60-81-15-66
(178.3)

Олимпиада ПВГ
2016

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

+1 лист
+1 лист

Вариант 6

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников „Покори Воробьевы Горы"

по физике

Медведева Евгения Максимовича

фамилия, имя, отчество (в родительном падеже)

Дата
«22» марта 2016 года

Подпись участника

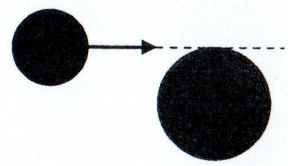
60-81-15-66
(178.3)

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:

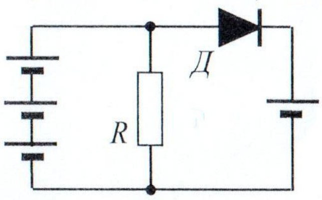
Вопрос: Как выглядит диаграмма изобарного процесса над одноатомным идеальным газом в координатах $A-U$ («совершенная газом работа – внутренняя энергия»), выходящая из точки (A_0, U_0)?

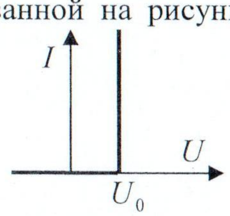
Задача: Давление одного моля одноатомного идеального газа изохорически изменили от начального до некоторого значения. Затем изобарически уменьшили объем газа в $n = 3$ раза. После этого газ изохорически перевели в конечное состояние. Зная, что температура газа в конечном состоянии в $k = 1{,}2$ раза 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:

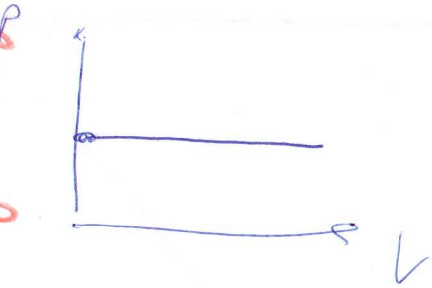
Вопрос: Чему может быть равно увеличение (отношение размера изображения к размеру предмета), даваемое тонкой рассеивающей линзой?

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).

60-81-15-66 (178.3)

	1	2	3	4	Σ
Т	5	5	5	5	
З	15	15	13	20	83

Оценка: 83 балла



$p = const$

$Q = \Delta U + A$

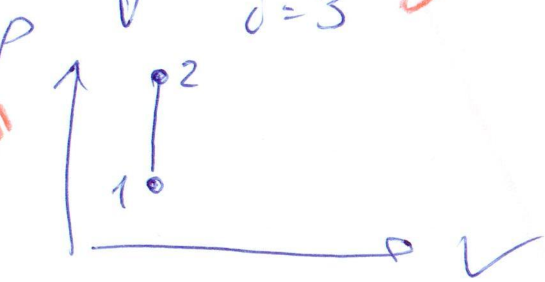
$\Delta U = \frac{i}{2}\nu R \Delta T$, $A = \nu R \Delta T$

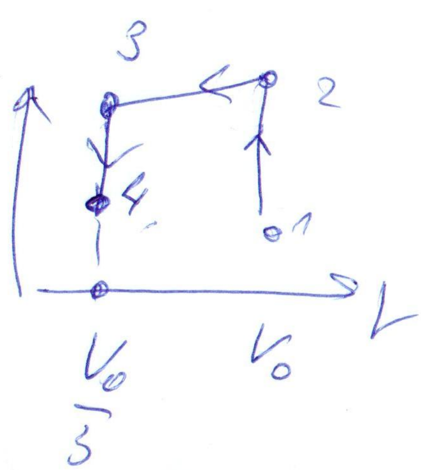
$dU = \frac{i}{2}\nu R \Delta T$

$dA = \nu R \Delta T$

ν

$i = 3$





$T_4 = K T_1$

$Q = 0$

$\Delta U = -A$

$\frac{P_{max}}{P_{min}}$

$\frac{i}{2}\nu R \Delta T = -A = P_2 \cdot \frac{2}{3} V_0$

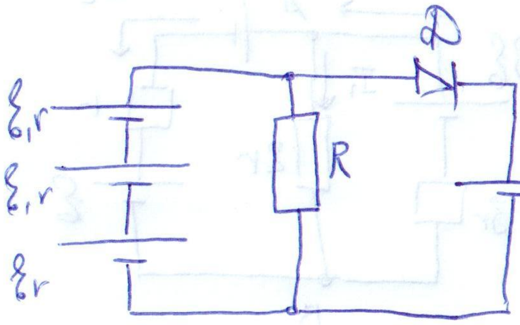
$\frac{P_2}{P_1} = ?$

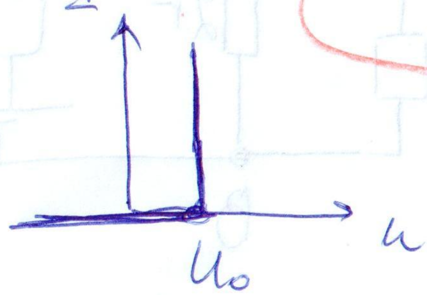
$\underbrace{\frac{i}{2}\nu R (K-1) \cdot T_1}_{\downarrow} = \ldots \frac{P_1 V_0}{\nu R}$

$\frac{i}{2} \frac{\nu R (K-1) P_1 \cancel{V_0}}{\nu R} = P_2 \cdot \frac{2}{3} \cancel{V_0}$

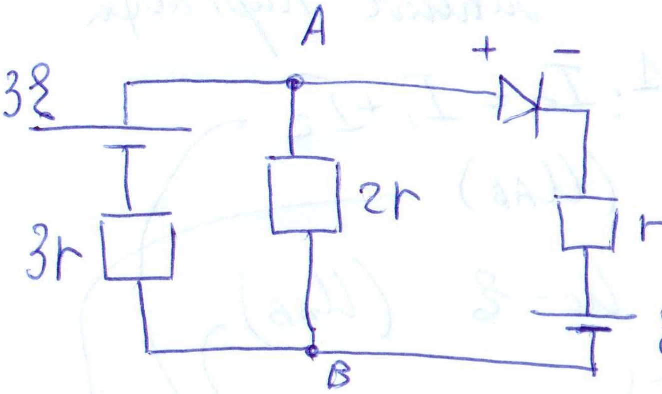
Чистовик

N 3 задача



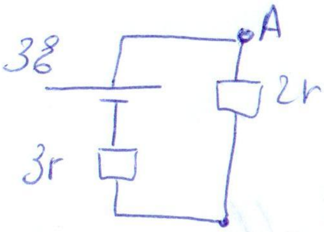


|||



рассмотрим 2 случая; D → открыт, → закрыт

① D закрыт ;



$$3\mathcal{E} = 5Ir \rightarrow I = \frac{3}{5}\frac{\mathcal{E}}{r}$$

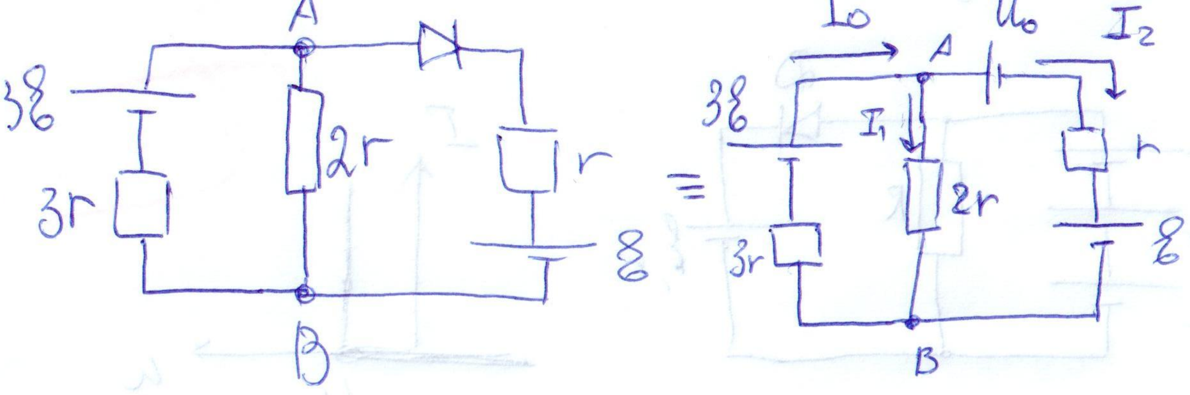
$$\cancel{\varphi_A - \varphi_B <}$$

$$\varphi_A - \varphi_B = -U_D - \mathcal{E}$$

$$U_{AB} = I \cdot 2r = \frac{6}{5}\mathcal{E}$$

$$N_R = I^2 R = I^2 \cdot 2r = \frac{18}{25}\mathcal{E}^2/r$$

② Д открыт   продолж. №4



$N_R = I_1^2 \cdot 2r$ Законы Киргхофа

1. $I_0 = I_1 + I_2$

2. $3\mathcal{E} - I_0 \cdot 3r = I_1 \cdot 2r$ (U_{AB})

3. $I_1 \cdot 2r = I_2 \cdot r - U_0 - \mathcal{E}$ (U_{AB})

$I_1 \cdot 2r = (I_0 - I_1) r - U_0 - \mathcal{E}$

$I_0 r = 3 I_1 r + U_0 + \mathcal{E}$

$3\mathcal{E} - 3(3 I_1 r + U_0 + \mathcal{E}) = I_1 \cdot 2r$

$3\mathcal{E} - 9 I_1 r - U_0 - \mathcal{E} = I_1 \cdot 2r$

$\cancel{2\mathcal{E} = U_0 + 11 I_1 r}$ $11 I_1 r = 2\mathcal{E} - U_0$

$I_1 = \dfrac{2\mathcal{E} - U_0}{11r}$

$N_R(\mathcal{E}) = \left(\dfrac{2\mathcal{E} - U_0}{11r}\right)^2 \cdot 2r$

продолжение №4

~~при $\mathcal{E} < \frac{1}{11} U_0$~~ +

$$N_R(\mathcal{E}) = \frac{18}{25}\frac{\mathcal{E}^2}{r}$$ когда Диод закрыт

~~при $\mathcal{E} > \frac{1}{11} U_0$~~

$$N_R(\mathcal{E}) = \left(\frac{2\mathcal{E}-U_0}{11r}\right)^2 \cdot 2r$$ когда Диод открыт

в крит случае

~~непонятен способ возник~~ ~~а если~~ ?

$$\frac{\cancel{18}^{\,9}}{25}\frac{\mathcal{E}^2}{\cancel{r}} = \left(\frac{2\mathcal{E}-U_0}{11}\right)^2 \cdot \frac{\cancel{2}}{\cancel{r}}$$

$$\pm\frac{33}{5}\mathcal{E} = 2\mathcal{E} - U_0 \qquad U_0 = 2\mathcal{E} \pm \frac{33}{5}\mathcal{E} =$$

$$= \frac{43}{5}\mathcal{E} \quad (U_0 > 0)$$

Ответ:

$$N_R(\mathcal{E}) = \frac{18}{25}\frac{\mathcal{E}^2}{r} \quad \text{при } \mathcal{E} < \frac{5}{43}U_0$$

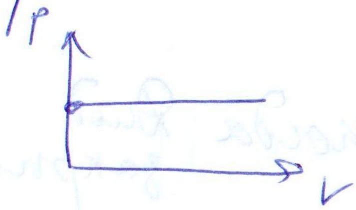
$$N_R(\mathcal{E}) = \left(\frac{2\mathcal{E}-U_0}{11}\right)^2 \cdot \frac{2}{r} \quad \text{при } \mathcal{E} > \frac{5}{43}U_0$$

понин 8
нп-е 5

13

№ 2

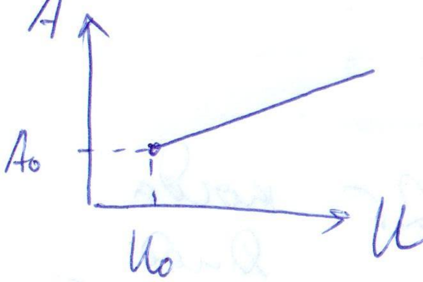
вопрос:



$P = const$

$dU = \frac{i}{2}\nu R\,dT$

$dA = P\,dV = \nu R\,dT$

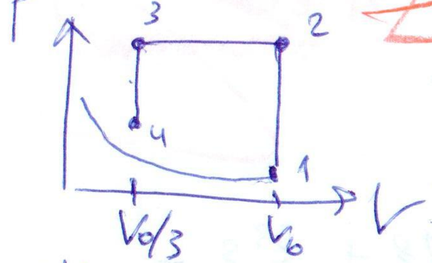


$A = \frac{2}{i}U = kU$

$k = const$

линейная зависимость +

задача



$T_4 = kT_1$

$Q = 0$

$\Delta U = -A$

$\frac{P_{max}}{P_{min}} = \frac{P_2}{P_1}$

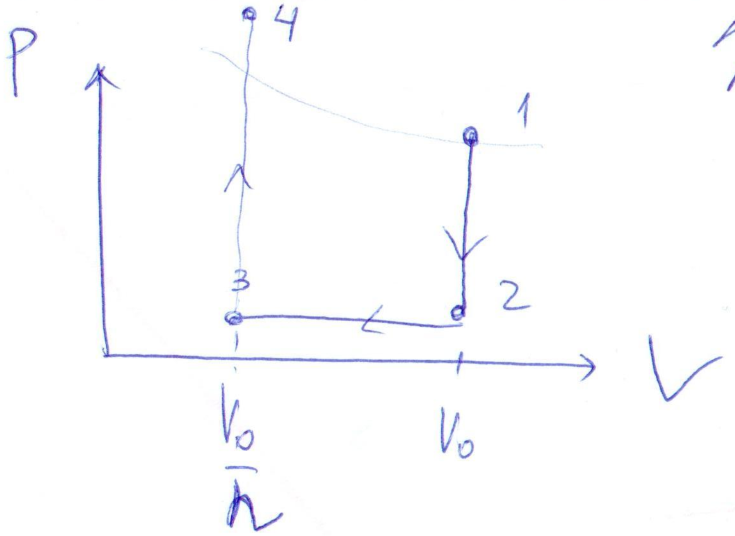
$\frac{i}{2}\nu R T_1(k-1) = P_2\cdot\frac{2}{3}V_0$

$T_1 = P_1 V_0/\nu R$

$\frac{i}{2}\cancel{\nu R}\cdot\frac{P_1\cancel{V_0}}{\cancel{\nu R}}(k-1) = P_2\cdot\frac{2}{3}\cancel{V_0}$

график не такой

$\frac{P_2}{P_1} = \frac{i}{2}\cdot\frac{3}{2}(k-1) = \frac{9}{4}\cdot 0{,}2 = \frac{9}{4}\cdot\frac{2}{10} = \frac{9}{20}$ +



продолжение
№4
Чистовик

$$\frac{P_4}{P_3} = \frac{P_{max}}{P_{min}}$$

$$\frac{2}{3} P_3 V_0 = (k-1) T_1 \nu R$$

$$P_1 V_0 = \nu R T_1 \qquad \frac{P_1 V_0}{\nu R} = \frac{T_4}{k} =$$

$$\frac{2}{3} \cdot \qquad = \frac{P_4 V_0}{3 \nu R} \; ?$$

?

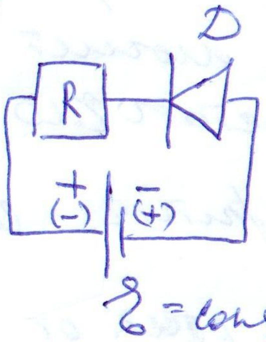
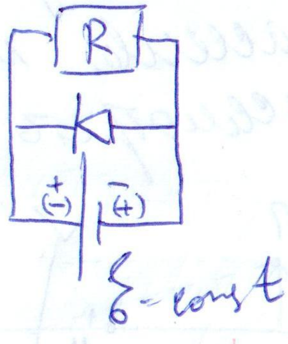
$$\frac{P_4}{P_3} = \frac{2}{0{,}2} = 10 \; \ominus$$

$\pm$

Ответ: 10

N3

вопрос:

I  и II 

рассмотрим случаи I и II с разными вариантами направл. $\mathcal{E}$

I случай, $+\mathcal{E}$ вправо напр.: D открыт

I случай, $+\mathcal{E}$ напр. влево: $Q_R = N_R \cdot t = I^2 R t$

D закрыт $\left(\frac{\mathcal{E}^2}{R} t\right)$

$Q_R = 0$

II случай, $+\mathcal{E}$ вправо: весь ток через открытый диод

II случай, $+\mathcal{E}$ влево.

так подключать нельзя ток $\to \infty$

D закрыт,

$Q_R = N_R \cdot t = I^2 R t \left(\frac{\mathcal{E}^2}{R} t\right)$

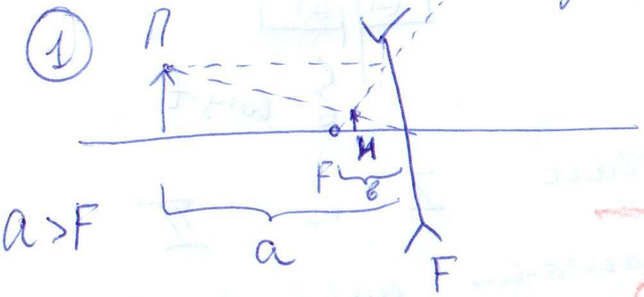
Тепло в обоих случаях одинаково

5

Чистовик

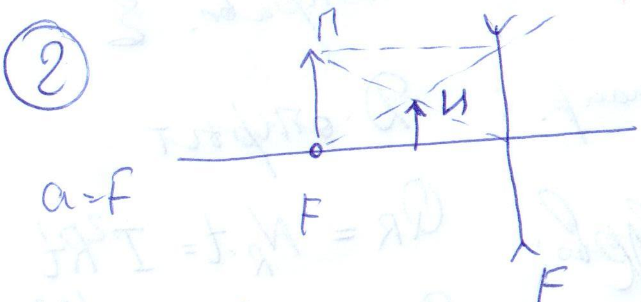
№ 4

вопрос: чтобы понять, какие увеличения может давать рассеив. линза достаточно рассмотреть пару критич. случаев

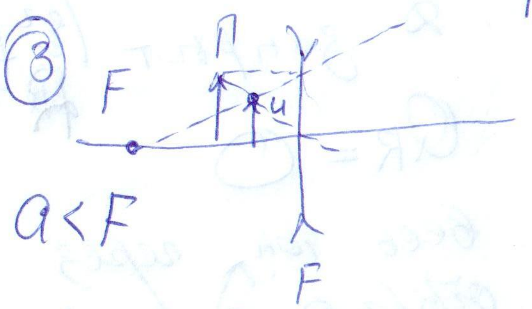


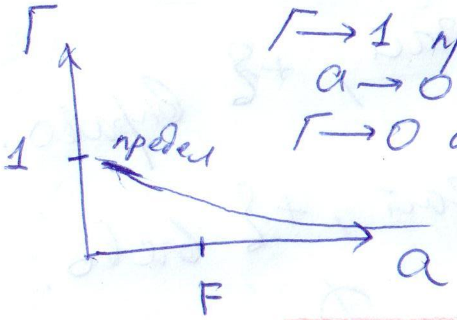
а – расст. от Предмета до линзы

в – расст. от Изобр до линзы



Несложно понять, что Г всегда < 1 (изобр. уменьш.)

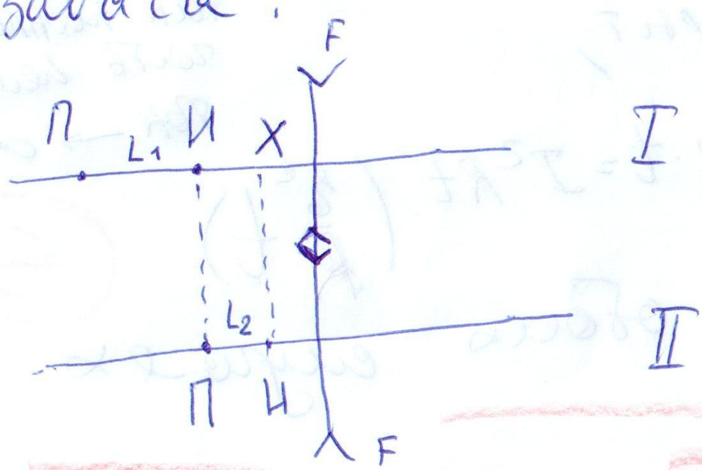




$\Gamma \to 1$ при $a \to 0$

$\Gamma \to 0$ $a \to \infty$

задача:



(F<0)

найти D

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

60-81-15-66
(178,3)

продолжение № ~~4~~ А где нетеля!

ОЛИМПИАДА ПВГ 2016

Запишем ур-я тонкой линзы для случаев I и II, считая, что $F<0$

$$\begin{cases} \frac{1}{F} = \frac{1}{x+L_1} - \frac{1}{x} \\ \frac{1}{F} = \frac{1}{x} - \frac{1}{x-L_2} \end{cases}$$

пусть x - расстояние от Изобр. до Линзы в I случае

$$\frac{1}{x} - \frac{1}{x-L_2} = \frac{1}{x+L_1} - \frac{1}{x}$$

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

$$2(x^2 - L_2x + L_1x - L_2L_1) = 2x^2 - L_2x + L_1x$$

$$2(L_1x - L_2x) - 2L_2L_1 = (L_1x - L_2x)$$

$$\cancel{L_1x} \quad (L_1 - L_2)x = 2L_2L_1$$

$$x = \frac{2L_2L_1}{L_1 - L_2}$$

$L_1 > L_2$ всегда (смотри график $\Gamma(a)$ с рисунка)

С увеличением a увеличивается расстояние от Предмета до изображения

продолжение №4

восп. ф-ой тонкой линзы для любого случая

$$D = \frac{1}{F} = \frac{1}{x+L_1} - \frac{1}{x} = \frac{x-L_1-x}{x(x+L_1)} =$$

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

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

$$= -\frac{(L_1-L_2)^2}{2L_2(L_1^2+L_1L_2)} = -\frac{(L_1-L_2)^2}{2L_2L_1(L_1+L_2)}$$

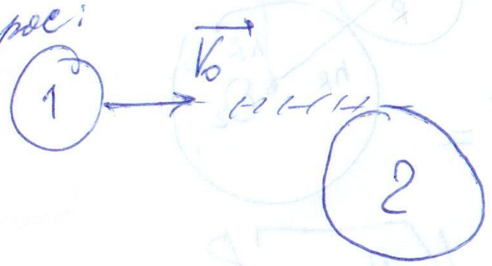
Ответ: $\Gamma \in (0;1)$

$$D = -\frac{(L_1-L_2)^2}{2L_2L_1(L_1+L_2)} < 0$$

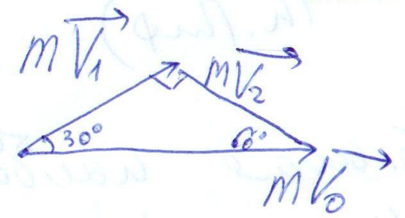
20

Задача 1 Чистовик

вопрос:



ЗСИ в векторном виде



(шайбы одинаковые)

V_0 – нач. скор V_1, V_2 – скорости шайб 1 и 2 после удара

$V_1^2 + V_0^2 - 2V_1V_0\cdot\cos 30^\circ = V_2^2$

ЗСЭ (умнож. на 2 и сокращённое на m) $V_0^2 = V_1^2 + V_2^2$ из ЗСЭ если удар АУ

$\cancel{V_1^2} + V_1^2 + V_2^2 - \cancel{2}V_1V_0\cdot\cos 30^\circ = V_2^2$

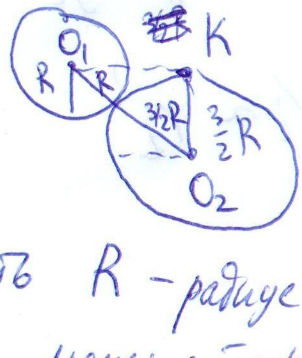
$V_1 = V_0\cos 30^\circ \Rightarrow \vec{V_2} \perp \vec{V_1}$ ($\vec{V_1}$ – проекция $\vec{V_0}$, $\vec{V_2}$ – высота к $\vec{V_1}$)

$\Rightarrow$ после удара $\vec{V_2}$ будет направлен под углом 60° к $\vec{V_0}$

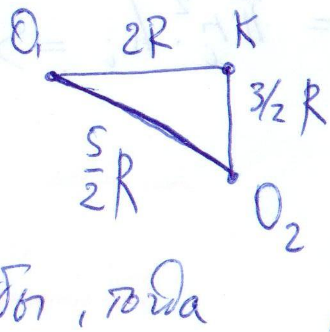
Ответ: шайба ~~повернется~~ поедет под углом 60° к начальному направлению движения первой шайбы.

(+)

задача:



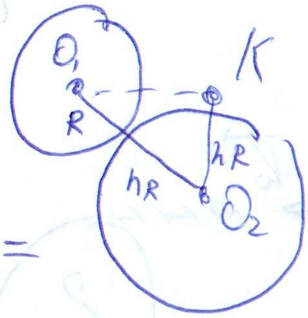
Добавим точки O_1, O_2, K (см. рис)



по Т. Пиф $O_1K = \frac{4}{2}R = 2R$

Пусть R – радиус меньшей шайбы, тогда nR – радиус большей

продолжение №1

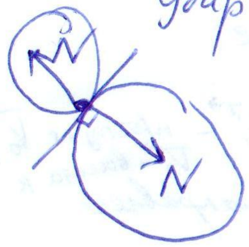


$O_1K = \sqrt{(n+1)^2 - n^2}\,R =$ (по Th. Пиф) $= \sqrt{2n+1}\,R$

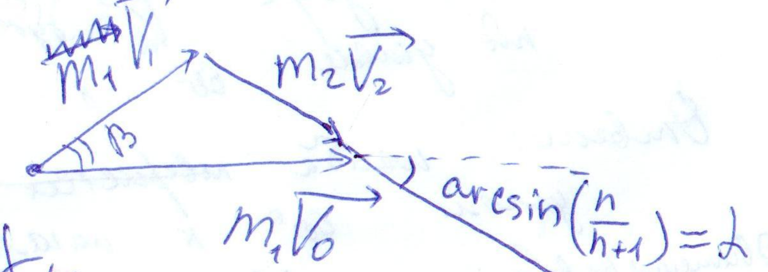
большая шайба полетит под углом ~~$\mathrm{arctg}\left(\frac{n}{n+1}\right)$~~ $\arcsin\left(\frac{n}{n+1}\right)$

т.к. в момент удара сила реакции направлена $\perp$ кас. к окр-тям в точке их касания.

удар:



ЗИ в векторном виде



найдем m_1 & m_2

$m_1 = \rho_1 \cdot V_1 \quad m_2 = \rho_2 V_2 \quad \rho_1 = \rho_2$

$V_i = S_i \cdot h_i = \pi r_i^2 \cdot h_i \Rightarrow V_i \sim r_i^2$

$\underline{m_2 = n^2 \cdot m_1}$

продолжение №1

ищем β (см. рис)

ЗСИ: ~~$m_1 V_0^2$~~

$$(m_1 V_0)^2 + (m_2 V_2)^2 - 2 m_1 m_2 V_0 V_2 \cdot \cos\alpha = (m_1 V_1)^2$$

сократим на m_1^2

$$\boxed{V_0^2 + n^4 V_2^2 - 2n^2 V_0 V_2 \cos\alpha = V_1^2}$$

ЗСЭ: домножим на 2

$$m_1 V_0^2 = m_1 V_1^2 + m_2 V_2^2$$

$$\boxed{V_0^2 = V_1^2 + n^2 V_2^2} \; (*)$$

$$\cancel{V_1^2} + n^2 V_2^{\cancel{2}} + n^4 V_2^{\cancel{2}} - 2n^2 V_0 \cancel{V_2} \cos\alpha = \cancel{V_1^2}$$

$$(n^2 + n^4) V_2 = 2n^2 V_0 \cos\alpha$$

$$V_2 = \frac{2}{1+n^2} V_0 \cos\alpha \quad \text{отсюда} \quad (и *)$$

$$V_1^2 = V_0^2 - n^2 V_2^2 = V_0^2 \left(1 - n^2 \cdot \frac{4\cos^2\alpha}{(1+n^2)^2}\right)$$

$$\cos^2\alpha = \frac{2n+1}{(n+1)^2}$$

(теор. косинусов)

$$(m_1 V_0)^2 + (m_1 V_1)^2 - 2 m_1 m_1 V_0 V_1 \cos\beta = (m_2 V_2)^2$$

$$\cos\beta = \left(2(m_1 V_1)^2 - m_2 V_2^2\right) / 2m_1^2 V_0 V_1$$

продолжение №1

$$\cos\beta = \frac{2\left(1-n^2\frac{4\cos^2\alpha}{(1+n^2)^2}\right)-n^2\frac{4\cos^2\alpha}{(1+n^2)^2}}{2\sqrt{1-n^2\frac{4\cos^2\alpha}{(1+n^2)^2}}}$$

где $\cos^2\alpha = \frac{2n+1}{(n+1)^2}$

отсюда можно найти β

$\alpha = \arcsin\frac{n}{n+1} = \arcsin\frac{3}{5}$

чтобы посчитать β:

$\cos^2\alpha = 16/25 \quad n = 3/2$

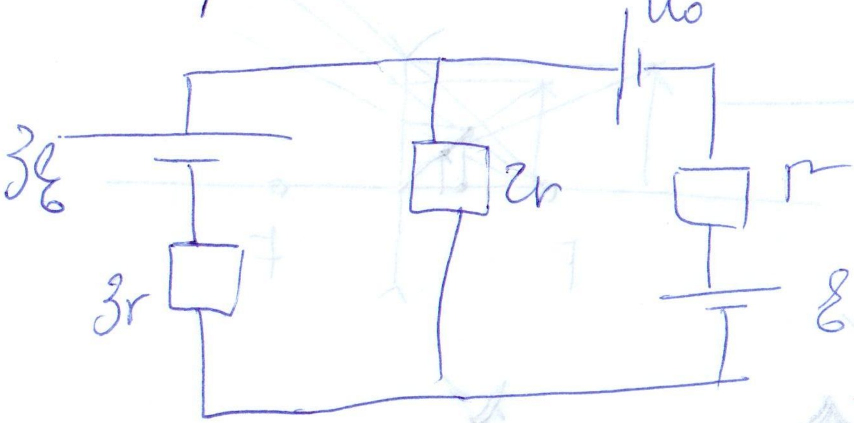
$(1+n^2) = 13/4$

Ответ: большая шайба отлетит под углом $\arcsin 3/4$?

меньшая под углом $\arccos\beta$ (надо посчитать)

±

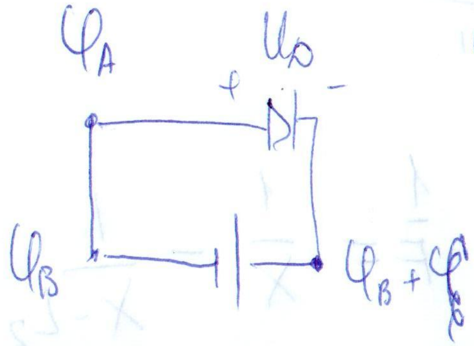
Черновик



$\mathcal{E} = U_0 \cdot \frac{5}{11}$

$\frac{18}{\cancel{25}} \cdot \frac{\cancel{5}^2}{11^2} =$

$\frac{6}{5}\frac{\mathcal{E}}{r} <$



$U_0 = \varphi_A - \varphi_B - \mathcal{E}$

$\cancel{\varphi_A < \varphi_B}$

$U_{AB} - \mathcal{E} < U_0$

$\frac{\mathcal{E}}{5} - 1 < U_0$

$U_0 > \frac{1}{5}\mathcal{E}$ $\quad \mathcal{E} < 5U_0$

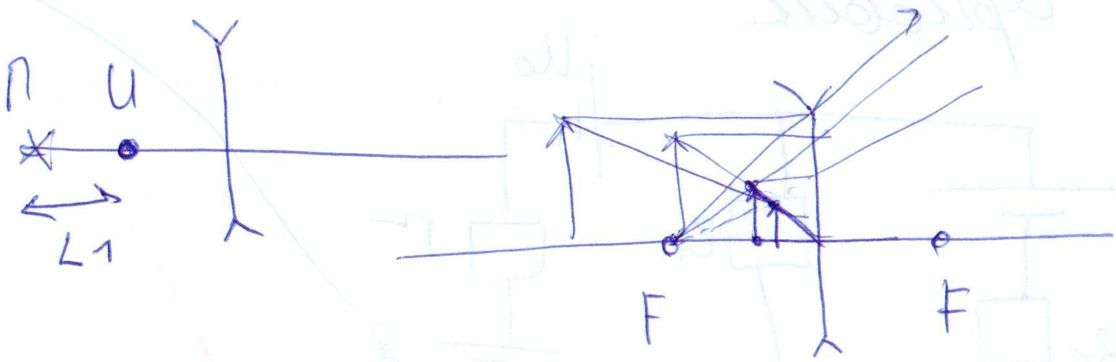
$\mathcal{E} = 5U_0$

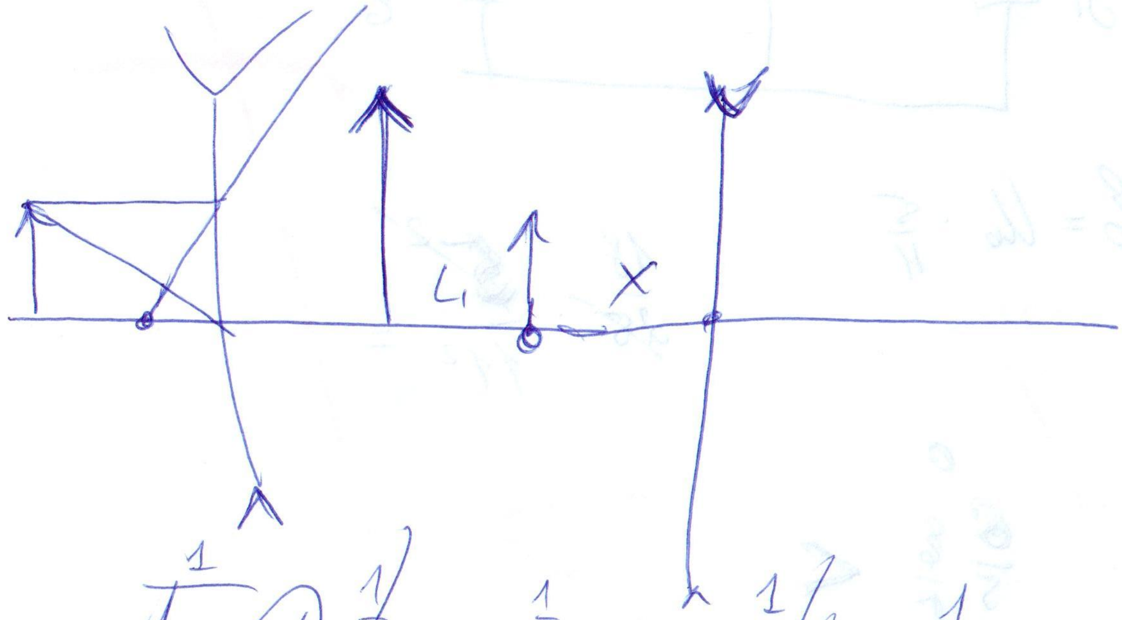
$\frac{18}{\cancel{25}} \cdot \cancel{25}$

$U_0 = \frac{1}{5}\mathcal{E}$

$\frac{\mathcal{E}}{1}$

$\left(\frac{2-\frac{1}{5}}{11}\right)^2 \cdot 2 \qquad \left(\frac{9}{5\cdot 11}\right)^2 \cdot 2$





$$\cancel{\frac{1}{X+L_1} + \frac{1}{X} - \frac{1}{F} = \frac{1}{X} + \frac{1}{X-L_2}}$$

$$\cancel{X - L_2 = X + L_1}$$

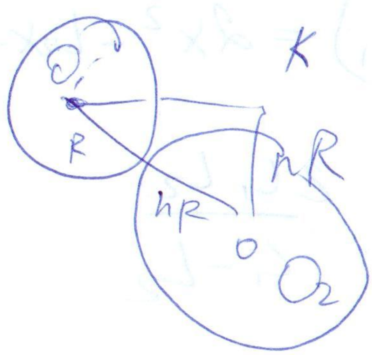
$$\frac{1}{X+L_1} - \frac{1}{X} = \frac{1}{F} = \frac{1}{X} - \frac{1}{X-L_2}$$

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

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

60-81-15-66
(178.3)

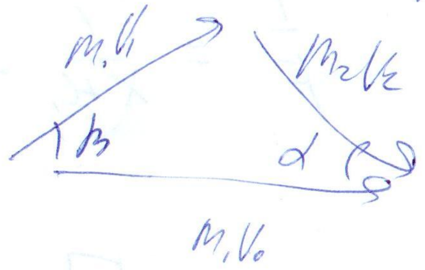
ОЛИМПИАДА ПВГ 2016



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

$\boxed{\cos\alpha = 4/5}$

V_1



$$m_1V_1\cos\beta + m_2V_2\cos\alpha = m_1V_0$$

$$V_1^2 = V_0^2 - n^2V_2^2 = V_0^2\left(1 - \frac{4n^2\cos^2\alpha}{(1+n^2)^2}\right)$$

$$\cos\beta = \frac{\left(2\left(1 - n^2\frac{4\cos^2\alpha}{(1+n^2)^2}\right) - n^2\cdot\frac{4\cos^2\alpha}{(1+n^2)^2}\right)}{2\cdot\sqrt{1 - n^2\frac{4\cos^2\alpha}{(1+n^2)^2}}}$$

$$\cos^2\alpha = \frac{16}{25}$$

$$n^2 = \frac{9}{4} \qquad 1+n^2 = \frac{13}{4}$$

$$\cos\beta = 2\left(1 - \frac{9}{4}\cdot\frac{4\cdot16\cdot4^2}{25\cdot13^2}\right) - \frac{9}{4}$$

$$2\ \frac{5^2\cdot13^2 - 3^2\cdot16^2}{5^2\cdot13^2}$$

$$5\cdot13 - 3\cdot16 = 65 - 30 - 24 = 11$$

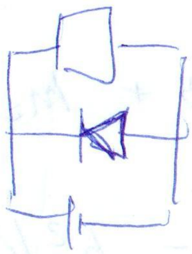
$2(x^2 - L_2x + L_1x - L_2L_1) = 2x^2 - L_2x + L_1x$

$\cancel{-(L_2x + L_1x)}$

$x = \frac{2L_1L_2}{L_1 - L_2}$

$\frac{1}{F} = \frac{1}{x+L_1} - \frac{1}{x}$

и

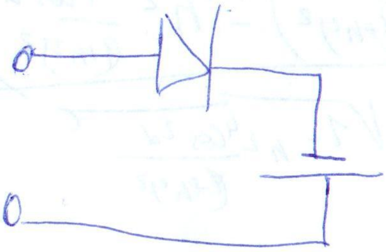


$\mathcal{E} = const$

$\frac{6}{5}$

$\frac{6}{5}\mathcal{E} = U_0 + \mathcal{E}$

$U_0 = \frac{1}{5}\mathcal{E}$



$\varphi_A - \varphi_B = U_D + \mathcal{E}$

$U_D = U_{AB} - \mathcal{E}$

$U_{AB} + \mathcal{E} < U_0$

$0 < \mathcal{E} < \frac{5}{11}U_0$

$N = \frac{18}{25}\frac{\mathcal{E}^2}{r}$ $\quad -\frac{3}{5}$

$U_D \geq 0$

$\frac{33}{5}\mathcal{E} = U_0 + 2\mathcal{E}$

9

$\frac{3}{5}\mathcal{E} = \frac{2\mathcal{E} - U_0}{11}$

$\left(\frac{2\mathcal{E} - U_0}{11}\right)^2 \cdot r = \frac{18}{25}\mathcal{E}^2$

$\frac{43}{5}\mathcal{E} = U_0$

$\cancel{\frac{33}{5}\mathcal{E} = 2\mathcal{E} - U_0}$ $\quad \cancel{U_0 = \frac{23}{5}\mathcal{E}}$

$\frac{33}{5}\mathcal{E} = U_0 - 2\mathcal{E}$

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

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

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ