76-55-31-89
(178.4)

Олимпиада ПВГ
2016

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

+1 лист

Вариант 06

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Покори Воробьевы Горы

по физике

Чипракова Федора Михайловича
фамилия, имя, отчество (в родительном падеже)

Дата
«22» марта 2016 года

Подпись участника

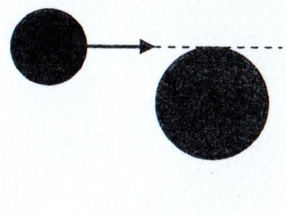
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «ПОКОРИ ВОРОБЬЕВЫ ГОРЫ!» по ФИЗИКЕ
ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ (ФИНАЛЬНЫЙ) ЭТАП 2016 года
БИЛЕТ № 06 (10-11 классы)

76-55-31-89
(178.4)

Задание 1:

Вопрос: Гладкая шайба, скользящая по горизонтальной поверхности, столкнулась с такой же (по размеру и массе) покоящейся шайбой. Вектор ее скорости в результате удара повернулся на $30°$. Под каким углом к направлению движения налетающей шайбы направлен вектор скорости другой шайбы после удара?

Задача: Гладкая цилиндрическая шайба покоится на гладкой горизонтальной поверхности. В нее врезается шайба, изготовленная из того же материала, той же высоты, радиус которой в $n = 1{,}5$ раза меньше, чем у покоящейся. Линия движения центра налетающей шайбы касается боковой поверхности покоящейся. Под какими углами к направлению движения налетающей шайбы будут двигаться шайбы после упругого удара?



Задание 2:

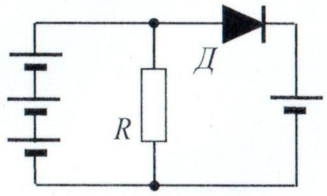
Вопрос: Как выглядит диаграмма изобарного процесса над одноатомным идеальным газом в координатах $A-U$ («совершенная газом работа – внутренняя энергия»), выходящая из точки (A_0, U_0)?

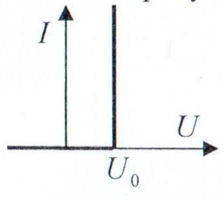
Задача: Давление одного моля одноатомного идеального газа изохорически изменили от начального до некоторого значения. Затем изобарически уменьшили объем газа в $n = 3$ раза. После этого газ изохорически перевели в конечное состояние. Зная, что температура газа в конечном состоянии в $k = 1{,}2$ раза превышает его температуру в начальном состоянии и что полное количество теплоты, которым обменялся газ с внешними телами, равно нулю, найти отношение максимального давления газа к минимальному в этом процессе.

Задание 3:

Вопрос: Резистор и идеальный диод соединены последовательно и подключены к полюсам источника, величина напряжения которого остается постоянной, а полярность изменяется на противоположную каждую секунду. Как изменится тепло, выделяющееся в резисторе за 10 секунд, если его с тем же диодом подключить к полюсам этого источника параллельно?

Задача: В схеме, показанной на рисунке слева, диод *Д* не является идеальным – его вольтамперная характеристика показана на рисунке справа. Все источники одинаковы, их внутреннее сопротивление равно r, а сопротивление резистора $R = 2r$. Найдите зависимость мощности тепловыделения в резисторе от величины ЭДС источников. Пороговое напряжение диода U_0 считать известным.





Задание 4:

Вопрос: Чему может быть равно увеличение (отношение размера изображения к размеру предмета), даваемое тонкой рассеивающей линзой?

Задача: Точечный источник света размещен на главной оптической оси тонкой рассеивающей линзы. Расстояние между источником и его изображением равно L_1. Если передвинуть источник в точку, где находится его изображение, то изображение сместится в ту же сторону на расстояние L_2. Найти оптическую силу линзы (напомним, что у рассеивающей линзы она считается отрицательной).

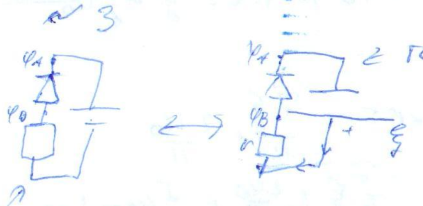
76-55-31-89
(178.4)

Страница 11 | Черновик |

ОЛИМПИАДА ПВГ 2016

Вопрос:
№ 3

1) последовательно:



ток не идет, т.к. идеальный диод – $\varphi_A > \varphi_B$

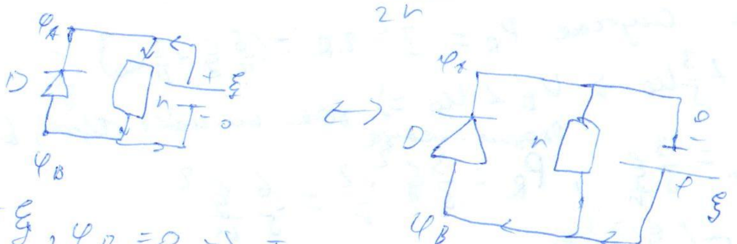
ток идет, т.к. $\varphi_B > \varphi_A$

Тогда за 10 секунд тепло выделяется только тогда, когда I_r – ток через резистор -> 0 – это такого времени 5 секунд.

$P_r(I_r > 0) = \frac{\xi^2}{r}$ – 3-м Джоуля-Ленца

$P_r(I_r = 0) = 0$ (=) $\langle P_r \rangle$ за 10 с $= \frac{\xi^2}{2r}$

2) Параллельно:



в 1 случае $\varphi_A = \xi$, $\varphi_B = 0$ => $I_D = 0$ => весь ток через r

=> $P_r(I_r > 0) = \frac{\xi^2}{r}$ – 3-м Джоуля-Ленца

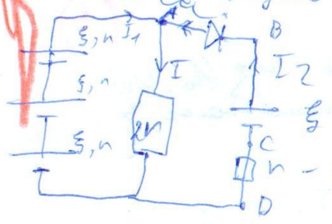
во 2 случае $\varphi_A = 0$, $\varphi_B = \xi$ => ток через диод идет, а раз идет, то весь, т.к. диод идеальный -> $r_D = 0$

тогда $P_r = 0$.

Таких моментов половина – 5 секунд $I_r > 0$, 5 секунд $I_r = 0$ => $\langle P_r \rangle$ за 10 секунд $= \frac{\xi^2}{2r}$

Видим, что не изменится.

Задача. Пусть $U_D = U_0$.



I ЗК: $I = I_1 + I_2$ (1)

II ЗК для левого контура:

$3\xi = 3I_1 r + 2Ir$ (2)

для большого контура:

$3\xi - \xi = 3I_1 r + U_0 - I_2 r$ (3)

(1) -> (2): $3\xi = 5I_1 r + 2I_2 r$

(3) · 2 + 2: $3\xi + 4\xi = 5I_1 r + 6I_1 r + 2U_0$

$I_1 = \frac{7\xi - 2U_0}{11r}$ (2) => $2Ir = \frac{12}{11}\xi + \frac{6}{11}U_0$

$I = \frac{6}{11}\frac{\xi}{r} + \frac{3}{11}\frac{U_0}{r}$, $I_2 = \frac{5}{11}\frac{U_0}{r} - \frac{1}{11}\frac{\xi}{r}$

~~Пусть $\varphi_A = 3\xi$~~

~~Тогда $\varphi_0 = 0 - 3rI_1 = +\frac{3U_0}{11} - \frac{21\xi}{11}$~~

~~Тогда $\varphi_C = I_2 r + \varphi_0 = \frac{11}{22}U_0 - \frac{22}{11}\xi = \frac{U_0}{2} - 2\xi$~~, $\varphi_B = \varphi_C + \xi = \frac{U_0}{2} - \xi$

∇	1	2	3	4	Σ
	4	5	5	5	
3	14	19	10	20	82

6

10

Оценка: 82 балла

(Попова-Выговская А.А.)

~~$U_D = \varphi_A - \varphi_B = 4\xi - \frac{U_0}{2} > U_0$, т.е. $\xi > \frac{3}{8}U_0$.~~

Пусть $\varphi_A = 3\xi$

тогда $\varphi_D = 0 - 3I_1 r = -\frac{7}{11}\xi + \frac{2U_0}{11}$

$\varphi_C = \varphi_D + I_2 r = -\frac{7}{11}\xi + \frac{2U_0}{11} + \frac{5}{11}U_0 - \frac{1}{11}\xi = \frac{7}{11}U_0 - \frac{8}{11}\xi$

$\varphi_B = \varphi_C + \xi = \frac{7}{11}U_0 + \frac{3}{11}\xi$

$U_D = \varphi_A - \varphi_B = 3\xi - \frac{7}{11}U_0 - \frac{3}{11}\xi = \frac{30}{11}\xi - \frac{7}{11}U_0 > U_0$

$\frac{30}{11}\xi > \frac{18}{11}U_0$, $\underline{\xi > \frac{3}{5}U_0}$

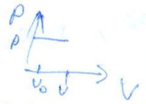
В этом случае $P_R = I^2 \cdot 2R = (\frac{6}{11}\xi + \frac{3}{11}U_0)^2 \cdot \frac{2}{r}$ — з-н Джоуля-Ленца

Пусть $\xi < \frac{3}{5}U_0 \to U_D < U_0 \Rightarrow$ ток не идёт через D. З-н Ома:

$I = \frac{3\xi}{3r+2r} = \frac{3}{5}\frac{\xi}{r}$, $P_R = \frac{3}{5}\xi^2 \cdot \frac{2}{r} = \frac{6}{5}\frac{\xi^2}{r}$ (Джоуля-Ленца)

Ответ:
$$\left[\begin{array}{l} \begin{cases} \xi > \frac{3}{5}U_0 \\ P = (\frac{6}{11}\xi + \frac{3}{11}U_0)^2 \cdot \frac{2}{r} \end{cases} \\ \begin{cases} \xi < \frac{3}{5}U_0 \\ P = \frac{6}{5}\frac{\xi^2}{r} \end{cases} \end{array}\right.$$

№2



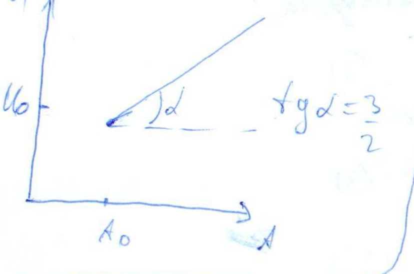
$A = \int p dV = \int p(V) = p(V - V_0)$

$U = \frac{3}{2}\nu RT = \frac{3}{2}pV$ по Менделееву-Клапейрону

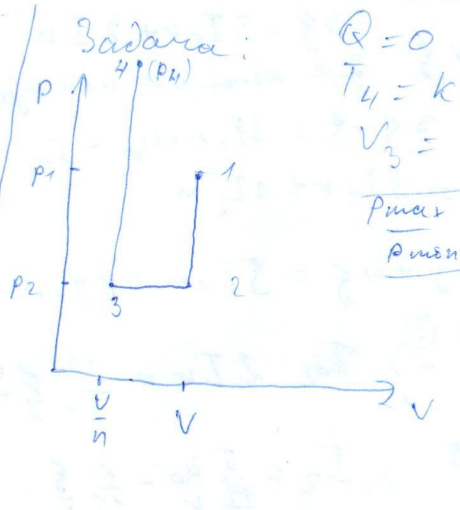
Вопрос: изобарный проц. $\Rightarrow A = p(V - V_0)$, $U = \frac{3}{2}pV$ — одноат. газ.

$U = \frac{3}{2}A + \frac{3}{2}pV_0$. Точка A_0, U_0: $\frac{3}{2}pV_0 = U_0 - \frac{3}{2}A_0$.

Тогда $U(A) = \frac{3}{2}A + U_0 - \frac{3}{2}A_0$ — прямая, вых. из (A_0, U_0) с наклоном $\frac{3}{2}$



Задача:



$Q = 0$

$T_4 = k\,T_1$.

$V_3 = \frac{V}{n}$

$\frac{p_{max}}{p_{min}}$ — ?

~~Ясно, что $p_{max} = p_4$, $p_{min} = p_2 = p_3$~~

$T_4 = kT_1$: Менделеев-Клапейрон, $\nu = const$:

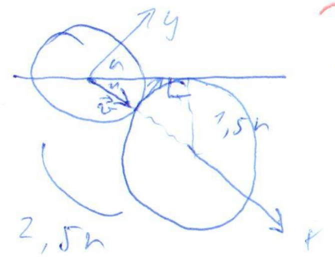
$p_4V_4 = k\,p_1V_1$; $p_4\frac{V}{n} = k\,p_1 V$. $p_4 = nk\,p_1$.

76-55-31-89
(178.4)

Страница 2 / Чистовик /

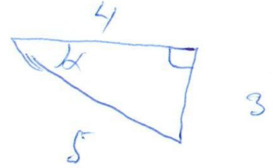
=) они разлетятся под 90°, т.к. $\vec{v} \perp \vec{r}$ Ответ?

Задача:



$(2,5r)^2 = (1,5r)^2 + (2r)^2$ – т. Пифагора

=) ~



по y же иди: пусть было y,, m " m v.

Тогда $v_y = v\sin\alpha = \frac{3}{5}v = const.$

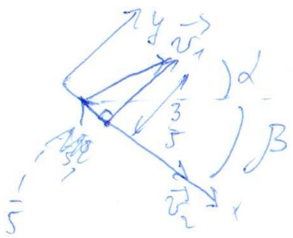
$v_{y2} = 0 = const.$

по x как центр:

$v_1 = 2v_c - v = 2\cdot\frac{mv}{2,5m} - v = -\frac{1}{5}v$? $m \sim r^2$!

$v_2 = 2v_c - 0 = \cancel{0,4v}\ \frac{4}{5}v$ – только по x

Получается такая картина:



α соотв. 1 шайбе, β – 2ой.

$\sin(\alpha+\beta) = \frac{3}{\sqrt{10}}$

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

$\sin(\alpha+\beta) = \frac{3}{\sqrt{10}} = \sin\alpha\cdot\frac{4}{5} + \cos\alpha\cdot\frac{3}{5}$ $|^2$

$13\sin^2\alpha - 48\sin\alpha\cos\alpha + 27\cos^2\alpha = 0.$

т.к. $\cos\alpha \neq 0$ =) $tg\alpha = 3, \frac{9}{13}$

не н., т.к. $tg(\alpha+\beta) = 3$

=) $tg\alpha = \frac{9}{13}$

Ответ: разл. под углами $\alpha = arctg\frac{9}{13}$ − и $\beta = arcsin\frac{3}{5}$ +

по I TD

$Q = Q_{12} + Q_{23} + Q_{34} = \Delta U_{12} + \Delta U_{23} + \Delta U_{34} + A_{23} =$

$= \Delta U_{14} + A_{23} = 0$, т.к. $A_{12} = 0$, $A_{34} = 0$ ($V = const$, $dV = 0$)

$\Delta U_{14} = \frac{3}{2} \nu R (T_4 - T_1) = \frac{3}{2} p_1 V_1 (k-1)$

$A_{23} = p_2 \left(\frac{V}{n} - V\right)$

$\frac{3}{2} p_1 (k-1) = p_2 \left(1 - \frac{1}{n}\right)$

$p_2 = \frac{p_1 (k-1) n}{n-1} \cdot \frac{3}{2}$.

$p_4 = n k p_1$; $p_2 = \frac{n}{(n-1)} (k-1) \cdot \frac{3}{2} p_1$.

Подставим числа, чтобы было ясно, какое p_{max}, p_{min}.

$p_4 = 3{,}6 p_1$, $p_2 = \frac{3}{2} \cdot \frac{3}{2} \cdot 0{,}2 \; p_1 = \frac{3}{2} \cdot \frac{3}{2} \cdot \frac{2}{3} = \frac{9}{10} p_1$. ? $0{,}2 = \frac{1}{5}$!

давления $> p_4$ не может быть, т.к. $p_2 < p_4$, $p_{1 \to 2} < p_4$, $p_{3 \to 4} < p_4$.

$p_4 = p_{max} = 3{,}6 p_1$.

$p_2 = p_{min} = 0{,}9 p_1$ – меньше тоже не может быть (pV – диаграмма)

$\Rightarrow \frac{p_{max}}{p_{min}} = \frac{3{,}6}{0{,}9} = 4$ Ответ: 4.

№4

±

$\Gamma = \frac{|f|}{d}$. Ф-ла тонкой линзы: $-\frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{|f|}$, т.к. изобр. с той же стороны, что и предмет и мнимое.

$\frac{1}{|f|} = \frac{1}{d} + \frac{1}{F}$; $|f| = \frac{dF}{d+F}$.

5

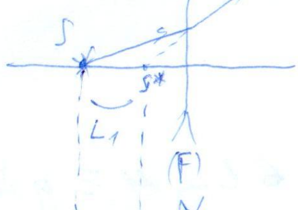
+

$\Rightarrow \Gamma = \frac{dF}{d(d+F)} = \frac{F}{d+F}$. $d \in (0, \infty) \Rightarrow \Gamma \in (0, 1)$

$(\Gamma(\infty) = \frac{1}{\infty} = 0$, $\Gamma(0) = 1$, в остальном $0 < \frac{F}{d+F} < 1)$

Задача:

1)

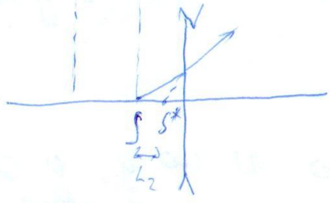


$L_1 = d_1 - |f_1|$

Ф-ла т. линзы:

$-\frac{1}{F} = \frac{1}{d_1} - \frac{1}{|f_1|}$

2)



$-\frac{1}{F} = \frac{1}{d_2} - \frac{1}{|f_2|}$; $d_2 = |f_1|$ по усл. в ту же точку.

$L_2 = d_2 - |f_2| = |f_1| - |f_2|$

$d_1 = L_1 + |f_1| \Rightarrow -\frac{1}{F} = +\frac{1}{L_1+|f_1|} - \frac{1}{|f_1|}$

$|f_2| = |f_1| - L_2$.

$-\frac{1}{F} = \frac{1}{|f_1|} - \frac{1}{|f_1|-L_2}$ // $\Rightarrow \frac{2}{|f_1|} = \frac{1}{|f_1|-L_2} - \frac{1}{L_1+|f_1|}$

$\frac{2}{|f_1|} = \frac{L_1+L_2}{(|f_1|-L_2)(L_1+|f_1|)}$ +

$\Rightarrow \frac{1}{F} = \frac{L_2}{|f_1|(|f_1|-L_2)} = \frac{L_1}{(L_1+|f_1|)(|f_1|)}$

20

$f_1 \neq 0$ – иначе некуда было бы двигать

$\Rightarrow |f_1|L_1 - L_1L_2 = L_1L_2 + |f_1|L_2$.

$|f_1| = \frac{2L_1L_2}{L_1-L_2} > 0$, т.к. $L_1 > L_2$ — в 1 случае предмет дальше от линзы $\Rightarrow \Gamma_1 < \Gamma_2$

$\Rightarrow \alpha_2 > \alpha$
$\Rightarrow \cos\alpha_2 < \cos\alpha$
$\Rightarrow L_1 - L_2 > 0$

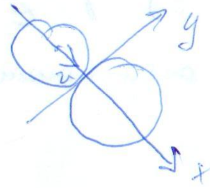
$d_1 = L_1 + \frac{2L_1L_2}{L_1-L_2}$.

$\frac{1}{F} = \frac{L_1}{\left(L_1 + \frac{2L_1L_2}{L_1-L_2}\right)\left(\frac{2L_1L_2}{L_1-L_2}\right)} = \frac{(L_1-L_2)^2}{(L_1+L_2)\cdot 2L_1L_2}$

$\Rightarrow D = -\frac{1}{F} = -\frac{(L_1-L_2)^2}{2(L_1+L_2)L_1L_2}$ Ответ. +

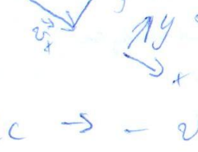
№1

Вопрос:



ЗСИ и ЗСЭ дают: по x – как центральный удар. по y $v = const$.

было $\vec{v}$ =



— у 1 шайбы.

Смотрим по x:

в СЦМ $v_{ic} \to -v_{ic}$ – удар в СЦМ ≡ удар со стенкой $\Rightarrow v_{i\,лаб} = 2v_c - v_i$

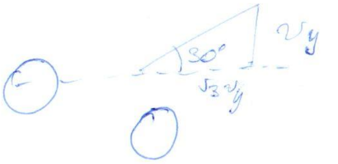
$v_1 = 2v_c - v = 2\frac{v}{2} - v = 0$

$v_2 = 2v_c - 0 = v$. У 1 шайбы только v по y, у 2 – только по x

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

76-55-31-89 (178.4)

|Черновик|



$\frac{p^2}{2m} = \frac{p_1^2}{2m} + \frac{p_2^2}{2m}$

по y такое же. было $v_{1c} = \frac{v}{2}$

т.е. станет $\frac{v}{2}$

y тоб $\frac{v}{2} = v_{2c}$, остальн

$v_c = const.$

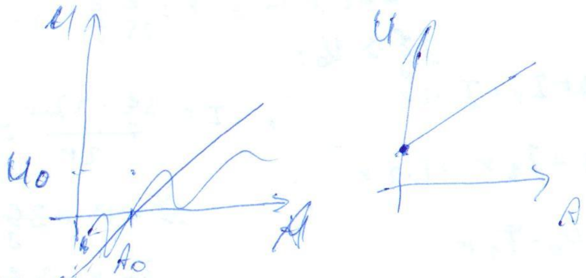
$mv_{1x} + mv_{2x} = mv.$

$v_{1y} = v_{2y}.$

$U = c_v \nu T$

$U = \frac{3}{2} p V_i$

$A = p(V_i - V_0)$

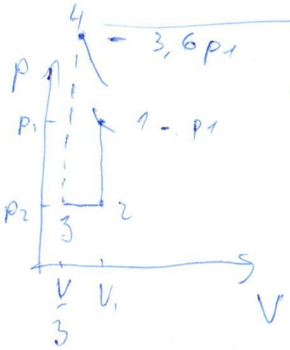


$A = \frac{2}{3}U - pV_0 = \frac{2}{3}U - \frac{2}{3}U_0$

$U_0 = \frac{3}{2} p V_0$

$U = \frac{3}{2}A + pV_0 = \frac{3}{2}A + \frac{3}{2}U_0$

$A_0 = \frac{2}{3}U_0 - \frac{2}{3}U_0$



$1{,}2 p_1 V_1 = p_4 V_4 = p_4 \frac{V}{3}$

$T_4 = 1{,}2 T_1$

$p_4 \frac{V}{3} = 1{,}2\, p_1 V$

$= \Delta U_{14} + A_{23} = \frac{3}{2}(k-1) p_4 \frac{V}{k}$

$= \frac{3}{2}(k-1) p_1 k V + (k-1) p_2 V = 0.$

$Q = Q_{12} + Q_{23} + Q_{34} = \frac{3}{2}V(p_1 - p_2) - \frac{5}{2} p_2 \cdot \frac{2}{3} V$

$+ \frac{3}{2}(3{,}6 p_1 - p_2)\frac{V}{3} = 0.$

$\frac{3}{2} \cdot \frac{2}{5} p_1 \cdot \frac{6}{5} V = \frac{2}{3} p_2 V$

$-\frac{3}{2} p_1 V + \frac{3}{2} p_2 V - \frac{5}{3} p_2 V + 1{,}8 p_1 V - \frac{p_2}{2} V = 0.$

$\frac{9}{25} p_1 = \frac{p_2}{3}$

$p_2 = \frac{27}{25} p_1.$

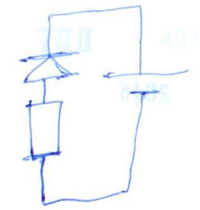
$0{,}3 p_1 = \frac{1}{2} 2 + \frac{5}{3} p_2.$

$\frac{3}{2} \cdot \frac{2}{5} p_1 = \frac{2}{3} p_2.$

$0{,}3 p_1 = \frac{11}{3} p_2.$ $p_2 = \frac{0{,}9}{11} p_1.$ $\frac{0{,}9}{\frac{11}{3{,}6}} = \frac{1}{44}.$ $p_2 = \frac{9}{5} p_1$

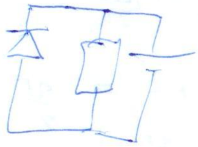
Подписывать лист-вкладыш запрещено! Писать на полях листа-вкладыша запрещено!

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ



т.е. $\frac{\xi^2}{r}\cdot 5$.

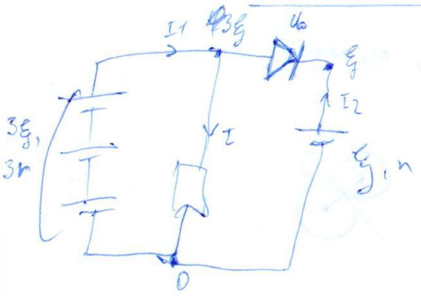
если пар.:



1 с.. – через рез. ничего

2 – всё

$\frac{\xi^2}{r}\cdot 5$. итого



$2\xi < U_0$:

не идёт.

$I = \frac{3\xi}{3r+2R} = \frac{3}{5}\xi$

$P = I^2 R = \frac{9}{25}\frac{\xi^2}{r^2}\cdot 2r = \frac{18}{25}\frac{\xi^2}{r}$

$2\xi > U_0$:

левый: $3\xi = 3rI_1 + I\cdot 2r$

правый: $\xi = -U_0 + I_2 r + I\cdot 2r$

, $I = \frac{3\xi - 3I_1 r}{2r} = I_1 + I_2$.

$\cancel{I_1 r = 3\xi - 5}$

$I_2 r = \frac{3\xi - 5I_1 r}{2}$

$2\xi = 3rI_1 + U_0 - I_2 r$

$2\xi = 3I_1 r + 2U_0 - \frac{3\xi}{2} - 2{,}5 I_1 r$

$\xi = I_1 r + 2U_0$

$I_1 r = \xi - 2U_0$

$I_2 r = \frac{3\xi - 5\xi + 10U_0}{2} = 5U_0 - \xi$

$I r = \xi - 2U_0 + 5U_0 - \xi = 3U_0$

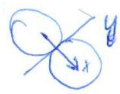
$P = \frac{9U_0^2}{r}\cdot 2 = \frac{18U_0^2}{r}$

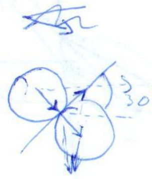
ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

~~$mv^2 = mv_1^2 + mv_2^2$~~

~~$v^2 = v_{1x}^2 + v_{2x}^2 + v_{1y}^2 + v_{2y}^2$~~

$2v_c - v$



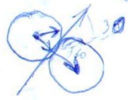


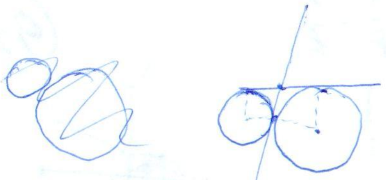
по у в др. со.
по х.

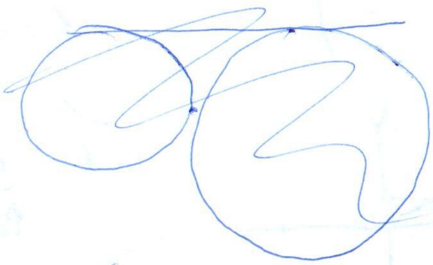
$v_c = const = \frac{v}{2}$

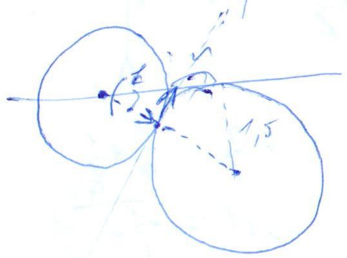
~~как центр. т.е.~~

$30°$









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

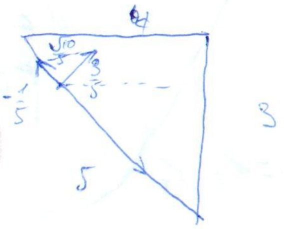
~~у того будет~~

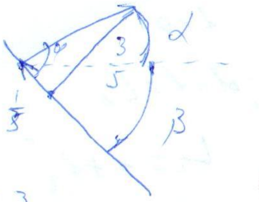
~~у этого:~~

как центральной: $v_c = \frac{v}{2,5}$, ~~у~~ $\frac{4}{5}v - v = -\frac{1}{5}v$
по x.

у $1,5m$ $= 2v_c = \frac{4}{5}v$.

т.е.





$S = \frac{3}{2} = \frac{\sqrt{10}}{2}\sin\varphi$ $\quad \sin\varphi = \frac{3}{\sqrt{10}}$

$\varphi = \alpha + \beta$. $\sin\beta = \frac{3}{5}$

$\frac{3}{\sqrt{10}} = \sin\alpha \cdot \frac{4}{5} + \cos\alpha \cdot \frac{3}{5}$ $\quad ^2$

$\sin = \frac{4}{\sqrt{10}}, \cos = \frac{3}{\sqrt{10}}$

$\frac{9}{10} = \frac{16\sin^2}{25} + \frac{9\cos^2}{25} + \frac{24 \cdot 2}{25}\sin 2\alpha$.

$4,5\sin^2 + 4,5\cos^2$ $\quad 45\sin^2 + 45\cos^2 =$
$= 32s^2 + 18c^2 + 48sc$

$\frac{13}{10}\sin^2\alpha + \frac{27}{10}\cos^2\alpha$ $\quad 13s^2 + 27c^2 - 48sc = 0$.

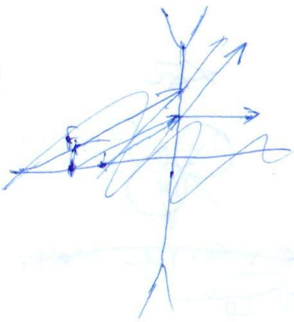
$\Pi = \frac{27}{13}$ $\quad s = +\frac{48}{13}$

13
27
91
26
351

$\frac{D}{4} = 24^2 - 13 \cdot 27$

$576 - 351 = 225$

$\sin = \frac{+24 \pm 15}{13} = +\frac{9}{13}$



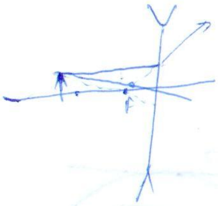
$\Gamma = \infty$ – может

$(0, \infty)$

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

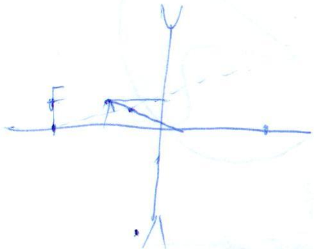
$d = 0;\ f = -\frac{1}{F}$

может быть до 0.



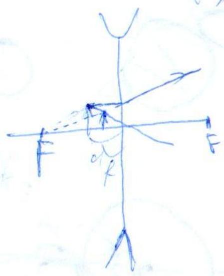
$-\frac{1}{F} = \frac{1}{F} + \frac{1}{f}$

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



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

$(0, 1)$?



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

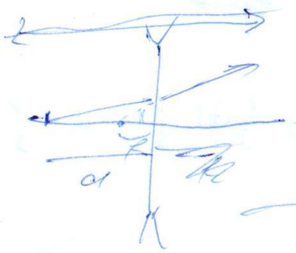
$-\frac{1}{f} = \frac{1}{F} + \frac{1}{d}$

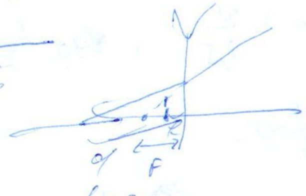
$f = \frac{Fd}{F+d}$

$\Gamma = -\frac{f}{d} = +\frac{Fd}{d(F+d)} = +\frac{F}{F+d}$

$d \in (0, \infty)$

$\Gamma \in (0, 1)$





$f < 0$.

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

$d + f = L_1$

$-\frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{f_2}$ $\quad L_2 = f + f_2$ $\quad L_2 - L_1 = f_2 - f$

$d - |f| = L_1$

$d = L_1 + |f|$

$-\frac{2}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f_2} = \frac{1}{d} - \frac{1}{L_2 - L_1 + f} = \frac{2}{d} - \frac{2}{f}$

$-\frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{|f|}$

$F = \frac{d|f|}{L_1}$

$\frac{1}{d} = \frac{2}{f} - \frac{1}{L_2 - L_1 + f} =$

$L_2 = |f| - |f_2|$

$-\frac{1}{F} = \frac{1}{|f|} - \frac{1}{|f| - L_2}$

$F = \frac{|f|(L_1 + |f|)}{L_1} = \frac{|f|(|f| - L_2)}{L_2}$

$\frac{1}{F} = \frac{1}{|f| - L_2} - \frac{1}{|f|} = \frac{L_2}{|f|(|f| - L_2)}$

$1 + \frac{|f|}{L_1} = \frac{|f|}{L_2} - 1$

$|f| = \frac{2L_1L_2}{L_1 - L_2}$; $F = \frac{2L_1L_2\left(L_1 + \frac{2L_1L_2}{L_1 - L_2}\right)}{(L_1 - L_2)L_1} =$

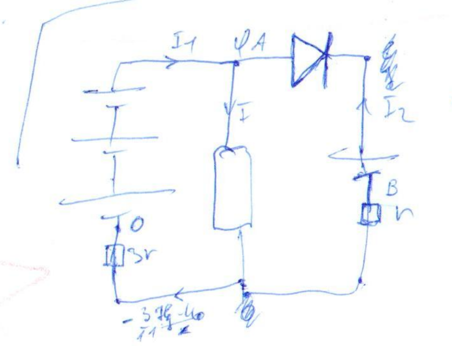
$= 2L_1L_2\frac{(L_1 + L_2)}{(L_1 - L_2)^2}$, $D = -\frac{1}{F}$

76-55-31-89
(178.4)

Черновик

$tg\,\alpha = 3,\ \frac{2}{13}$.

$tg\,\alpha = \frac{2}{13}$



при $U_D > U_0$:

$$3\xi = 3rI_1 + 2Ir = 3rI_1 + 2rI_1 + 2rI_2 = 5rI_1 + 2rI_2$$

$$3\xi - \xi = U_0 + I_1\cdot 3r - I_2 r.$$

$$2\xi = U_0 + 3I_1 r - I_2 r \quad \cdot 2 \quad +$$

$$7\xi = U_0 + 11 I_1 r.$$

$$I_1 = \frac{7\xi - U_0}{11r} \qquad I = I_1 + I_2$$

$$I_2 = \frac{6\xi}{11r} + \frac{3}{22}U_0 - \frac{7\xi}{11r} + \frac{U_0}{11r} = \frac{5}{22}U_0 - \frac{\xi}{11}$$

$$3\xi = \frac{3}{11}\cdot 7\xi - \frac{3}{11}U_0 + 2Ir$$

$$\frac{12}{11}\xi + \frac{3}{11}U_0 = 2Ir, \qquad I = \frac{6}{11r}\xi + \frac{3U_0}{22r}$$

$$2Ir = \varphi_A + \frac{31}{11}\frac{\xi}{r} - \frac{3}{11}U_0.$$

$$\frac{12}{11}\xi + \frac{6}{22}U_0 = \xi + U_0 - \frac{5}{11}U_0$$

$$\cancel{\varphi_A = \frac{6}{11}U_0 - \frac{9}{11}\xi}.$$

$$\left(\frac{5}{22}U_0 - \frac{\xi}{11}\right) r = \varphi_B + \frac{21}{11}\xi - \frac{U_0}{11}$$

$$\varphi_B = \frac{7}{22}U_0 - 2\xi$$

$$\varphi_A - \varphi_B = \frac{5}{22}U_0 + \frac{2}{11}\xi > U_0$$

$$\frac{2}{11}\xi > \frac{17}{22}U_0.$$

$$\xi > \frac{17}{4}U_0$$

$$I = \frac{6\xi}{11} + \frac{3}{22}U_0$$

$$\frac{\left(\frac{6\xi}{11} + \frac{3}{22}U_0\right)^2 \cdot 2r}{\xi + U_0 - \frac{5}{22}U_0 + \frac{\xi}{11}}$$

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

Подписывать лист-вкладыш запрещено! Писать на полях листа-вкладыша запрещено!

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

Подписывать лист-вкладыш запрещено! Писать на полях листа-вкладыша запрещено!

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

Подписывать лист-вкладыш запрещено! Писать на полях листа-вкладыша запрещено!

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

Подписывать лист-вкладыш запрещено! Писать на полях листа-вкладыша запрещено!

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

Подписывать лист-вкладыш запрещено! Писать на полях листа-вкладыша запрещено!

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

Подписывать лист-вкладыш запрещено! Писать на полях листа-вкладыша запрещено!