67-00-40-74
(178.3)

ОЛИМПИАДА ПВГ
2016

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 06

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников "Покори Воробьевы Горы"

по физике

Коряпкиной Анны Максимовны

фамилия, имя, отчество (в родительном падеже)

+1 лист

Дата

«22» марта 2016 года

Подпись участника

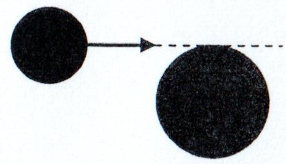
67-00-40-74
(178.3)

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

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:

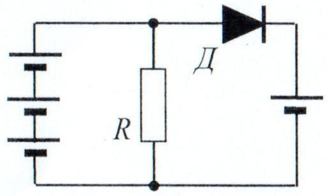
Вопрос: Как выглядит диаграмма изобарного процесса над одноатомным идеальным газом в координатах $A - U$ («совершенная газом работа – внутренняя энергия»), выходящая из точки (A_0, U_0)?

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).

67-00-40-74
(178.3)

ОЛИМПИАДА ПВГ 2016

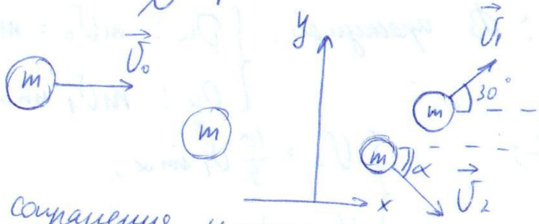
Т	1	2	3	4	Σ
	5	5	5	4	
3	11	13	20	20	83

Оценка: 83 балла

Чистовик

№ 1

Вопрос:



По закону сохранения импульса, $m\vec{V_0} = m\vec{V_1} + m\vec{V_2} \Rightarrow$

$\Rightarrow \vec{V_0} = \vec{V_1} + \vec{V_2}$. В проекциях: $\begin{cases} Ox: V_0 = V_1 \cdot \cos 30° + V_2 \cdot \cos\alpha; \\ Oy: V_1 \cdot \sin 30° = V_2 \cdot \sin\alpha; \end{cases}$

$$\begin{cases} V_0 = V_1 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} + V_2 \cdot \cos\alpha; \\ V_1 \cdot \frac{1}{2} = V_2 \cdot \sin\alpha; \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} V_0 = V_1 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} + V_2 \cdot \cos\alpha; \\ V_1 = 2V_2 \sin\alpha; \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} V_0 = \sqrt{3} V_2 \sin\alpha + V_2 \cos\alpha; \\ V_1 = 2 V_2 \sin\alpha; \end{cases} (*)$$

Закон сохранения импульса выполняется, т.к. на шайбы не действуют внешние силы.

В системе отсутствуют непотенциальные силы (силы трения), поэтому выполняется закон сохранения полной механической энергии:

$$\frac{mV_0^2}{2} = \frac{mV_1^2}{2} + \frac{mV_2^2}{2} \Leftrightarrow V_0^2 = V_1^2 + V_2^2$$

Подставляя выражения для V_0 и V_1 из системы (*), имеем:

$$3V_2^2 \sin^2\alpha + 2\sqrt{3}V_2^2 \sin\alpha \cos\alpha + V_2^2 \cos^2\alpha = 4V_2^2 \sin^2\alpha + V_2^2$$

$$3\sin^2\alpha + \sqrt{3}\sin 2\alpha + \cos^2\alpha - 4\sin^2\alpha = 1$$

$$\cos 2\alpha + \sqrt{3}\sin 2\alpha = 1;$$

$$\frac{1}{2}\cos 2\alpha + \frac{\sqrt{3}}{2}\sin 2\alpha = \frac{1}{2};$$

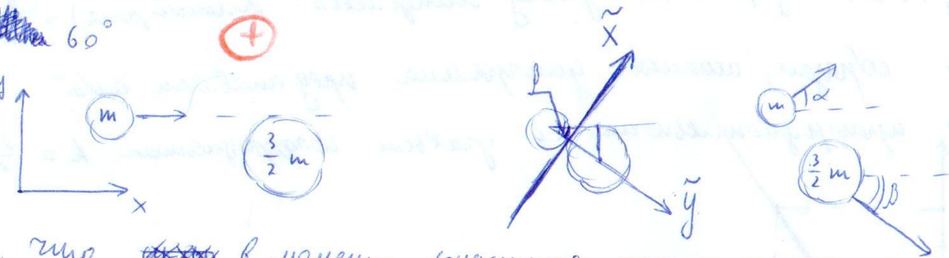
$$\cos\left(2\alpha - \frac{\pi}{3}\right) = \frac{1}{2}$$

$$0 < \alpha < \pi \Rightarrow 0 < 2\alpha < 2\pi \Leftrightarrow -\frac{\pi}{3} < 2\alpha - \frac{\pi}{3} < 2\pi - \frac{\pi}{3} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 2\alpha - \frac{\pi}{3} = \frac{\pi}{3}; \Rightarrow \alpha = \frac{\pi}{3} = 60°$$

Ответ: 60° +

Задача:



Заметим, что в момент соударения трение отсутствует, а силы упругого соударения направлены по линии центров шайб $\Rightarrow$ после соударения скорость покоящейся изначально шайбы будет направлена по оси $O\tilde{y}$ (см. рис.). Тогда $\sin\beta = \frac{1{,}5R}{1{,}5R + R} = \frac{15}{25} = \frac{3}{5} \Rightarrow \cos\beta = \sqrt{1 - \frac{9}{25}} = \frac{4}{5}$ +

Частицы

По закону сохранения импульса,

$m\vec{v}_0 = m\vec{v}_1 + \frac{3}{2}m\vec{v}_2$. В проекциях: $\begin{cases} Ox: \; mv_0 = mv_1\cos\alpha + \frac{3}{2}mv_2\cos\beta; \\ Oy: \; mv_1\sin\alpha = \frac{3}{2}mv_2\sin\beta; \end{cases}$?

$\begin{cases} v_0 = v_1\cos\alpha + \frac{3}{2}v_2\cdot\frac{4}{5}; \\ v_1\sin\alpha = \frac{3}{2}\cdot v_2\cdot\frac{3}{5}; \end{cases}$ $\begin{cases} v_2 = \frac{10}{9}v_1\sin\alpha; \\ v_0 = v_1\cos\alpha + \frac{6}{5}\cdot\frac{10}{9}v_1\sin\alpha; \end{cases}$

$\begin{cases} v_2 = \frac{10}{9}v_1\sin\alpha; \\ v_0 = v_1\cos\alpha + \frac{4}{3}v_1\sin\alpha; \end{cases}$ (*)

По закону сохранения полной механической энергии,

$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{\frac{3}{2}mv_2^2}{2} \Rightarrow v_0^2 = v_1^2 + \frac{3}{2}v_2^2$?

Подставляя выражения для v_0 и v_2 из системы (*), имеем:

$v_1^2\cos^2\alpha + \frac{8}{3}v_1^2\sin\alpha\cos\alpha + \frac{16}{9}v_1^2\sin^2\alpha = v_1^2 + \frac{3}{2}\cdot\frac{100}{81}v_1^2\sin^2\alpha$

$\cos^2\alpha + \frac{8}{3}\sin\alpha\cos\alpha + \frac{16}{9}\sin^2\alpha = \sin^2\alpha + \cos^2\alpha + \frac{50}{27}\sin^2\alpha$

$72\sin\alpha\cos\alpha + 48\sin^2\alpha = 27\sin^2\alpha + 50\sin^2\alpha;$

$72\sin\alpha\cos\alpha = 29\sin^2\alpha;$

Из выражения для v_2 следует, что $\sin\alpha \neq 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow 72\cos\alpha = 29\sin\alpha \Rightarrow \operatorname{tg}\alpha = \frac{72}{29} \Rightarrow \alpha = \operatorname{arctg}\frac{72}{29}$

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

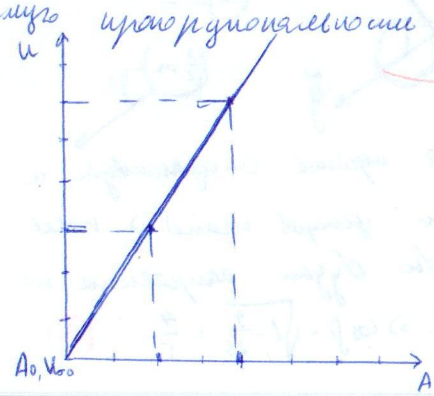
Ответ: $\arcsin\frac{3}{5}$ (+) и $\operatorname{arctg}\frac{72}{29}$ (−)

№2

Вопрос: в изобарном процессе $p = const \Rightarrow \Delta A = p\Delta V$

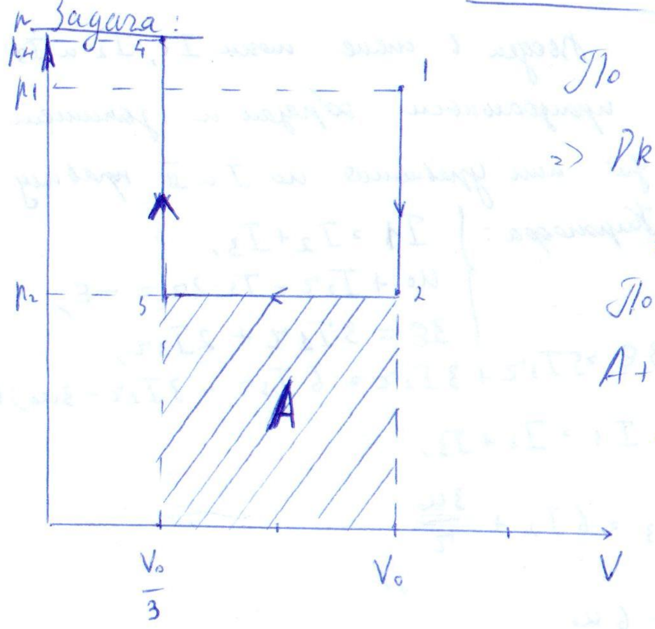
$\Delta U = \frac{3}{2}\nu R\Delta T = \frac{3}{2}p\Delta V$ (по закону Менделеева-Клапейрона) $= \frac{3}{2}\Delta A$

Таким образом, искомая диаграмма представляет собой прямую пропорциональности с угловым коэффициентом $k = \frac{3}{2}$. (+)



Чистовик

Задача:



По условию, $T_4 = 1{,}2 T_1 \Rightarrow$

$\Rightarrow \nu R T_4 = p_4 \frac{V_0}{3} = 1{,}2 \nu R T_1 = 1{,}2 p_1 V_0 \Rightarrow$

$\Rightarrow p_4 = 3{,}6 p_1$ +

По первому началу термодинамики, $A + \Delta U = Q = 0$ по условию $\Rightarrow A = -\Delta U$

$-A = p_2 \cdot \left(V_0 - \frac{V_0}{3}\right) = \frac{2}{3} p_2 V_0$

$\Delta U = \nu R T_4 - \nu R T_1 =$??

$= 1{,}2 \nu R T_1 - \nu R T_1 = 0{,}2 \nu R T_1 =$

$= 0{,}2 p_1 V_0 \Rightarrow 0{,}2 p_1 V_0 = \frac{2}{3} p_2 V_0 \Rightarrow$

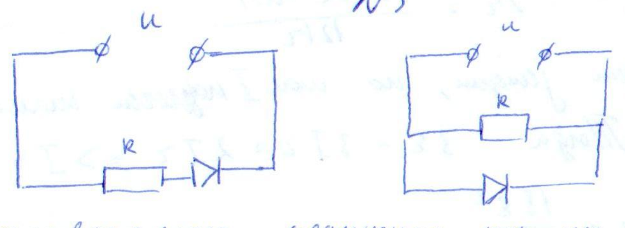
$\Rightarrow p_2 = 0{,}2 p_1 \cdot \frac{3}{2} = 0{,}3 p_1$ − ±

Таким образом, P_4 – максимальное давление в процессе, P_2 – минимальное. Их отношение равно $\frac{3{,}6 p_1}{0{,}3 p_1} = 12$

Ответ: 12

№3

Вопрос:



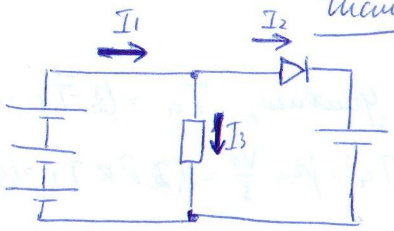
В случае последовательного соединения, ток идет через резистор только когда полярность источника совпадает с полярностью диода, который является идеальным => при этом напряжение на резисторе равно напряжению U на источнике. Из 10 секунд резистор будет работать 5 и на нем выделится $\frac{5U^2}{R}$ Дж теплоты.

В случае параллельного соединения, ток идет через резистор только когда полярность источника не совпадает с полярностью диода (иначе весь ток уходит на диод, т.к. его сопротивление равно 0). Когда полярности диода и источника не совпадают, на резисторе напряжение U. Из 10 секунд резистор опять же будет работать 5 и на нем выделится $\frac{5U^2}{R}$ Дж теплоты.

Таким образом, при изменении типа соединения количество теплоты не изменится. Ответ: не изменится. 5

Чистовик

Задача:



Введем в схеме токи I_1, I_2 и I_3 произвольным образом и запишем для них уравнения по I и II правилу Кирхгофа:

$$\begin{cases} I_1 = I_2 + I_3; \\ u_0 + I_2 r - I_3 \cdot 2r = -\varepsilon; \\ 3\varepsilon = 3I_1 r + 2I_3 r; \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_1 = I_2 + I_3, \\ u_0 + I_2 r - 2I_3 r = -\varepsilon; \; (2) \\ 3\varepsilon = 3I_2 r + 3I_3 r + 2I_3 r; \end{cases} \qquad \begin{cases} 3\varepsilon = 5I_3 r + 3I_2 r = 6I_3 r - 3I_2 r - 3u_0 \; (1) \\ I_1 = I_2 + I_3, \end{cases}$$

(1): $6I_2 r = I_3 r - 3u_0 \Rightarrow I_3 = 6I_2 + \frac{3u_0}{r}$

(2): $-\varepsilon = u_0 + I_2 r - 12 I_2 r - 6u_0$

$\varepsilon - 5u_0 = 11 I_2 r$

$I_2 > 0$ (т.к. иначе диод будет заперт) $\Rightarrow \varepsilon > 5u_0$ и тогда

$I_2 = \frac{\varepsilon - 5u_0}{11r}$

$I_3 = \frac{6\varepsilon - 30u_0}{11r} + \frac{3u_0}{r} = \frac{6\varepsilon + 3u_0}{11r} = \frac{3(2\varepsilon + u_0)}{11r}$

$P = I_3^2 R = \frac{9(2\varepsilon + u_0)^2}{121 r^2} \cdot 2r = \frac{18(2\varepsilon + u_0)^2}{121 r}$

Если же диод будет заперт, то ток I потечет только по левой половине цепи. Тогда $3\varepsilon - 3Ir = 2Ir \Rightarrow I = \frac{3\varepsilon}{5r}$

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

Таким образом, при $0 < \varepsilon \le 5u_0$ $P = \frac{18\varepsilon^2}{25r}$ и

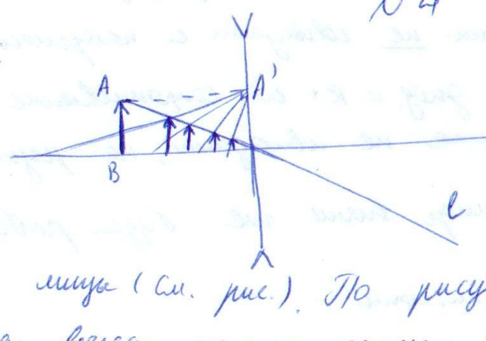
при $\varepsilon > 5u_0$: $P = \frac{18(2\varepsilon + u_0)^2}{121r}$

20

Ответ: $P = \frac{18\varepsilon^2}{25} r$ при $0 < \varepsilon \le 5u_0$ и $P = \frac{18(2\varepsilon + u_0)^2}{121r}$ при $\varepsilon > 5u_0$

№4

Вопрос:



Замечаем, что изображение точки A лежит на пересечении прямой l, проходящей через точку A и оптический центр линзы и прямой, проходящей через точку A' и фокус линзы (см. рис.). По рисунку видим, что изображение предмета всегда меньше самого предмета. + Таким образом, $\Gamma > 1$, ? где Γ − поперечное увеличение. Ответ: $\Gamma > 1$?? 4

67-00-40-74
(178.3)

Чистовик

№ 4

ОЛИМПИАДА ПВГ 2016

Задача: Пусть a – расстояние от изображения ~~предмета~~ источника до линзы в первом случае. Тогда по формуле тонкой линзы,

$\frac{1}{a+L_1} - \frac{1}{a} = D$ (по рисунку в "вопросе" видим, что предмет расположен дальше от линзы, чем его изображение).

После перемещения источника по формуле тонкой линзы имеем: $\frac{1}{a} - \frac{1}{a-L_2} = D$

Имеем систему:

$$\begin{cases} \frac{1}{a+L_1} - \frac{1}{a} = \frac{1}{a} - \frac{1}{a-L_2}; & (1) \\ D = \frac{1}{a} - \frac{1}{a-L_2}; & (2) \end{cases}$$

рис-вер

20

(1): $\frac{a-a-L_1}{a^2+aL_1} = \frac{a-L_2-a}{a^2-aL_2}$

$$\frac{L_1}{a^2+aL_1} = \frac{L_2}{a^2-aL_2}$$

$$a^2L_1 - aL_1L_2 = a^2L_2 + aL_1L_2$$

$a^2(L_1-L_2) = 2aL_1L_2 \Rightarrow a = \frac{2L_1L_2}{L_1-L_2}$, при этом $a>0 \Rightarrow L_1>L_2$

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

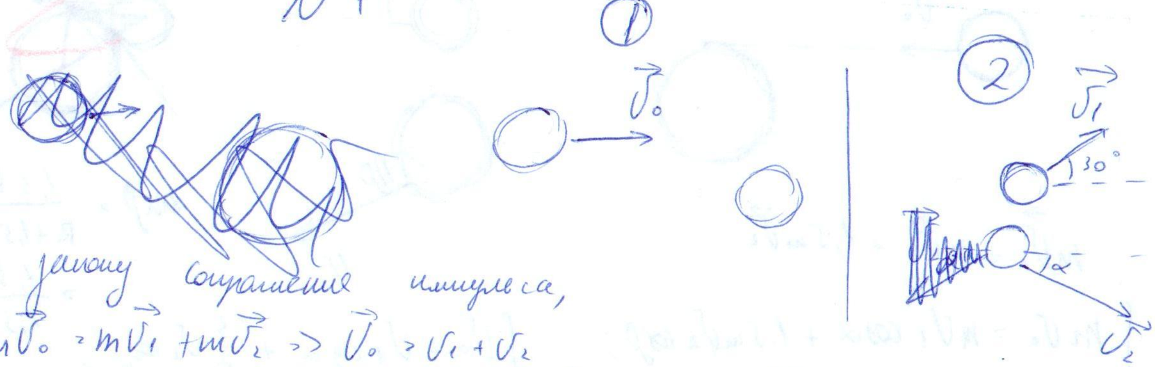
$= \frac{L_1-L_2}{2L_1L_2} - \frac{L_1-L_2}{L_2(L_1+L_2)} = (L_1-L_2)\left(\frac{L_1+L_2-2L_1}{2L_1L_2(L_1+L_2)}\right) = \frac{(L_1-L_2)(L_2-L_1)}{2L_1L_2(L_1+L_2)} =$

$= -\frac{(L_1-L_2)^2}{2L_1L_2(L_1+L_2)}$

Ответ: $D = -\frac{(L_1-L_2)^2}{2L_1L_2(L_1+L_2)}$, где $L_1>L_2$

Черновик

№1



По закону сохранения импульса,

$m\vec{v}_0 = m\vec{v}_1 + m\vec{v}_2 \Rightarrow \vec{v}_0 = \vec{v}_1 + \vec{v}_2$

$\begin{cases} v_0 = v_1 \cdot \cos 30° - v_2 \cos\alpha; \\ v_1 \cdot \sin 30° = v_2 \sin\alpha; \end{cases}$ $\begin{cases} v_0 = v_1 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} - v_2 \cos\alpha; \\ \frac{v_1}{2} = v_2 \sin\alpha; \end{cases}$

$\begin{cases} v_0 = v_2\sqrt{3}\sin\alpha - v_2\cos\alpha = v_2(\sqrt{3}\sin\alpha - \cos\alpha); \\ v_1 = 2v_2\sin\alpha; \end{cases}$

$\frac{mv_1}{2} = mv_2 \cdot \sin\alpha$

По закону сохранения энергии,

$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2}$

$v_0^2 = v_1^2 + v_2^2$

$\begin{cases} v_1 = 2v_2\sin\alpha \\ v_0 = v_1 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} + v_2\cos\alpha; \end{cases}$

$v_1 = 2v_2\sin\alpha;$

$v_0 = v_2\sqrt{3}\sin\alpha + v_2\cos\alpha;$

$v_2^2(\sqrt{3}\sin\alpha - \cos\alpha)^2 = 4v_2^2\sin^2\alpha + v_2^2$

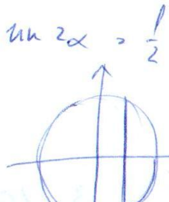
$3\sin^2\alpha - 2\sqrt{3}\cdot\sin\alpha\cdot\cos\alpha + \cos^2\alpha = 4\sin^2\alpha + 1$

$\cos^2\alpha - \sin^2\alpha - \sqrt{3}\cdot\sin 2\alpha = 1$

$\cos 2\alpha - \sqrt{3}\sin 2\alpha = 1$

$\cos\frac{\pi}{3}\cdot\cos 2\alpha - \sin\frac{\pi}{3}\cdot\sin 2\alpha = \frac{1}{2}$

$\cos\left(2\alpha + \frac{\pi}{3}\right) = \frac{1}{2}$



$2\alpha = 0$

$v_0^2 = v_1^2 + v_2^2$

$v_2^2(3\sin^2\alpha + 2\sqrt{3}\sin\alpha\cos\alpha + \cos^2\alpha) = 4v_2^2\sin^2\alpha + v_2^2$

$\cos 2\alpha + \sqrt{3}\sin 2\alpha = 1$

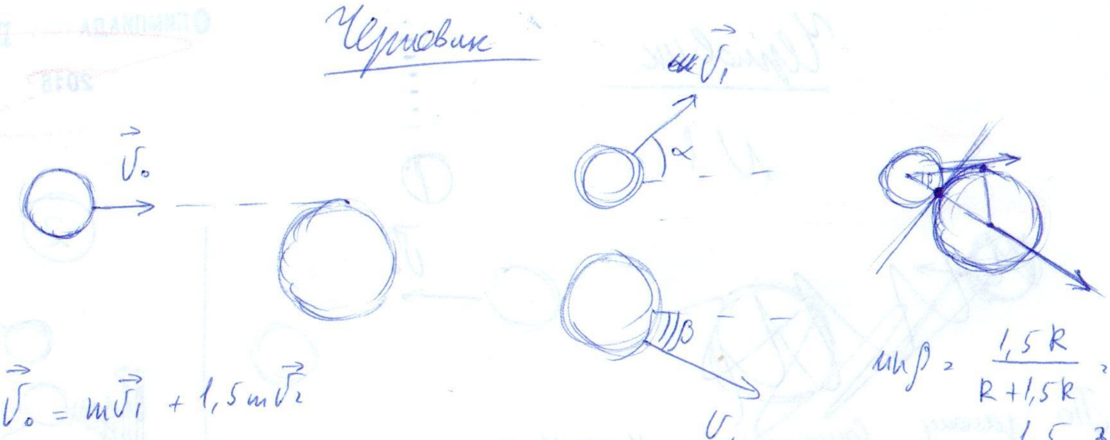
$\frac{1}{2}\cos 2\alpha + \frac{\sqrt{3}}{2}\sin 2\alpha = \frac{1}{2}$

$\cos\left(2\alpha - \frac{\pi}{3}\right) = \frac{1}{2}$

$\left[\begin{array}{l} 2\alpha - \frac{\pi}{3} = \frac{\pi}{3}, \\ 2\alpha - \frac{\pi}{3} = \frac{5\pi}{3}, \end{array}\right.$ $\left[\begin{array}{l} \alpha = \frac{\pi}{3} = 60°; \\ \alpha = \pi = 180°; \end{array}\right.$

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

Черновик



$$\sin\beta = \frac{1{,}5R}{R+1{,}5R} = \frac{1{,}5}{2{,}5} = \frac{3}{5}$$

$$m\vec{V_0} = m\vec{V_1} + 1{,}5m\vec{V_2}$$

$$\begin{cases} mV_0 = mV_1\cos\alpha + 1{,}5mV_2\cos\beta; \\ mV_1\sin\alpha = 1{,}5mV_2\cos\beta; \end{cases}$$

$$\begin{cases} V_0 = V_1\cos\alpha + \frac{3}{2}V_2\cos\beta; \\ V_1\sin\alpha = \frac{3}{2}V_2\sin\beta; \end{cases}$$

$$\cos\beta = \sqrt{1-\frac{9}{25}} = \frac{4}{5}$$

$$\frac{mV_0^2}{2} = \frac{mV_1^2}{2} + \frac{1{,}5mV_2^2}{2}$$

$$V_0^2 = V_1^2 + \frac{3}{2}V_2^2 \Rightarrow (V_0-V_1)(V_0+V_1) = \frac{3}{2}V_2^2$$

$$\cancel{V_1^2\cos^2\alpha + 3V_1V_2\cos\alpha\cos\beta + \frac{9}{4}V_2^2\cos^2\beta = \frac{9}{4}V_1^2\frac{\sin^2\beta}{\sin^2\alpha} + \frac{3}{2}V_2^2}$$

$$\cancel{V_0 = V_1\cos\alpha + \frac{V_1\sin\alpha}{\sin\beta}\cos\beta;}$$

$$\begin{cases} V_0 = V_1\cdot\cos\alpha + \frac{3}{2}V_2\cdot\frac{4}{5}; \\ V_1\cdot\sin\alpha = \frac{3}{2}V_2\cdot\frac{3}{5}; \end{cases}$$

$$\begin{cases} V_2 = \frac{10}{9}V_1\sin\alpha; \\ V_0 = V_1\cdot\cos\alpha + \frac{6}{5}\cdot\frac{10}{9}\cdot V_1\sin\alpha; \end{cases}$$

$$\begin{cases} V_2 = \frac{10}{9}V_1\sin\alpha; \\ V_0 = V_1\cdot\cos\alpha + \frac{4}{3}V_1\sin\alpha; \end{cases}$$

$$V_1^2\left(\cos^2\alpha + \frac{16}{9}\sin^2\alpha + \frac{8}{3}\sin\alpha\cos\alpha\right) = V_1^2\left(1 + \frac{3}{2}\cdot\frac{100}{81}\sin^2\alpha\right)$$

$$\cos^2\alpha + \frac{16}{9}\sin^2\alpha + \frac{4}{3}\sin 2\alpha = 1 + \frac{50}{27}\sin^2\alpha$$

$$27\cos^2\alpha + 48\sin^2\alpha + 36\sin 2\alpha = 27 + 50\sin^2\alpha$$

Черновик

$~~27\cos^2\alpha~~ - 2\sin^2\alpha + 72\sin\alpha\cdot\cos\alpha = 27\sin^2\alpha ~~+27\cos^2\alpha~~$

$72\sin\alpha\cos\alpha = 29\sin^2\alpha$

$72\cos\alpha = \frac{29}{\sin}\sin\alpha \Rightarrow tg\,\alpha = \frac{72}{29} \Rightarrow \alpha = arctg\frac{72}{29},$

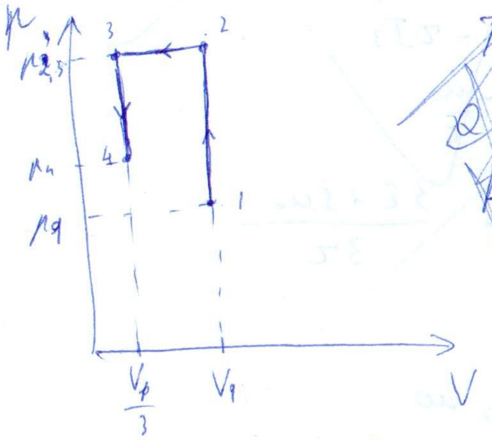
$\beta = \arcsin\frac{3}{5}$

№2

$p = const \Rightarrow A = A_0 + p\Delta V$

$u = u_0 + \frac{3}{2}\nu R\Delta T = \frac{3}{2}(p(V+\Delta V) - pV) + u_0 =$

$= u_0 + \frac{3}{2}\cdot p\Delta V = u_0 + \frac{3}{2}(A - A_0) = u_0 + \frac{3}{2}A - A_0$



$T_3 = 1{,}4T_1$

$Q = 0$

$\frac{p_1}{p_0} - ?$

$\nu RT_4 = p_4\cdot\frac{V_1}{3} = 1{,}2p_1V_1$

$p_4 = 3{,}6p_1$

$\frac{2V_1}{3}\cdot p_2 = \frac{3}{2}(p_2 - p_1)\cdot V_1 + \frac{3}{2}p_2\left(\frac{V_1}{3} - V_1\right) +$

$+ \frac{3}{2}\frac{V_1}{3}(3{,}6p_1 - p_2)$

$\frac{2}{3}p_2 = \frac{3}{2}p_2 - \frac{3}{2}p_1 + \frac{3}{2}\cdot\frac{2}{3}p_2 + \frac{1}{2}\cdot(3{,}6p_1 - p_2)$

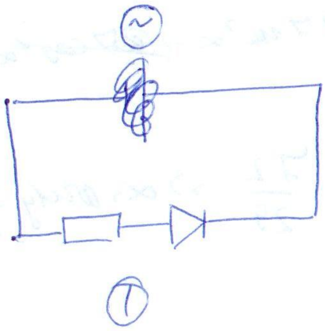
$\frac{2}{3}p_2 = 1{,}8p_1 - 1{,}5p_1 = 0{,}3p_1 = \frac{3}{10}p_1 \Rightarrow p_2 = \frac{3}{10}\cdot\frac{3}{2}p_1 = \frac{9}{20}p_1$

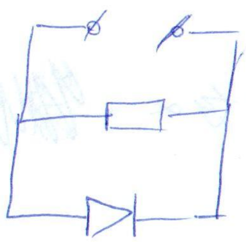
p_1 – min, p_4 – max

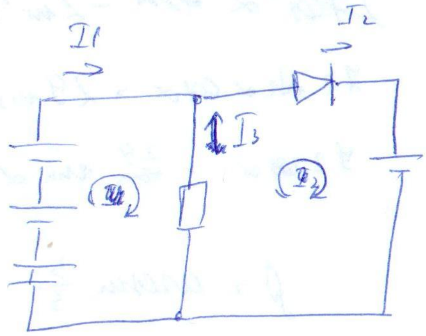
p_2

Черновик

№3







~~1) Пусть напряжение на диоде равно u_0~~

$$\begin{cases} 3\mathcal{E} - 3rI_1 = 2rI_3, \\ -\mathcal{E} + rI_2 = -2rI_3 + u_0; \\ I_1 = I_2 + I_3 \end{cases} \qquad \begin{cases} 3\mathcal{E} - 3r(I_2+I_3) = 2rI_3; \\ -\mathcal{E} + rI_2 = -2rI_3 + u_0; \\ I_1 = I_2 + I_3 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 3\mathcal{E} = 3rI_2 + 5rI_3, \\ \mathcal{E} = rI_2 + 2rI_3 + u_0; \end{cases}$$

$3rI_2 + 5rI_3 = 3rI_2 + 6rI_3 + u_0$

$u_0 = -rI_3;$

$I_3 = -\frac{u_0}{r}$

$$I_2 = \frac{\mathcal{E}}{r} - \frac{5I_3}{3} = \frac{\mathcal{E}}{r} + \frac{5}{3}\cdot\frac{u_0}{r} = \frac{3\mathcal{E}+5u_0}{3r}$$

~~$I_1 + I_3 =$~~

1) Если ток через диод не идет, то

$3\mathcal{E} - 3rI = 2rI \Rightarrow I = \frac{3\mathcal{E}}{5r}$

$P = I^2 R = \frac{9\mathcal{E}^2}{25r^2}\cdot 4r = \frac{36\mathcal{E}^2}{25r}$

2) Если ток идет через диод, то

$$\begin{cases} I_1 + I_3 = I_2; \\ 3\mathcal{E} - 3rI_1 = -2rI_3; \\ 2rI_3 + u_0 = -\mathcal{E} - rI_2; \end{cases} \qquad \begin{cases} I_1 + I_3 = I_2; \\ 3\mathcal{E} - 3rI_1 = -2rI_3; \\ \mathcal{E} = -rI_1 - rI_3 - 2rI_3 - u_0; \end{cases}$$

~~$I_2 = I_1 + I_3$~~

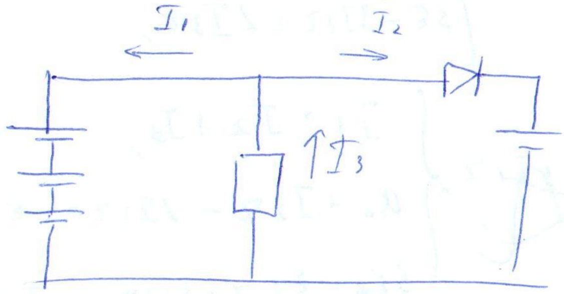
~~$3\mathcal{E} = r(3I_1 - 2I_3)$~~;

~~$3\mathcal{E} =$~~

Черновик

$$\begin{cases} \cancel{I_2 = I_1 + I_3;} \\ \cancel{3\mathcal{E} = 3rI_1 - 2rI_3 = -rI_1 - rI_3 - 2rI_3 - u_0;} \end{cases}$$

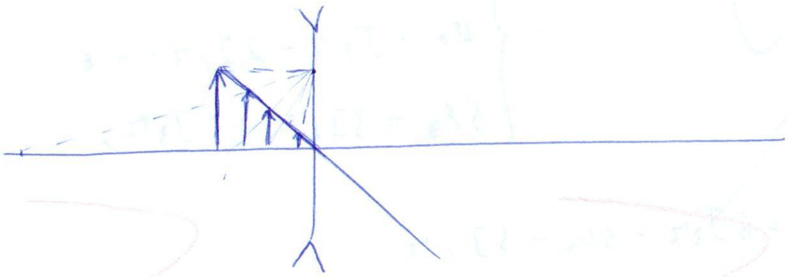
$$\cancel{4rI_1 = -rI_3 - u_0;}$$

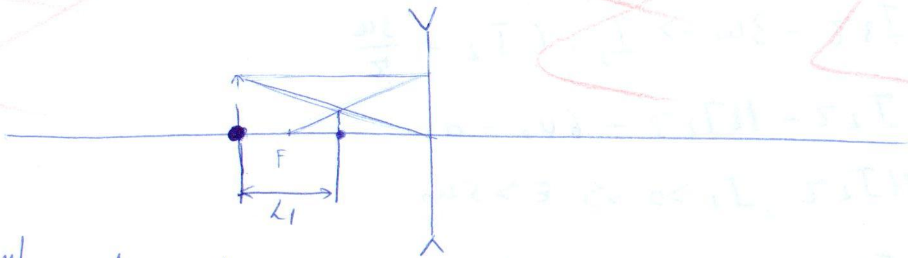


$$\begin{cases} I_3 = I_1 + I_2; \\ I_3 \cdot 2r + u_0 = -\mathcal{E} - I_2 r; \\ 2I_3 r = -3\mathcal{E} - 3I_1 r; \end{cases}$$

№ 4

$\Gamma > 1$





$$\frac{1}{a+L_1} - \frac{1}{a} = -\frac{1}{F} = D \qquad = (L_1 - L_2)\left(\frac{2L_2 - L_1 - L_2}{2L_1L_2(L_1+L_2)}\right) =$$

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

$$\frac{2}{a} = \frac{1}{a-L_2} + \frac{1}{a+L_1} \Rightarrow \frac{2}{a} = \frac{2a + L_1 - L_2}{a^2 + aL_1 - aL_2 - L_1L_2}$$

$$2a^2 + 2aL_1 - 2aL_2 - 2L_1L_2 = 2a^2 + L_1a - L_2a$$

$$2a(L_1 - L_2) - 2L_1L_2 = a(L_1 - L_2)$$

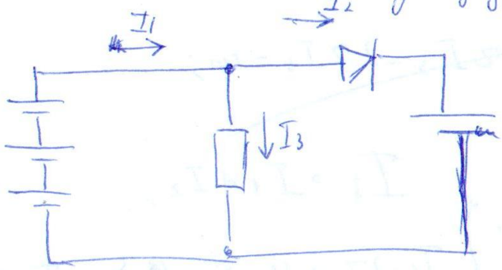
$$= (L_1 - L_2)\left(\frac{1}{L_1(L_1+L_2)} - \frac{1}{2L_1L_2}\right) =$$

$$a(L_1 - L_2) = 2L_1L_2$$

$$a = \frac{2L_1L_2}{L_1 - L_2} \Rightarrow D = \frac{1}{\frac{2L_1L_2}{L_1-L_2} + L_1} - \frac{L_1 - L_2}{2L_1L_2} = \frac{L_1 - L_2}{2L_1L_2 + L_1^2 - L_1L_2} - \frac{L_1 - L_2}{2L_1L_2} =$$

Чистовик

1) Если ток по диоду не идет, то $P = \frac{36\varepsilon^2}{25r}$



$$\begin{cases} I_1 = I_2 + I_3, \\ U_0 + I_2 r - 2I_3 r = -\varepsilon; \\ 3\varepsilon - 3I_1 r = 2I_3 r; \end{cases}$$

$$\cancel{\begin{cases} U_0 + 2I_2 r + \varepsilon = 2I_3 r = 3\varepsilon - 3I_1 r, \\ I_1 - I_2 = I_3; \end{cases}}$$

$$\cancel{\begin{cases} U_0 + 2I_2 r + 3I_1 r = 2\varepsilon; \\ I_1 - I_2 = I_3 \end{cases}}$$

$$\begin{cases} I_1 = I_2 + I_3, \\ U_0 + I_2 r - 2I_3 r = -\varepsilon, \\ 3\varepsilon - 3I_2 r - 3I_3 r = 2I_3 r; \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_1 = I_2 + I_3; \\ U_0 + I_2 r - 2I_3 r = -\varepsilon; \\ 3\varepsilon = 3I_2 r + 5I_3 r; \end{cases}$$

$$3\varepsilon = 3I_2 r + 5I_3 r = 6I_3 r - 3U_0 - 3I_2 r$$

$$6I_2 r = I_3 r - 3U_0 \Rightarrow I_3 = 6I_2 + \frac{3U_0}{r}$$

$$U_0 + \varepsilon + I_2 r - 12I_2 r - 6U_0 = 0$$

$$\varepsilon - 5U_0 = 11I_2 r, \quad I_2 > 0 \Rightarrow \varepsilon > 5U_0$$

$$I_2 = \frac{\varepsilon - 5U_0}{11r}, \quad I_3 = \frac{6\varepsilon - 30U_0}{11r} + \frac{3U_0}{r} = \frac{6\varepsilon + 3U_0}{r}$$

Тогда $P = I_3^2 R = \frac{3(2\varepsilon + U_0)^2}{r^2} \cdot 2r = \frac{6(2\varepsilon + U_0)^2}{r}$

$$30I_2 r + 15U_0 + 3\varepsilon - 15U_0 = 30I_2 r + 3\varepsilon$$

$$230\varepsilon - 5U_0$$

$$\frac{(2\varepsilon + U_0)^2}{121} = \frac{\varepsilon^2}{25}$$

$$55 \times 55 = 3025, \quad 25 \times 21 = 525$$

$$21\varepsilon^2 - 100\varepsilon U_0 - 25U_0^2 = 0;$$

$$100\varepsilon^2 + 100\varepsilon U_0 + 25U_0^2 = 121\varepsilon^2$$

$$D = 2500 + 525 = 3025 = (55)^2$$

$$\varepsilon = \frac{50 \pm 55}{21} = \frac{105}{21} = 5$$

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!