\frac{17R}{15}\right)^2 =$

$\cos(\pi-(\alpha+\beta)) = -\cos(\alpha+\beta) = \frac{13}{85}$

$\vec{v}+\vec{v}_{отн}=\vec{v}_к$

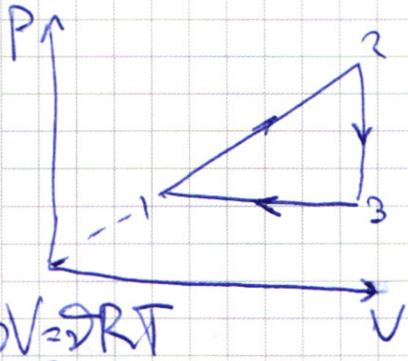
$3{,}4 \times 3{,}4 = 136 + 102 = 1156$

$1156 : 4 = 289$; -8, 35, -32, 36

$389 + 52 = 441$

21×21, 21, 42

$(a+b+c)(a+b+c)=a^2+b^2+c^2+2ab+2bc+2ac$



$\Delta T_{23}=\frac{\Delta p V_{23}}{\nu R}$

$\Delta T_{31}=\frac{p_{3}\Delta V}{\nu R}$

$\Delta Q_{23}=\frac{3}{2}p_{3}\Delta V$

$\cancel{\Delta U = Q + A}$

$Q=\Delta U+A$

$pV=\nu RT$

$\Delta Q=\frac{3}{2}\nu RT=\frac{3}{2}pV$

$\Delta Q_{23}=\frac{3}{2}\Delta p V_{23}$

$c_{23}=\frac{\Delta Q_{23}}{\Delta T_{23}\nu}=\frac{\frac{3}{2}\Delta p V_{23}\cdot \nu R}{\Delta p V_{23}\cdot \nu}=\frac{3}{2}R$

$p_1V_2-p_2V_1=\frac{\nu RT_1}{V_1}\cdot\frac{\nu RT_2}{p_2}$

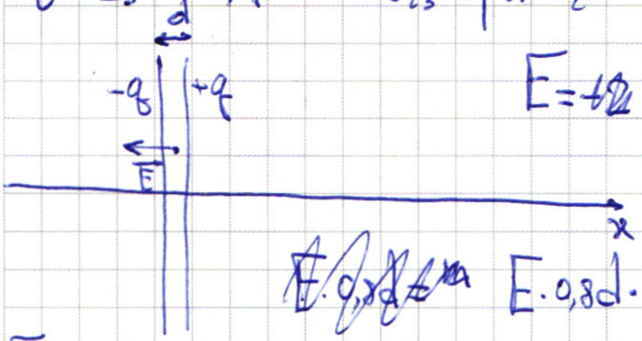
$\Delta U=\frac{3}{2}\nu R\Delta T_{12}=$

$A_{12}=\frac{(p_1+p_2)\Delta V_{12}}{2}=\frac{(p_1+p_2)(V_2-V_1)}{2}=$

$=\frac{1}{2}(\nu RT_2-\nu RT_1$

$Q=c\nu\Delta T$

$\eta=\frac{E_п}{E_з}=\frac{Q_{12}}{A}=\frac{Q_{12}}{\Delta V_{23}\cdot\Delta p_{31}\cdot\frac{1}{2}}=\frac{\Delta U_{12}+A_{12}}{\Delta V_{23}\cdot\Delta p_{31}\cdot\frac{1}{2}}=$



$E=-\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}-\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}=-\frac{\sigma}{\varepsilon_0}=-\frac{q}{S\varepsilon_0}$

$U=Ed$

$E\cdot 0{,}8d\cdot q=\frac{m v_1^2}{2}$

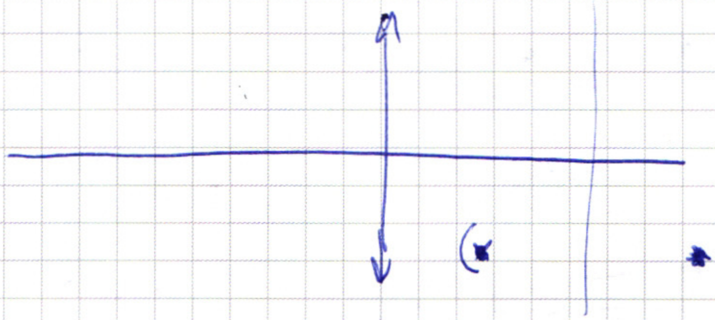
$\frac{|q|}{m}=\frac{v_1^2}{1{,}6d\cdot E}$

F

$E_1=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{Q}{r}$

$E_2=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{-Q}{r+d}$

$E_1+E_2=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{rQ+dQ-rQ}{(r+d)r}$



черновик ☐ чистовик Страница №__

(Поставьте галочку в нужном поле) (Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1.

Дано:

$\vartheta = 2\,\frac{м}{с}$

$m = 0{,}4$ кг

$R = 1{,}9$ м

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

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

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

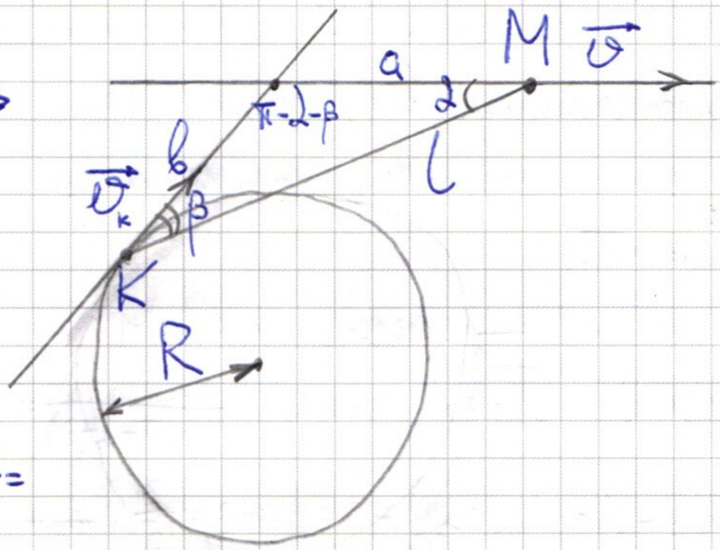
$\vartheta_к$ — ?

$\vartheta_{отн}$ — ?

T — ?

Решение:

Трос натянут $\Rightarrow$ равны проекции скоростей M и K на прямую троса.



$\vartheta_к \cos\beta = \vartheta\cos\alpha$

$\vartheta_к = \vartheta\frac{\cos\alpha}{\cos\beta} = 2\,\frac{м}{с}\cdot\frac{4}{5}\cdot\frac{17}{8} =$

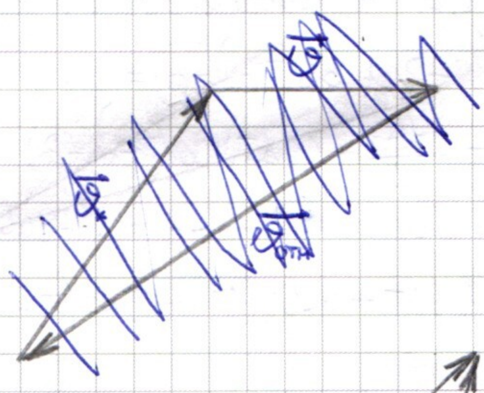
$= \frac{2\cdot 4\cdot 17}{5\cdot 8}\,\frac{м}{с} = 3{,}4\,\frac{м}{с}$

$\sin\alpha = \sqrt{1-\cos^2\alpha} = \sqrt{1-\frac{16}{25}} = \sqrt{\frac{9}{25}} = \frac{3}{5}$

$\sin\beta = \sqrt{1-\cos^2\beta} = \sqrt{1-\frac{64}{289}} = \sqrt{\frac{225}{289}} = \frac{15}{17}$

$\cos(\alpha+\beta) = \cos\alpha\cos\beta - \sin\alpha\sin\beta = \frac{4}{5}\cdot\frac{8}{17} - \frac{3}{5}\cdot\frac{15}{17} = \frac{32-45}{5\cdot 17} = -\frac{13}{85}$

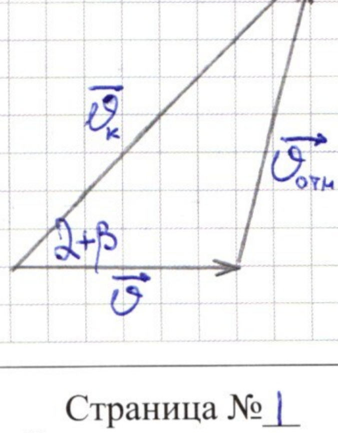
$\cos(\pi-\alpha-\beta) = \frac{13}{85}$



$\vec{\vartheta_{отн}}$ — скорость K относительно M. По закону сложения скоростей

$\vec{\vartheta_к} = \vec{\vartheta} + \vec{\vartheta_{отн}}$.

По т. косинусов (см. рисунок)



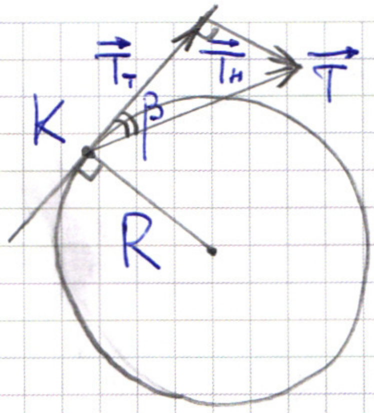
$\vartheta_{отн}^2 = \vartheta_к^2 + \vartheta^2 - 2\vartheta_к\vartheta\cos(\alpha+\beta) \Rightarrow \vartheta_{отн} =$

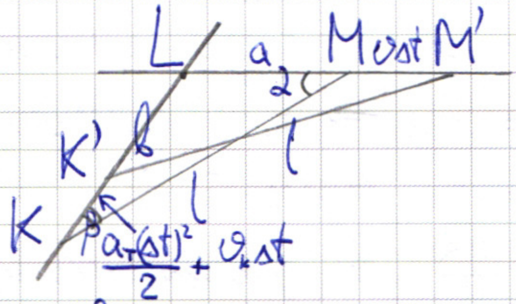
$= \sqrt{\vartheta_к^2 + \vartheta^2 - 2\vartheta_к\vartheta\cos(\alpha+\beta)} = \sqrt{11{,}56 + 4 + 2\cdot 2\cdot 3{,}4\cdot\frac{13}{85}}\ \times$

$\times\ \frac{м}{с} = \sqrt{11{,}56 + 4 + \frac{2\cdot 2\cdot 17\cdot 13}{85\cdot 5}}\,\frac{м}{с} = \sqrt{\frac{289+100+52}{25}}\,\frac{м}{с} =$

$= \sqrt{\frac{441}{25}}\,\frac{м}{с} = \frac{21}{5}\,\frac{м}{с} = 4{,}2\,\frac{м}{с}$

Сила $\vec{T}$, с которой трос действует на K, складывается из тангенциальной и нормальной составляющих — $\vec{T}_\tau$ и $\vec{T}_н$. Действие $\vec{T}_н$ уравновешивается проволокой, по которой движется K. При этом тангенциальных воздействий со стороны проволоки нет, поэтому $\vec{T}_\tau = m\vec{a}_\tau$.





a и b — стороны ΔKLM (см. рисунок). По т. синусов $\frac{l}{\sin(\pi-\alpha-\beta)}=\frac{a}{\sin\beta}=\frac{b}{\sin\alpha}$.

$$\sin(\alpha+\beta)=\sin\alpha\cos\beta+\cos\alpha\sin\beta=\frac{3}{5}\cdot\frac{8}{17}+\frac{4}{5}\cdot\frac{15}{17}=\frac{24+60}{5\cdot 17}=\frac{84}{85}=\sin(\pi-\alpha-\beta)$$

$$a=\frac{l\sin\beta}{\sin(\pi-\alpha-\beta)}=\frac{\cancel{17}R\cdot\cancel{15}\cdot 85}{\cancel{15}\cdot\cancel{17}\cdot 84}=\frac{85R}{84}=\frac{85}{84}\cdot\frac{19}{10}\text{ м}$$

$$b=\frac{l\sin\alpha}{\sin(\pi-\alpha-\beta)}=\frac{17R\cdot\cancel{3}\cdot\cancel{85}^{17}}{\cancel{15}\cdot 5\cdot 84}=\frac{289R}{5\cdot 84}=\frac{289}{5\cdot 84}\cdot\frac{19}{10}\text{ м}$$

По т. косинусов (см. рисунок)

$$a^2+b^2-2ab\cos(\pi-\alpha-\beta)=(a+\upsilon\Delta t)^2+\left(b-\frac{a_\tau(\Delta t)^2}{2}+\upsilon_k\Delta t\right)^2-2(a+\upsilon\Delta t)\times$$
$$\times\left(b-\frac{a_\tau(\Delta t)^2}{2}+\upsilon_k\Delta t\right)\cos(\pi-\alpha-\beta)$$

$$\cancel{a^2}+\cancel{b^2}\cancel{-2ab\cos(\pi-\alpha-\beta)}=\cancel{a^2}+2a\upsilon\Delta t+\upsilon^2(\Delta t)^2+\cancel{b^2}+\frac{a_\tau^2(\Delta t)^4}{4}+\upsilon_k^2(\Delta t)^2-a_\tau b(\Delta t)^2+$$
$$+2\upsilon_k b\Delta t-a_\tau\upsilon_k(\Delta t)^3-2\cos(\pi-\alpha-\beta)\left(\cancel{ab}-\frac{aa_\tau(\Delta t)^2}{2}+\upsilon_k a\Delta t+\upsilon b\Delta t-\frac{a_\tau\upsilon(\Delta t)^3}{2}+\right.$$
$$\left.+\upsilon\upsilon_k(\Delta t)^2\right)$$

Разделим на Δt. Теперь всеми членами, где степень Δt больше 1, можно пренебречь из-за большего порядка малости.

$$2a\upsilon+\upsilon^2\Delta t+\upsilon_k^2\Delta t-a_\tau b\Delta t+2\upsilon_k b-2\cos(\pi-\alpha-\beta)\left(-\frac{aa_\tau\Delta t}{2}+\upsilon_k a+\upsilon b+\upsilon\upsilon_k\Delta t\right)=$$
$$=0$$

~~Сумма членов без множителя Δt должна быть равна 0, иначе придём к противоречию. Разделим на~~

$a_\tau b\Delta t - a_\tau\Delta t\cos(\pi-\alpha-\beta)\cdot a = 2a\vartheta + 2\vartheta_к b - 2\cos(\pi-\alpha-\beta)\vartheta_к a - 2\cos(\pi-\alpha-\beta)\times$
$\times(\vartheta b) + \Delta t(\vartheta^2+\vartheta_к^2 - 2\cos(\pi-\alpha-\beta)\vartheta\vartheta_к)\cancel{\Delta t}$

Сумма членов без множителя Δt должна быть равна 0, иначе придём к противоречию.

$$a_\tau = \frac{\vartheta^2+\vartheta_к^2-2\cos(\pi-\alpha-\beta)\vartheta\vartheta_к}{b-a\cos(\pi-\alpha-\beta)} = \frac{4\frac{м^2}{с^2}+\frac{289}{25}\frac{м^2}{с^2}-2\cdot\frac{13}{85}\cdot 2\cdot\frac{17}{5}\frac{м^2}{с^2}}{\frac{289\cdot 19}{5\cdot 84\cdot 10}м - \frac{\cancel{85}\cdot 19}{84\cdot 10}м\cdot\frac{13}{\cancel{85}}} =$$

$$= \frac{4+\frac{289}{25}-\frac{4\cdot 13\cdot 17}{85\cdot 5}}{\frac{289\cdot 19 - 19\cdot 13\cdot 5}{5\cdot 84\cdot 10}}\frac{м}{с^2}$$

$$T_\tau = ma_\tau = m\cdot\frac{\vartheta^2+\vartheta_к^2-2\cos(\pi-\alpha-\beta)\vartheta\vartheta_к}{b-a\cos(\pi-\alpha-\beta)}$$

$$T = \frac{T_\tau}{\cos\beta} = \frac{m}{\cos\beta}\cdot\frac{\vartheta^2+\vartheta_к^2-2\cos(\pi-\alpha-\beta)\vartheta\vartheta_к}{b-a\cos(\pi-\alpha-\beta)}$$

Ответ: 1) $\vartheta_к = \vartheta\frac{\cos\alpha}{\cos\beta} = 3{,}4\frac{м}{с}$; 2) $\vartheta_{отн} = \sqrt{\vartheta_к^2+\vartheta^2-2\vartheta_к\vartheta\cos(\alpha+\beta)} = 4{,}2\frac{м}{с}$;

3) $T = \frac{m}{\cos\beta}\cdot\frac{\vartheta^2+\vartheta_к^2-2\cos(\pi-\alpha-\beta)\vartheta\vartheta_к}{b-a\cos(\pi-\alpha-\beta)} = \frac{\vartheta^2+\vartheta^2\frac{\cos^2\alpha}{\cos^2\beta}-2\cos(\pi-\alpha-\beta)\vartheta^2\frac{\cos\alpha}{\cos\beta}}{\frac{l\sin\alpha}{\sin(\alpha+\beta)}-\frac{l\sin\beta}{\sin(\alpha+\beta)}\cos(\pi-\alpha-\beta)}$.

№2.

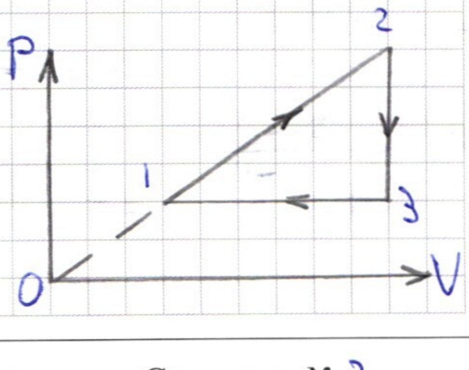
Дано: график

$\frac{C_{23}}{C_{31}}$ — ?

Решение:

$Q = \Delta U + A$ по закону сохранения энергии.

$pV = \nu RT$



$\frac{\Delta U_{12}}{A_{12}}$ — ?

η_{max} — ?

$V_2=V_3,\ p_2>p_3 \Longrightarrow$ в 2–3 температура понижается.

$p_3=p_1,\ V_3>V_1 \Longrightarrow$ в 3–1 температура понижается.

$$Q_{23}=\Delta U_{23}+A_{23}=\frac{3}{2}\nu R\Delta T_{23}+0=\frac{3}{2}\nu R\Delta T_{23}$$

$$\cancel{c_{23}=\frac{Q_{23}}{\frac{3}{2}}}\quad \frac{Q_{23}}{\nu\Delta T_{23}}=\frac{3}{2}R=C_{23}$$

$$Q_{31}=\Delta U_{31}+A_{31}=\frac{3}{2}\nu R\Delta T_{31}+p_{31}(V_1-V_3)=\frac{3}{2}\nu R\Delta T_{31}+p_{31}V_1-p_{31}V_3=\frac{3}{2}\nu R\Delta T_{31}+\nu R\Delta T_{31}=\frac{5}{2}\nu R\Delta T_{31}$$

$$\frac{Q_{31}}{\Delta T_{31}\nu}=\frac{5}{2}R=C_{31}$$

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

$$\Delta U_{12}=\frac{3}{2}\nu R\Delta T_{12}=\frac{3}{2}p_2V_2-\frac{3}{2}p_1V_1$$

$$A_{12}=\frac{(p_1+p_2)\Delta V_{12}}{2}=\frac{(p_1+p_2)(V_2-V_1)}{2}=\frac{1}{2}(p_1V_2-p_1V_1+p_2V_2-p_2V_1)$$

$$\cancel{\frac{\Delta U_{12}}{A_{12}}=\frac{\frac{3}{2}(p_2V_2-p_1V_1)}{\frac{1}{2}(p_1V_2-p_2V_1+p_2V_2-p_1V_1)}=3\cdot\frac{p_2V_2-p_1V_1+p_1V_2-p_2V_1-p_1V_2+p_2V_1}{p_1V_2-p_2V_1+p_2V_2-p_1V_1}=}$$

$$\cancel{=3\left(1+\frac{p_2V_1-p_1V_2}{p_1V_2-p_2V_1+p_2V_2-p_1V_1}\right)=3(1+}$$

Заметим, что $p_1V_2=p_2V_1$, т.к. зависимость прямо пропорциональная.

$$\frac{\Delta U_{12}}{A_{12}}=\frac{\frac{3}{2}(p_2V_2-p_1V_1)}{\frac{1}{2}(p_2V_2-p_1V_1)}=3$$

$$\cancel{\eta=\frac{Q_{12}}{A}=\frac{A_{12}+\Delta U_{12}}{\Delta V_{23}\cdot\Delta p_{31}\cdot 0{,}5}=2\cdot\frac{4A_{12}}{\Delta V_{23}\cdot\Delta p_{31}}=8\cdot\frac{\Delta V_{12}(p_1+p_2)\cdot\frac{1}{2}}{\Delta V_{23}\cdot\Delta p_{31}}=4\cdot\frac{p_1+p_2}{p_3-p_1}=}$$

$$\cancel{=4\cdot\frac{p_1+p_2}{p_2-p_1}}$$

$$\cancel{\eta(p_2)=4\frac{p_2+p_1}{p_2+p_1}}$$

$$\eta=\frac{A}{Q_{12}}=\frac{\Delta V_{23}\cdot\Delta p_{31}\cdot 0{,}5}{A_{12}+\Delta U_{12}}=\frac{1}{2}\cdot\frac{\Delta V_{23}\cdot\Delta p_{31}}{4A_{12}}=\frac{1}{\cancel{8}\,4}\cdot\frac{\Delta V_{23}\cdot\Delta p_{31}}{\Delta V_{12}(p_1+p_2)\cdot\cancel{\frac{1}{2}}}=$$

$$=\frac{1}{4}\cdot\frac{p_3-p_1}{p_1+p_2}=\frac{1}{4}\cdot\frac{p_2-p_1}{p_2+p_1}$$

$\eta(p_1) = \frac{1}{4}\cdot\frac{p_2-p_1}{p_2+p_1}$ $\quad \cancel{\eta'(p_2) = \frac{1}{4}\cdot\frac{p_2+p_1-(p_2-p_1)}{(p_2+p_1)^2} = \frac{1}{4}\cdot\frac{2p_1}{(p_2+p_1)^2}}$

При $p_1 \to 0$ $\frac{p_2-p_1}{p_2+p_1} \to 1$. При $p_1 > 0$ и $p_2 > 0$ $\frac{p_2-p_1}{p_2+p_1} < 1$.

Значит, $\eta_{max} = \frac{1}{4}$.

Ответ: 1) $\frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{3}{5}$; 2) $\frac{\Delta U_{12}}{A_{12}} = 3$; 3) $\eta_{max} = \frac{1}{4}$.

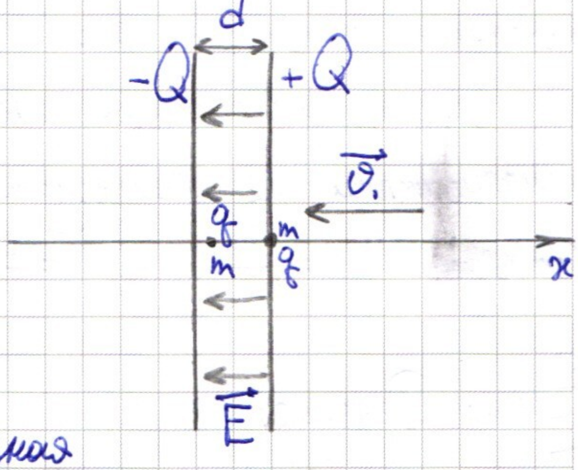
№3.

Дано: d, U, ϑ_1, $l = 0{,}2d$

γ — ?

F — ?

ϑ_0 — ?



Решение:

$U = |E| d$

$E_к = \frac{m\vartheta_1^2}{2}$ — кинетическая энергия частицы перед влётом в конденсатор.

$E_п = (d-l)\cdot|E|\cdot|q|$ — потенциальная энергия частицы в поле между обкладками в момент остановки.

$E_п = E_к \Longrightarrow (d-l)\cdot|E|\cdot|q| = \frac{m\vartheta_1^2}{2}$

$2\cdot 0{,}8d\cdot|E|\cdot|q| = m\vartheta_1^2 \Longrightarrow \frac{|q|}{m} = \frac{\vartheta_1^2}{1{,}6d\cdot|E|} = \frac{\vartheta_1^2}{1{,}6d\cdot\frac{U}{d}} = \frac{\vartheta_1^2}{1{,}6U}$

$\gamma = \frac{|q|}{m} = \frac{\vartheta_1^2}{1{,}6U}$

$F = ma = |E|\cdot|q| = \frac{U}{d}\cdot|q|$ — сила, с которой поле внутри конденсатора действует на частицу.

$ma = \frac{U}{d}\cdot|q| \Longrightarrow a = \frac{|q|}{m}\cdot\frac{U}{d} = \gamma\cdot\frac{U}{d} = \frac{\vartheta_1^2}{1{,}6U}\cdot\frac{U}{d} = \frac{\vartheta_1^2}{1{,}6d}$

$a_x = a$; $\vartheta_{1,x} = -\vartheta_1$

$S_x = 0 = \vartheta_{1,x} T + \frac{a_x T^2}{2} = -\vartheta_1 T + \frac{aT^2}{2} = -\vartheta_1 T + \frac{T^2}{2}\cdot\frac{\vartheta_1^2}{1{,}6d}$ — перемещение равно 0 в момент вылета.

$T\cdot\frac{\vartheta_1^2}{3{,}2d} - \vartheta_1 = 0 \Longrightarrow T = \vartheta_1 \cdot \frac{3{,}2d}{\vartheta_1^2} = \frac{3{,}2d}{\vartheta_1}$

На небольших расстояниях от конденсатора (снаружи) поля обкладок можно считать однородными полями бесконечных заряженных пластин. Суммарное поле тогда будет равно нулю, и воздействия на частицу не будет. На больших расстояниях от конденсатора пластины можно считать точечными зарядами. Тогда это будет два противоположных точечных заряда в одной точке, т.е. нейтральный заряд.

Итак, воздействия полем пластин на частицу вне конденсатора не происходит $\longrightarrow \vartheta_0 = \vartheta_1$.

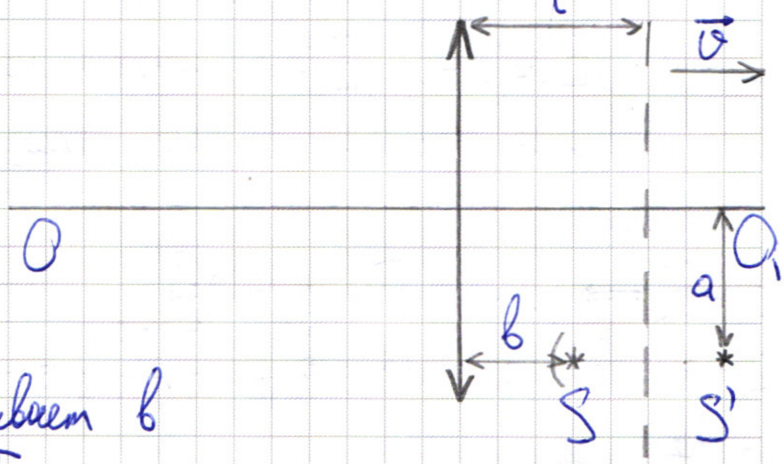
Ответ: 1) $\gamma = \frac{\vartheta_1^2}{1{,}6U}$; 2) $T = \frac{3{,}2d}{\vartheta_1}$; 3) $\vartheta_0 = \vartheta_1$.

№5.

Дано:
F, ϑ
$a = \frac{8F}{15}$
$b = \frac{3F}{5}$
$l = \frac{6F}{5}$

$d_н$ — ?
$\mathcal{L}$ — ?
$\vartheta_н$ — ?

Решение:



Зеркало создаёт мнимое изображение S' на расстоянии $l-b$ позади себя. Именно его рассматривает в линзу наблюдатель. Переформулируем задачу так: не зеркало движется с $\vec{\vartheta}$, а мнимое изображение на расстоянии $l+l-b=2l-b$ ~~движется~~ от плоскости линзы движется с $2\vec{\vartheta}$.

По формуле плоской линзы $\frac{1}{F} = \frac{1}{d_н} + \frac{1}{2l-b}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{1}{F}=\frac{1}{d_н}+\frac{1}{\frac{12F}{5}-\frac{3F}{5}}=\frac{1}{d_н}+\frac{1}{\frac{9F}{5}}=\frac{1}{d_н}+\frac{5}{9F}$$

$$\frac{1}{d_н}=\frac{1}{F}-\frac{5}{9F}=\frac{9F-5F}{9F^2}=\frac{4}{9F}\Longrightarrow d_н=\frac{9}{4}F$$

$$\frac{1}{F}=\frac{1}{d_н+\Delta d_н}+\frac{1}{\frac{9F}{5}+2\upsilon\Delta t}\Longrightarrow\frac{1}{d_н+\Delta d_н}=\frac{1}{F}-\frac{1}{\frac{9F}{5}+2\upsilon\Delta t}=\frac{\frac{9F}{5}+2\upsilon\Delta t-F}{F\left(\frac{9F}{5}+2\upsilon\Delta t\right)}=$$

$$=\frac{\frac{4F}{5}+2\upsilon\Delta t}{F\left(\frac{9F}{5}+2\upsilon\Delta t\right)}\Longrightarrow d_н+\Delta d_н=\frac{F\left(\frac{9F}{5}+2\upsilon\Delta t\right)}{\frac{4F}{5}+2\upsilon\Delta t}$$

$$\Delta d_н=\frac{F\left(\frac{9F}{5}+2\upsilon\Delta t\right)}{\frac{4F}{5}+2\upsilon\Delta t}-\frac{9}{4}F=\frac{\cancel{F^2\frac{9}{5}}+2F\upsilon\Delta t-\cancel{\frac{9}{5}F^2}-\frac{9}{2}\upsilon F\Delta t}{\frac{4F}{5}+2\upsilon\Delta t}=-\frac{\frac{7}{2}\upsilon F\Delta t}{\frac{4F}{5}+2\upsilon\Delta t}=$$

$$=-\frac{\frac{7}{2}\upsilon F\Delta t}{\frac{4\cancel{F}}{5}}=-\frac{5\cdot 7}{2\cdot\cancel{F}\cdot 4}\upsilon\Delta t=-\frac{35}{8}\upsilon\Delta t$$

$$\upsilon_{и,x}=-\frac{\Delta d_н}{\Delta t}=\frac{35}{8}\upsilon$$

$$\Gamma=\frac{h_1}{h_2}=\frac{s_1}{s_2}\Longrightarrow h_2=\frac{h_1 s_2}{s_1}=\frac{a\left(\frac{9F}{5}\right)}{\frac{9}{4}F}=\left(\frac{5}{4}\right)^{-1}a=\frac{4a}{5}$$

$$\cancel{\Delta h_2=a\left(\frac{\frac{9F}{5}+2\upsilon\Delta t}{\frac{9}{4}F-\frac{35}{8}\upsilon\Delta t}\right)=a\left(\frac{4}{5}+\text{мало}\right)=\frac{4}{5}a}$$

$$\Delta h_2=a\left(\frac{\frac{9F}{5}+2\upsilon\Delta t}{\frac{9F}{4}-\frac{35}{8}\upsilon\Delta t}-\frac{4}{5}\right)=a\frac{\frac{7}{2}\upsilon\Delta t+2\upsilon\Delta t}{\frac{9F}{4}}=a\frac{\frac{11}{2}\upsilon\Delta t}{\frac{9F}{4}}=\frac{22}{9}\upsilon\Delta t\cdot\frac{a}{F}$$

$$\upsilon_{и,y}=\frac{\Delta h_2}{\Delta t}=\frac{22}{9}\cdot\frac{a}{F}=\frac{8F}{15}\cdot\frac{22}{9}\cdot\frac{a}{F}=$$

Ответ: 1) $d_н=\frac{9F}{4}$.