Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2020

Класс 11

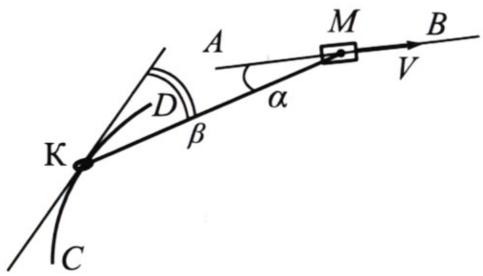
Вариант 11-04

Шифр L.49

(заполняется секретарём)

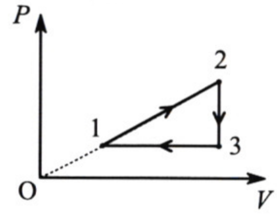
Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вложенного задания не проверяются.

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.



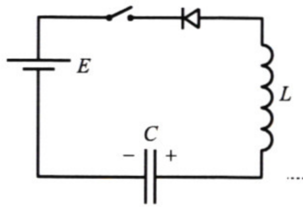
1) Найти отношение молярных теплоемкостей на тех участках цикла, где происходило понижение температуры газа.
2) Найти для процесса 1-2 отношение изменения внутренней энергии газа к работе газа.
3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.

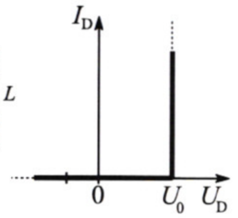
3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния d между обкладками. Напряжение на конденсаторе U. Отрицательно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью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

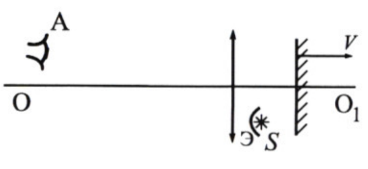
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 10$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 9$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,4$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$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

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

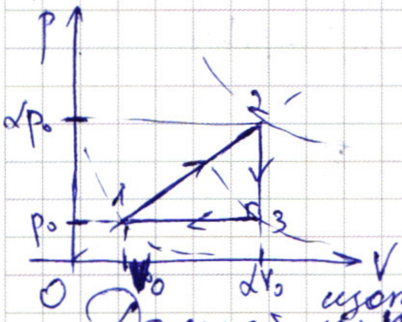
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2 Дано:
1атом газ.

Решение:
по усл: 1-2 $p \sim V$, т.е. $\frac{p}{V} = const$

2-3: $V = const$

3-1: $p = const$



1) Чтобы понять, на каких участках происходило понижение T, проведём изотермы через (·) 1, 2, 3.

Дальней ~~изотор~~ изотерме соотв. наиб. температура, чем ближе изотерма к началу коорд, тем меньшая темпер. ей соответствует.

Таким образом, температура газа уменьшается в процессах 2-3 и 3-1, зн, требуется определить $\frac{\tilde{C}_{23}}{\tilde{C}_{13}} = ?$

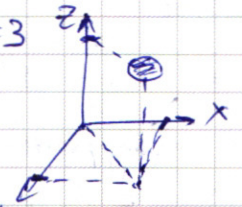
2-3 – изохора ($V = const$), при этом $T\downarrow$; зн, (т.к. $A^{\nearrow}_{23} = 0$ и $\underset{(\Delta T<0)}{\Delta U_{23} < 0}$), $\tilde{C}_{23} \equiv -\tilde{C}_V = -\frac{i}{2}R$

i – кол-во степ. свободы м-лы этого газа.

3-1 – изобара ($p = const$), при этом $T\downarrow$, зн., (т.к. $A^{\nearrow}_{13} < 0$, $\underset{(\Delta T<0)}{\Delta U_{31} < 0}$), $\tilde{C}_{31} \equiv -\tilde{C}_p = -\frac{i+2}{2}R$

i – кол-во степ. свободы м-лы этого газа

$$\frac{\tilde{C}_{23}}{\tilde{C}_{13}} = \frac{-\frac{i}{2}R}{-\frac{i+2}{2}R} = \frac{i}{i+2};$$ У одноатомного газа $i = 3$ (x, y, z)



$$\frac{\tilde{C}_{23}}{\tilde{C}_{13}} = \frac{3}{3+2} = \frac{3}{5}$$

Заметим, что это $\frac{\tilde{C}_V}{\tilde{C}_p}$, т.е. обратный показатель адиабаты.

2) $\frac{\Delta U_{12}}{A^{\nearrow}_{12}} = ?$ $U = \frac{i}{2}\nu RT$; $pV = \nu RT$ (ур-е Клапп.-Менд.)

$\Delta U = \Delta\left(\frac{i}{2}\nu RT\right) = \frac{i}{2}\Delta(\nu RT) = \frac{i}{2}\Delta(pV)$

$A^{\nearrow}$ (численно) S под. графиком.

(см. на обороте)

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

№2 (продолжение)

В нашем случае площадь под графиком – площ. трапеции

$$A^{\uparrow}_{12} = \frac{1}{2}(p_1+p_2)(V_2-V_1) = \frac{1}{2}(\cancel{p_1V_2} - p_1V_1 + p_2V_2 - \cancel{p_2V_1})$$

$$\Delta U_{12} = \frac{i}{2}(p_2V_2 - p_1V_1)$$

1-2: $p \sim V$, т.е. $\frac{p}{V} = \text{const}$,

зн., $\frac{p_1}{V_1} = \frac{p_2}{V_2}$; $\underline{p_1V_2 = p_2V_1}$

Тогда $A^{\uparrow}_{12} = \frac{1}{2}(p_2V_2 - p_1V_1)$

$$\frac{\Delta U_{12}}{A^{\uparrow}_{12}} = \frac{\frac{i}{2}\cancel{(p_2V_2-p_1V_1)}}{\frac{1}{2}\cancel{(p_2V_2-p_1V_1)}} = i$$

У одноатомного газа $i = 3$; $\frac{\Delta U_{12}}{A^{\uparrow}_{12}} = 3$

3) $\eta = \frac{A_ц}{Q_н}$ — $A_ц$ → работа газа за цикл; $Q_н$ → тепло, полученное газом от нагревателя

$A_ц \overset{\text{(численно)}}{=\!=} S_{\text{внутри цикла}}$

$Q_н = Q_{12}$ (в процессах 2-3 и 3-1 газ охлаждается ($\Delta U < 0$) и при этом $A^{\uparrow}_{23} = 0$, $A^{\uparrow}_{31} < 0$, т.е. по I нач. ТД $Q = \Delta U + A^{\uparrow}$, $Q_{23} < 0$ и $Q_{31} < 0$, т.е. в этих процессах газ отдаёт тепло холодильнику)

Пусть $p_1 = p_0$, $V_1 = V_0$, а $p_2 = \alpha p_0$ ⇒ тогда $V_2 = \alpha V_0$ (1-2: $p \sim V$)

Соответственно, $p_3 = p_0$, $V_3 = \alpha V_0$.

$$A_ц = \underbrace{\frac{1}{2}(p_2-p_3)(V_3-V_1)}_{\text{площ. треуг. 123}} = \frac{1}{2}(\alpha p_0 - p_0)(\alpha V_0 - V_0) = \frac{p_0V_0}{2}(\alpha-1)^2$$

$$Q_н = Q_{12} \underset{\text{I начало ТД}}{=\!=\!=} \underbrace{A^{\uparrow}_{12}}_{S_{\text{под графиком}}} + \Delta U_{12} = \frac{1}{2}(p_1+p_2)(V_2-V_1) + \frac{i}{2}\Delta(pV)_{12} =$$

$$= \frac{1}{2}(p_1+p_2)(V_2-V_1) + \frac{3}{2}(p_2V_2 - p_1V_1) = \frac{1}{2}(p_0+\alpha p_0)(\alpha V_0 - V_0) + \frac{3}{2}(\alpha^2 p_0V_0 - p_0V_0) =$$

$$= \frac{p_0V_0}{2}(\alpha^2-1) + \frac{p_0V_0}{2}\cdot 3(\alpha^2-1) = \frac{p_0V_0}{2}\cdot 4(\alpha^2-1)$$

$$\eta = \frac{A_ц}{Q_н} = \frac{\frac{p_0V_0}{2}(\alpha-1)^2}{\frac{p_0V_0}{2}(\alpha^2-1)4} = \frac{(\alpha-1)^2}{(\alpha-1)(\alpha+1)\cdot 4} = \frac{\alpha-1}{4(\alpha+1)}$$

$$\frac{d\eta}{d\alpha} = \frac{4\alpha+4-4\alpha+4}{16(\alpha+1)^2} > 0 \quad \xrightarrow{+} \alpha, \quad \lim_{\alpha\to\infty}\eta = \lim_{\alpha\to\infty}\frac{\alpha-1}{4\alpha+4} = \frac{1}{4}$$

предельное значение КПД $\frac{1}{4}$, т.е. 25% (см. на обороте)

☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

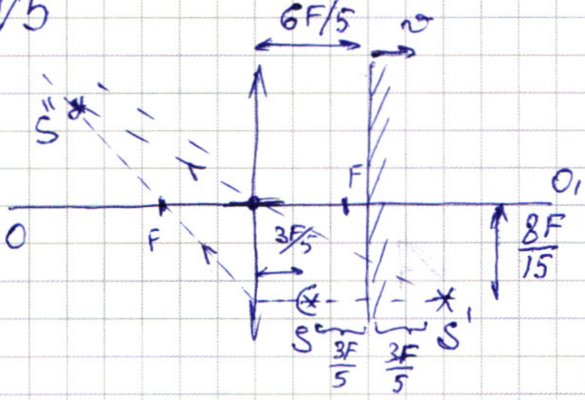
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2 (продолжение)

$\eta_{предельное} = 25\%$; $\underbrace{\eta \leq 25\%}_{\eta_{max}}$

Ответ: 1) $\dfrac{\tau_{23}}{\tau_{13}} = \dfrac{3}{5}$ 2) $\dfrac{\Delta U_{12}}{A'_{12}} = 3$ 3) $\eta_{max} = 25\%$

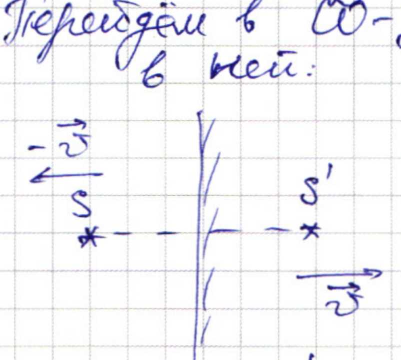
№5



Решение:
Лучи источника S будут отражаться от зеркала и попадать на собирающую линзу. Для линзы источника будет мнимое изображение S' источника S в плоском зерк.

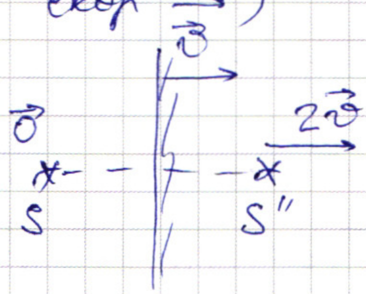
Расходящийся пучок от мнимого ист. S' фокусируется собирающей линзой и формирует действительное изображение S''.
Заметим, что S и его изображение в плоск. зеркале S' симметричны др. другу отн. этого зеркала.
Какая скорость у S'? (Если у зеркала υ)

Перейдём в СО-зеркало, в ней:



скорости S и S' одинак по модулю, т.к. они симм. отн. зеркала

Вернёмся в СО-наблюдатель (прибавится ко всему скор $\vec{\upsilon}$)



№5 (продолжение)

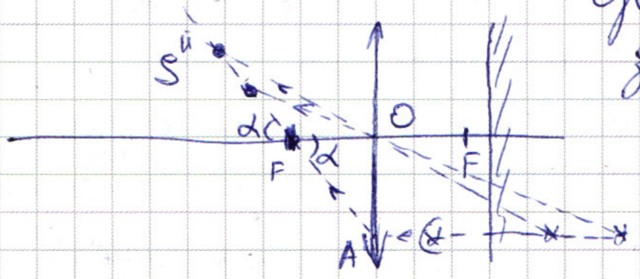
1) применим ф-лу тонкой линзы: $\frac{1}{d}+\frac{1}{f}=\frac{1}{F}$

ист- мнимое изобр в плоск. зеркале

$d=\underbrace{\frac{6F}{5}}_{\text{м/у зерк. и линзой}}+\underbrace{\frac{3F}{5}}_{\text{м/у зерк. и ист.}}=\frac{9F}{5}$; $\frac{5}{9F}+\frac{1}{f}=\frac{1}{F}$; $f=\frac{9F}{4}$

Наблюдатель сможет увидеть в этот момент изобр. ист. в системе с расстояния $\frac{9F}{4}$

2)



Сдвинем изобр. ист. в плоском зеркале, тогда его изобр. в линзе переместится вдоль прямой AS'', проходящей через дальний фокус линзы.

Найдём ∠α из ΔAFO:

$tg\,\alpha=\frac{|AO|}{|OF|}$, по усл. $AO=\frac{8F}{15}$

$|OF|=F$

$tg\,\alpha=\frac{8}{15}$ $\quad \cos\alpha=\frac{1}{\sqrt{1+tg^2\alpha}}=\frac{15}{17}$

~~$\sin\alpha=tg\,\alpha\cdot\cos\alpha=\frac{8}{17}$~~

3) ф-ла тонкой линзы: $\frac{1}{d}+\frac{1}{f}=\frac{1}{F}$; $f=\frac{dF}{d-F}$

$\dot f$ – линейная скор. изображения (вдоль OO_1)

$\dot d$ – линейная скор. ист. в зеркале (вдоль OO_1)

$\dot f=\left(\frac{dF}{d-F}\right)'=\frac{\dot dF(d-F)-dF\cdot\dot d}{(d-F)^2}=\frac{-F^2\dot d}{(d-F)^2}=-\left(\frac{f}{d}\right)^2\dot d$

минус показ, что скор противоположно направлены

в данный момент $\dot d=2v$ (см. начало реш)

$f=\frac{9F}{4}$ (см. п. 1), $d=\frac{9F}{5}$ (см. п. 1)

Значит, $\dot f=-\frac{25}{16}\cdot 2v=-\frac{25}{8}v$ (см. на обороте)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

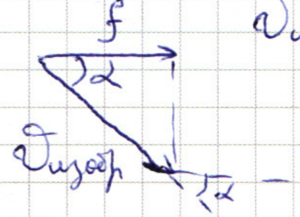
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5 (продолж)

мы нашли линейную скор. изобр, $\dot{f} = \frac{25}{8}v$ (по модулю)

Но т.к. изобр движется по прямой, образ $\angle\alpha$ с OO_1, имеем:



$v_{изобр} = \frac{\dot{f}}{\cos\alpha} = \frac{25}{8}v\cdot\frac{17}{15} = \cancel{\frac{375}{136}v}\ \frac{85}{24}v$

Ответ: 1) $\frac{9F}{4}$ 2) $tg\,\alpha = \frac{8}{15}$ 3) $v_{изобр} = \cancel{\frac{375}{136}v}$ $\frac{85}{24}v$

№1 Дано:

$v = 2$ м/с

$m = 0{,}4$ кг

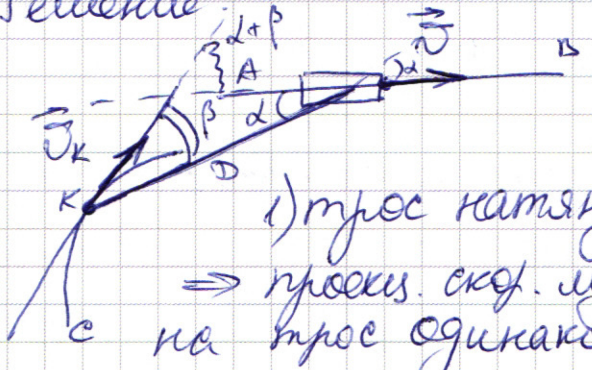
$l = \frac{17}{15}R$

$R = 1{,}9$ м

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

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

Решение:



1) трос натянут $\Rightarrow$

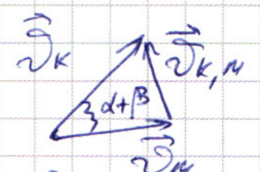
$\Rightarrow$ проекц. скор. муфты и кольца на трос одинаковы (кинематич. связи),

зн; $v_K\cos\beta = v\cos\alpha$

$v_K = v\frac{\cos\alpha}{\cos\beta}$; $v_K = 2\frac{м}{с}\cdot\frac{4}{5}\cdot\frac{17}{8} = 3{,}4$ м/с

2) $\vec{v}_{K,M}$ — скор. кольца отн. муфты, $\vec{v}_{K,M} = \vec{v}_K - \vec{v}_M$

изобразим:



$(\widehat{\vec{v}_K, \vec{v}_M}) = \alpha+\beta$ (Т о внешнем $\angle$)

Т cos: $v_{K,M}^2 = v_K^2 + v_M^2 - 2v_Kv_M\cos(\alpha+\beta) = v_K^2+v_M^2-2v_Kv_M(\cos\alpha\cos\beta-\sin\alpha\sin\beta)$

☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

№1 (продолжение)

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

$\cos\beta = \frac{8}{17}$; $\sin\beta = \frac{15}{17}$

$$\vartheta_{к,м}^2 = 4 + 3{,}4^2 - 2\cdot 2\cdot \overset{0,2}{\cancel{3{,}4}}\left(\frac{4}{5}\cdot\frac{8}{\cancel{17}} - \frac{3}{5}\cdot\frac{15}{\cancel{17}}\right) =$$

$$= 4 + 11{,}56 - 0{,}8\cdot\left(\frac{32}{5} - \frac{45}{5}\right) = 15{,}56 + 0{,}8\cdot\frac{13}{5} = 15{,}56 + \frac{4}{5}\cdot\frac{13}{5} =$$

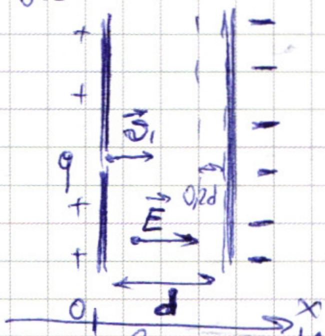
$$= 15{,}56 + \frac{52\cdot 4}{100} = 15{,}56 + 2{,}08 = 17{,}64\ (м^2/с^2)$$

$$\vartheta_{к,м} = \sqrt{\vartheta_{к,м}^2} = \sqrt{\frac{1764}{100}} = \frac{42}{10} = 4{,}2\ (м/с)$$

Ответ: 1) $\vartheta_к = 3{,}4$ м/с 2) $\vartheta_{к,м} = 4{,}2$ м/с

№3 Дано: $U; d; \vartheta_1$

Решение:



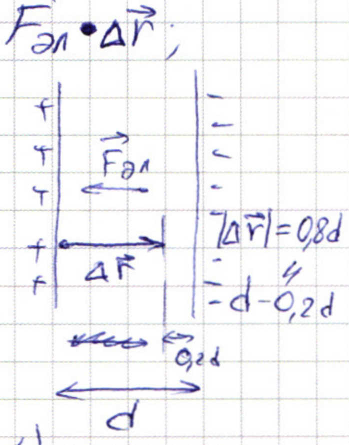
Т.к. заряд влетел в конденсатор и остановился в 0,2d от ⊖ заряж. пластины, он влетел через положительно заряженную обкладку

1) кин. энергия на влёте $W_{k_1} = \frac{m\vartheta_1^2}{2}$

в месте остановки: $W_{k_2} = 0$

На этом пути на заряд действовала сила $\vec{F}_{эл} = q\vec{E}$ ($\vec{F}_{эл} \uparrow\downarrow \vec{E}$, т.к. $q<0$), которая тормозила заряд до полной остановки. Поле внутри однородное, $\vec{E} = const$, зн. $\vec{F}_{эл} = const$, тогда $A_{эл} = \vec{F}_{эл}\cdot\Delta\vec{r}$;

$A_{эл} = -F_{эл}\cdot 0{,}8d$



По Т об изменении кинетич. энергии:

$W_{k_2} - W_{k_1} = A_\Sigma$

поле одноp, зн. $\underline{Ed = U}$

$0 - \frac{m\vartheta_1^2}{2} = -|q|E\cdot 0{,}8d$

$\gamma = \frac{|q|}{m} = \frac{\vartheta_1^2}{2}\cdot\frac{1}{0{,}8U} = \frac{5}{8}\frac{\vartheta_1^2}{U}$ (см. на сл. стр)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3 (продолжение)

2) введём ось X с началом в точке ~~влёта~~ отсчёта частицы и сонапр. с $\vec{v}_1$

$\vec{F}_{эл} = m\vec{a}$ (II Зак. Ньютона), $\vec{a} = \frac{|q|\vec{E}}{m} = const$,

движение р/з $\Rightarrow \Delta\vec{r} = \vec{v}_1 t + \frac{\vec{a}t^2}{2}$

$X:\ X - X_0 = v_1 t - \frac{|q|E}{m}\frac{t^2}{2}$, $X_0 = 0$

$X = 0 \Leftrightarrow \left(v_1 - \frac{|q|E}{2m}t\right)t = 0 \Leftrightarrow \left[\begin{array}{l} t = 0 \\ t = \frac{2mv_1}{|q|E} \end{array}\right.$

$t = 0 \rightarrow$ частица влетела в конденс.

$t = \frac{2mv_1}{|q|E} \rightarrow$ частица вылетает.

$T = \frac{2v_1}{E}\cdot\frac{m}{|q|} = \frac{2v_1}{\cancel{E}}\cdot\frac{8U}{5v_1^2} = \frac{16d}{5v_1}$

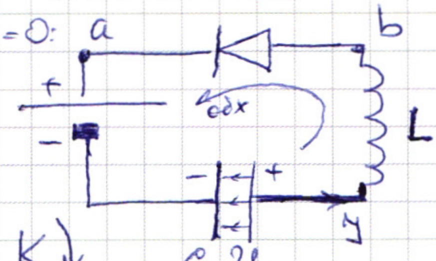
Ответ: 1) $\gamma = \frac{|q|}{m} = \frac{5v_1^2}{8U}$ 2) $T = \frac{16d}{5v_1}$

№4

Дано:
$\mathcal{E} = 6$ В
$U_0 = 1$ В
$U_1 = 9$ В
$C = 10$ мкФ
$L = 0{,}4$ Гн

Решение:

1) $t = 0$:



обойдём контур от (·)a к (·)b

$\varphi_a - \mathcal{E} + U_1 - L\dot{I} = \varphi_b$

$-\mathcal{E}$: уменьш. потенциала в данном напр. обх

$+U_1$: увелич потенц. при переходе через конденсатор

$-L\dot{I}$: падение потенц. на катушке

$\underbrace{\varphi_a - \varphi_b}_{U_D} = \mathcal{E} - U_1 + L\dot{I}$

U_D — напряжение на диоде

В первый момент времени (после замык. ключа) сила тока $= 0$, но скорость роста силы тока в перв. мом. времени будет такая, (сле. см. стр.)

☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

№4 (продолж.)

чтобы диод был всё же открыт, $U_D = U_0$ $(t=0)$

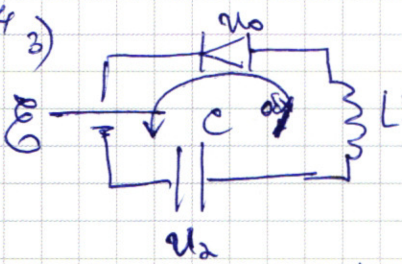
$$\underbrace{\varphi_b - \varphi_a}_{=U_0} = \mathcal{E} - U_1 + L\dot{I}\Big|_{t=0};\quad \dot{I}\Big|_{t=0} = \frac{U_1 + U_0 - \mathcal{E}}{L}$$

$$\dot{I}\Big|_{t=0} = \frac{9В + 1В - 6В}{0{,}4\,Гн} = 10\,\frac{А}{с}$$

Ответ: 1) $\dot{I}\Big|_{t=0} = 10\,\frac{А}{с}$

☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

№4 3)



$LJ = 0$

~~$\delta x: 0 = U_2 + U_0 - \mathcal{E}; U_2 = \mathcal{E} - U_0$~~

$U_2 =$

$-\mathcal{E} = -U_c + L\dot{J} + U_D$

$q(t) = C(\mathcal{E} + U_1 - U_0)\cos\frac{t}{\sqrt{LC}} + C(U_D - \mathcal{E})$

$U_c(t) = \frac{q(t)}{C} = (\mathcal{E} + U_1 - U_0)\cos\frac{t}{\sqrt{LC}} + U_D - \mathcal{E}$

$U_D = U_c(t) + \mathcal{E} - (\mathcal{E} + U_1 - U_0)\cos\frac{t}{\sqrt{LC}} > U_0$

Уст. режим $\Rightarrow U_c = U_2, \; U_D = U_0$

$U_D = \mathcal{E} - U_c + L\dot{J}, \; U_D = \mathcal{E} - \frac{q}{C} + L\ddot{q}, \; \ddot{q} - \frac{q}{LC} + \frac{\mathcal{E} - U_D}{L} = 0$

~~$q(t) = C_1\cos\frac{t}{\sqrt{LC}}$~~ $\quad \lambda^2 = \frac{1}{LC}; \lambda = \pm\frac{1}{\sqrt{LC}}$

$q(t) = C_1 e^{\frac{t}{\sqrt{LC}}} + C_2 e^{-\frac{t}{\sqrt{LC}}}; \; C_1 + C_2 = CU_1$

$J = \frac{C_1}{\sqrt{LC}} e^{\frac{t}{\sqrt{LC}}} - \frac{C_2}{\sqrt{LC}} e^{-\frac{t}{\sqrt{LC}}}, \; C_1 - C_2 = 0; C_1 = C_2$

$\dot{J} = \frac{C_1}{LC} e^{\frac{t}{\sqrt{LC}}} + \frac{C_2}{LC} e^{-\frac{t}{\sqrt{LC}}}; \; \frac{C_1 + C_2}{LC} =$

$U_D = \mathcal{E} - \frac{q}{C} + L\dot{J}$

$J\uparrow \; \dot{J}\downarrow \; q\downarrow$

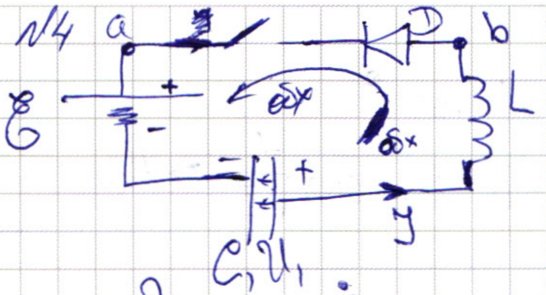
$5 \cdot 17 = 85$

☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4



1) $\varphi_a - \mathcal{E} + \underbrace{U_1}_{U_C} + L\dot{J} = \varphi_b$ — II ПК обходом.

$\underbrace{\varphi_a - \varphi_b}_{U_0 ?} = \mathcal{E} - U_1 + L\dot{J}$

колебания? (со смещением)

~~скор~~ тока в перв. мом. вр. не будет, но скорость его роста будет такова, чтобы диод, всё таки открылся

II ПК: $-\mathcal{E} = U_0 - U_1 + L\dot{J}$

$L\dot{J} = U_1 - \mathcal{E} + U_0$

$U_0 = \mathcal{E} - U_1 + L\dot{J}$

$U_0 = \mathcal{E} + U_1 - L\dot{J}$, $\dot{J}\big|_{t=0} = \dfrac{-U_0 + \mathcal{E} + U_1}{L}$

$\dot{J}\big|_{t=0} = \dfrac{8B + 6B - 1B}{0{,}4Гн} = \dfrac{14B}{0{,}4Гн} = 35\,\frac{A}{c}$

2) $J = J_{max} \Leftrightarrow \dot{J} = 0$, $L\dot{J} = 0$ — пад. напр. на катушке.

$J = \dot{q}_C$, $q_C = 0$

ток может течь только в одном напр.

уст. напр. на С $\Rightarrow$ тока нет, $L\dot{J} = 0$

$U_D \equiv U_0$

$U_D = \mathcal{E} - U_C + L\dot{J}$

$U_D = \mathcal{E} + \dfrac{q_C}{C} - L\dot{J} = \mathcal{E} + \dfrac{q_C}{C} - L\ddot{q}$

$L\ddot{q} - \dfrac{q_C}{C} + U_D - \mathcal{E} = 0$

$\ddot{q} - \dfrac{q_C}{LC} + \dfrac{U_D - \mathcal{E}}{L} = 0$

$q(t) = C_1 \cos\left(\dfrac{1}{\sqrt{LC}} t\right) + C_2 \sin\left(\dfrac{1}{\sqrt{LC}} t\right) + C(U_D - \mathcal{E})$

$q(0) = C_1 + C(U_D - \mathcal{E}) = CU_1$

$J(0) = 0 = \dfrac{C_2}{\sqrt{LC}} \Leftrightarrow C_2 = 0$

$\dot{J}(0) = -\dfrac{C_1}{LC} = \dfrac{-U_0 + \mathcal{E} + U_1}{L}$

$C_1 = C(\mathcal{E} + U_1 - U_0)$

$q(0) = \cancel{C\mathcal{E}} + CU_1 - CU_0 + CU_D - \cancel{C\mathcal{E}} = CU_1$

$CU_D = CU_0$

$J(t) = \dot{q}(t) = -\dfrac{C_1}{\sqrt{LC}} \sin\left(\dfrac{t}{\sqrt{LC}}\right) + \dfrac{C_2}{\sqrt{LC}} \cos\left(\dfrac{t}{\sqrt{LC}}\right)$

$\dot{J}(t) = -\dfrac{C_1}{LC} \cos\left(\dfrac{t}{\sqrt{LC}}\right) - \dfrac{C_2}{LC} \sin\left(\dfrac{t}{\sqrt{LC}}\right)$

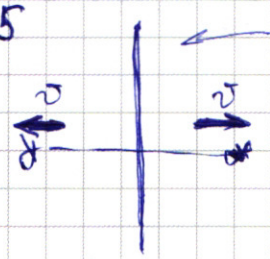
$J(t) = \dfrac{C(\mathcal{E} + U_1 - U_0)}{\sqrt{LC}} \sin\left(\dfrac{t}{\sqrt{LC}}\right)$

max. J, $J_{max} = \sqrt{\dfrac{C}{L}}(\mathcal{E} + U_1 - U_0)$

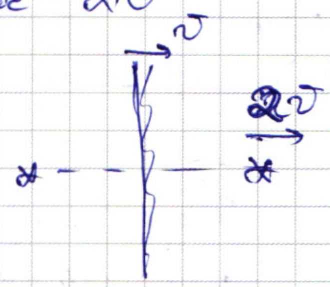
$J_{max} = \sqrt{\dfrac{10мкФ}{0{,}4Гн}} \cdot 14B = 14B \cdot 10^{-3} \sqrt{\dfrac{10 \cdot 5 Ф}{2 \; Гн}} = 14 \cdot 10^{-3} \cdot 5A = 70мA$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

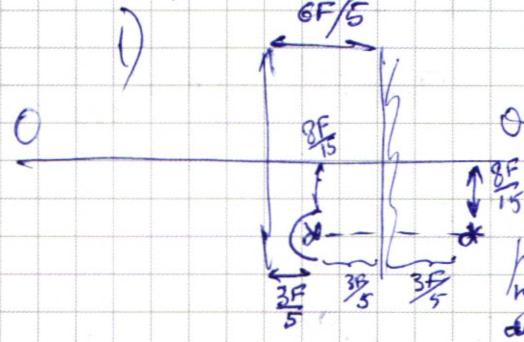
№5



в СО-зеркало, $v_{абс} = 2v$



1)



расходящ. пучок от мнимого изобр. ист. в плоском зеркале

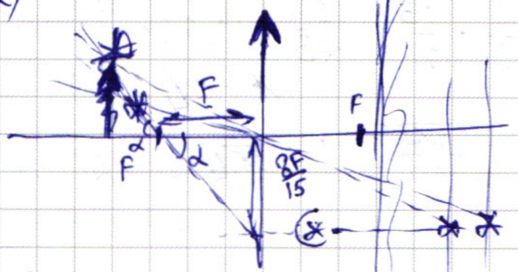
$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$

$d = \frac{9F}{5}$

$\frac{5}{9F} + \frac{1}{f} = \frac{9F}{9F}$; $f = \frac{9F}{4}$

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

2)



$\Gamma = \frac{f}{d}$

$tg\,\alpha = \frac{8F/15}{F} = \frac{8}{15}$; $\cos\alpha = \frac{1}{\sqrt{1+tg^2\alpha}} = \frac{1}{\sqrt{1+\frac{64}{225}}} = \frac{15}{17}$

$\sin\alpha = tg\,\alpha \cdot \cos\alpha = \frac{8}{17}$

3) $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$; $f = \frac{dF}{d-F}$; $\underbrace{\dot{f}}_{v_f} = \frac{F\dot{d}(d-F) - \dot{d}(dF)}{(d-F)^2} = \frac{Fd\dot{d} - F^2\dot{d} - Fd\dot{d}}{(d-F)^2} =$

$= \frac{F^2}{(d-F)^2}\dot{d} = \left(\frac{f}{d}\right)^2 \cdot \underbrace{\dot{d}}_{v_d}$; $v_f = \left(\frac{f}{d}\right)^2 v_d$

v_f — лин скор. его изобр. в линзе

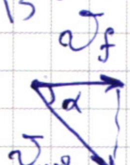
v_d — лин скор. ист. = вдоль оси

в тот мом. вр.

$d = \frac{9F}{5}$; $f = \frac{9F}{4}$; $v_d = 2v$ (см. п. 1)

v_d — скор. зерк

$25 \times 15 = 125$, 25, 375; $8 \times 17 = 136$



$v_f = \left(\frac{5}{4}\right)^2 \cdot 2v = \frac{25}{8}v$ — лин отн. скор. изобр.

$v_{изобр.} = \frac{v_f}{\sin\alpha} = \frac{25}{8}v \cdot \frac{8}{17} = \frac{25}{17}v$

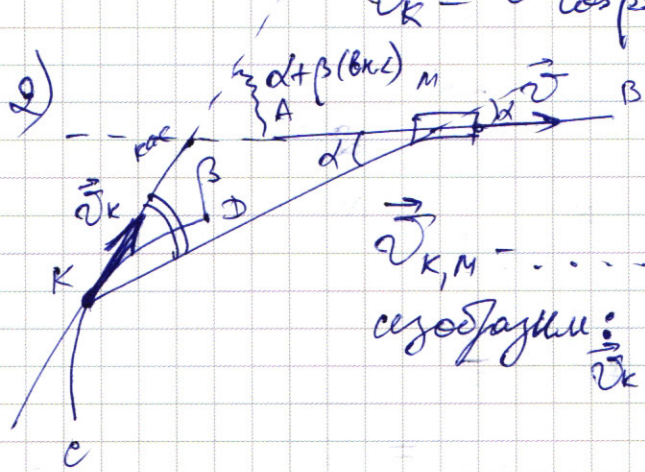
полн скор. ист.

☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

№1 1) трос натянут $\Rightarrow$ проекц. скор. на напр. троса (муфты и кольца) одинак, зн, $\vartheta_k \cos\beta = \vartheta\cos\alpha$

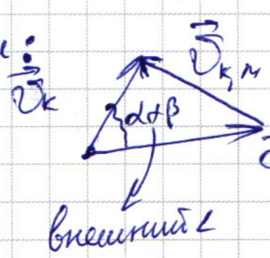
$$\vartheta_k = \vartheta\frac{\cos\alpha}{\cos\beta}; \vartheta_k = 2\frac{м}{с}\cdot\frac{4}{5}\cdot\frac{17}{8} = 2\frac{м}{с}\cdot 1{,}7 = 3{,}4\frac{м}{с}$$

2)



$\vec{\vartheta}_{k,м}$ - . . . . $\vec{\vartheta}_{k,м} = \vec{\vartheta}_k - \vec{\vartheta}_м$

изобразим:



Т cos: $\vartheta_{k,м}^2 = \vartheta_м^2 + \vartheta_k^2 - 2\vartheta_м\vartheta_k\cos(\alpha+\beta)$

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

$\cos\beta = \frac{8}{17}$; $\sin\beta = \frac{15}{17}$

$$\vartheta_{k,м}^2 = 4 + 3{,}4^2 - 2\cdot 2\cdot \overset{0,2}{\cancel{3{,}4}}\left(\frac{4}{5}\cdot\frac{8}{\cancel{17}} - \frac{3}{5}\cdot\frac{15}{\cancel{17}}\right) =$$

$$= 4 + 11{,}56 - 0{,}8\cdot\left(\frac{32}{5} - \frac{45}{5}\right)$$

$$\vartheta_{k,м}^2 = 15{,}56 + \frac{4}{5}\cdot\frac{13}{5} = \frac{52}{25} + 15{,}56 = \frac{208}{100} + 15{,}56 =$$

$$= 17{,}64 (\ldots)$$

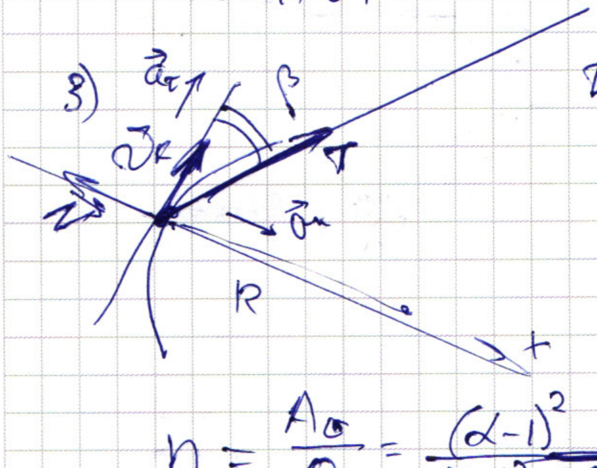
$$\vartheta_{k,м} = \sqrt{\vartheta_{k,м}^2} = \sqrt{\frac{1764}{100}} = \frac{1}{10}\sqrt{1764} = 4{,}2 (\ldots)$$

$$\begin{array}{r} 3{,}4 \\ \times 3{,}4 \\ \hline 136 \\ 102 \\ \hline 11{,}56 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 3{,}4 \\ \times 4 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 46 \\ \times 46 \\ \hline 276 \\ 184 \\ \hline 2116 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 42 \\ \times 42 \\ \hline 84 \\ 168 \\ \hline 1764 \end{array}$$

. . . . . .

3)



II З.Н: $m\vec{a} = \vec{N} + \vec{T}$ (трения нет)

X: $m\frac{\vartheta_k^2}{R} = T\sin\beta - N$

y: $ma_\tau = T\cos\beta$

~~$a_\tau\cos\beta = a_{\tau м}\cos\alpha$~~

$A_ц = \frac{p_0 V_0}{2}(\alpha-1)^2$

$Q_н = \frac{p_0V_0}{2}(\alpha-1)^2 + \frac{3}{2}(\alpha^2-1)p_0V_0$

$$\eta = \frac{A_ц}{Q_н} = \frac{(\alpha-1)^2}{(\alpha-1)^2 + 3(\alpha^2-1)} = \frac{\alpha-1}{\alpha-1+3(\alpha+1)} = \frac{\alpha-1}{4\alpha+2}$$

$$\left(\frac{\alpha-1}{\alpha+1}\right)' = \frac{\alpha+1-\alpha+1}{(\alpha+1)^2}$$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

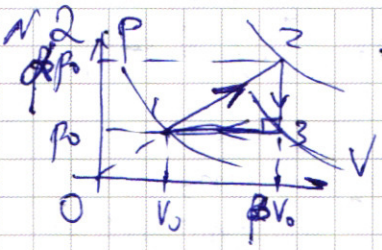
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2



1) пониж $T \Leftrightarrow$ переход на ближнюю изотерму

пров. изотермы через (·) 1, 2, 3.

как видим, пониж T происх на 2-3 и 3-1

Тогда требуется найти $\frac{\tilde{C}_{23}}{\tilde{C}_{31}}$

Т.к. 2-3: изохорн, то $\tilde{C}_{23} \equiv \tilde{C}_V = \frac{i}{2}R$ — Знак?

3-1: изобарн, то $\tilde{C}_{31} \equiv \tilde{C}_p = \frac{i+2}{2}R$

2-3: $A^{\nearrow}_{23} = 0$, $T\downarrow \Rightarrow \Delta U_{23} < 0$, $\tilde{C}_{23} = -\frac{i}{2}R$ ← вывести?

3-1: $A^{\nearrow}_{31} < 0$, $T\downarrow \Rightarrow \Delta U_{31} < 0$, $\tilde{C}_{31} = -\frac{i+2}{2}R$

$i = 3$ (1ат. газ) $\qquad \frac{\tilde{C}_{23}}{\tilde{C}_{31}} = \frac{i}{2} \cdot \frac{2}{i+2} = \frac{3}{5}$

2) $\Delta U_{12} = \frac{i}{2}(p_2V_2 - p_1V_1)$

$A^{\nearrow}_{12} = S_{\text{под г.}} = \frac{1}{2}(p_1 + p_2)(V_2 - V_1) = \frac{1}{2}(p_1V_2 - p_1V_1 + p_2V_2 - p_2V_1)$

т.к на 1-2: $p \sim V$, то $\frac{p_1}{p_2} = \frac{V_1}{V_2}$, т.е. $p_1V_2 = p_2V_1$

$\frac{\Delta U_{12}}{A^{\nearrow}_{12}} = \frac{\frac{i}{2}(p_2V_2 - p_1V_1)}{\frac{1}{2}(p_2V_2 - p_1V_1)} = i$; $i = 3$ (1ат. газ)

3) $\exists$ (1): p_0, V_0; (2): $\alpha p_0; \beta V_0$; (3): $p_0; \beta V_0$ $\qquad \alpha > 1, \beta > 1$!

$\eta = \frac{A_ц}{Q_н}$; $\quad A_ц = \frac{1}{2}p_0V_0(\beta - 1)(\alpha - 1)$

$Q_н = Q_{12} \underset{\text{I н. т.д.}}{=} A^{\nearrow}_{12} + \Delta U_{12} = \frac{1}{2}(p_0 + \alpha p_0)(\beta V_0 - V_0) + \frac{i}{2}\Delta(\nu RT) = \frac{3}{2}(p_2V_2 - p_1V_1)$

$= \frac{1}{2}p_0V_0(1+\alpha)(\beta - 1) + \frac{3}{2}(\alpha\beta p_0V_0 - p_0V_0)$

$\eta = \frac{\frac{p_0V_0}{2}(\beta-1)(\alpha-1)}{\frac{p_0V_0}{2}(\alpha+1)(\beta-1) + \frac{p_0V_0}{2}\cdot 3(\alpha\beta - 1)} < \frac{(\beta-1)(\alpha-1)}{(\alpha+1)(\beta-1) + 3\alpha(\beta-1)} = \frac{\alpha - 1}{\alpha + 1 + 3\alpha}$

(знамен ↓, зн. дробь ↑) $\qquad (\alpha = \beta)\ f(\alpha)$

$f(\alpha) = \frac{\alpha - 1}{4\alpha + 1}$ $\qquad f' = \frac{4\alpha + 1 - 4\alpha + 4}{(4\alpha+1)^2} > 0$, $f(\alpha)\uparrow$ при $\forall \alpha$ $\qquad \lim_{\alpha \to \infty} f(\alpha) = \frac{1}{4}$

$< 25\%$

$// \frac{(\beta-1)(\alpha-1)}{\alpha\beta - \alpha + \beta - 1 + 3\alpha\beta - 3}$

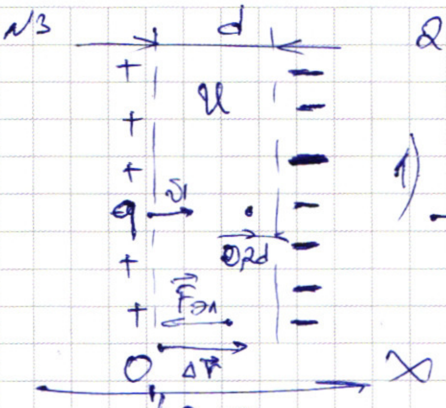
☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

№3



2 сл → ~~лев. ⊖ зар (I)~~
→ прав ⊖ зар. (II)

1) $\vec{v}_1$ →, чтобы затормозить ← $\vec{F}_{эл} = q\vec{E}$, $q<0$

зн., $\vec{E}$ →, тогда лев. ⊕ зар, прав ⊖ зар

поле одноp., $\vec{F}_{эл} = q\vec{E} = const$,
(стор обкл >> d)
$\vec{E} = const$

$A_{эл} = \vec{F}_{эл}\cdot\Delta\vec{r}$

? вводить потенциал
⇑
ЗСЭ, без $A_{эл}$.

$U = Ed$

Т об изм. кин. энергии:

$$\frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} = -|q|E\cdot(d-0{,}2d)$$

$v_2 = 0$

$$\frac{mv_1^2}{2} = |q|\cdot 0{,}8\underbrace{Ed}_{=U}$$

$$\gamma = \frac{|q|}{m} = \frac{v_1^2}{2}\cdot\frac{1}{0{,}8U} = \frac{5}{8}\frac{v_1^2}{U}$$

2) пока част. в (С)
на неё действ. const сила,
зн., по II З.Н. $m\vec{a} = \vec{F}_{эл}$, $\vec{a} = const$, т.е. движ. будет равноускоренное

$$\Delta\vec{r} = \vec{v}_1 t + \frac{\vec{a}t^2}{2}$$

заведём ось X, X = 0 – лев. обкл.

$$X = v_{1x} t + \frac{a_x t^2}{2} = v_1 t - \frac{|q|E}{m}\frac{t^2}{2}$$

$$X = 0 \Leftrightarrow v_1 t - \frac{|q|E}{m}\frac{t^2}{2} = 0 \Leftrightarrow \left[\begin{array}{l} t = 0 \\ t = \dfrac{2mv_1}{|q|E} \end{array}\right.$$

частица влетает

вылетает

$$T = \frac{2mv_1}{|q|E} = \frac{2v_1}{1}\cdot\frac{8U}{5v_1^2}\cdot\frac{d}{U} = \frac{16d}{5v_1}$$

$\frac{|q|}{m} = \frac{v_1^2\cdot 5}{U\cdot 8}$

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

3) $v_0 = v_1$?

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__
(Поставьте галочку в нужном поле) (Нумеровать только чистовики)