0 089890 520003

08-98-90-52
(107.2)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 11

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Покори Воробьёвы Горы
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Сметанина Григория Александровича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата
«1» апреля 2023 года

Подпись участника

08-98-90-52 (107.2)

ЧЕРНОВИК

№2.

постоян. теплоемкость достигается при p-const; V-const или при $PV^{-k} = \text{const}$

$$\frac{C-C_p}{C-C_v}$$

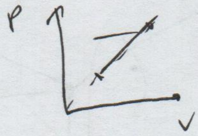
$$PV^{\alpha} = t$$

$$p = \frac{t}{V^{\alpha}} = aV^2 + bV + c$$

$$t \quad \cancel{t = aV^{2+\alpha} + bV^{1+\alpha} + cV^{-\alpha}}$$

выполн для $\forall V \Rightarrow$

$\alpha = -2; \quad PV^{-2} = \text{const}$



$p = kV$

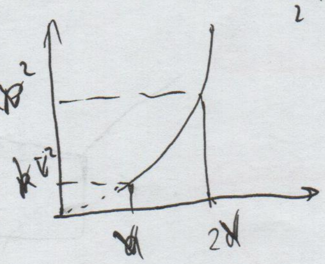
$p \cdot V^{-1} = k$

$C = \frac{C_p + C_v}{2}$

$$pV^{\frac{\frac{C_v - C_p}{2}}{\frac{-C_v + C_p}{2}}}$$

$\frac{i+2}{2} R$

$p = kV^2$



$$\int_{V}^{2V} kV^2 dV = k\frac{V^3}{3}\Big|_V^{2V} =$$

$$= k \cdot \frac{7}{3} V^3$$

$kV^3 = \nu RT$

$8kV^3 = \nu R(T + \Delta T)$

$\Delta T = \frac{7kV^3}{R}$

$$\frac{\frac{5}{2}(7kV^3) + \frac{7}{3}kV^3}{\frac{7kV^3}{R}} =$$

$$= R\left(\frac{5}{2} + \frac{1}{3}\right) = \frac{17}{6} R$$

$$\frac{\frac{17}{6} - \frac{5}{2}}{\frac{17}{6} - \frac{7}{2}} = \frac{\frac{2}{6}}{-\frac{4}{6}}$$

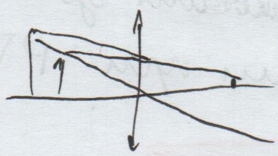
В	1	2	3	4
3	5	3	5	5
	6	15	14	13

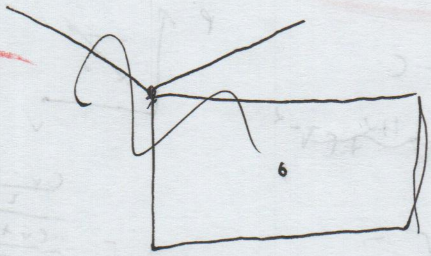
18

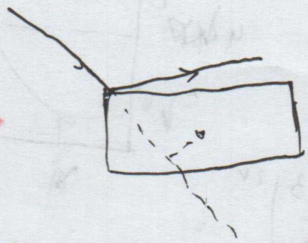
48

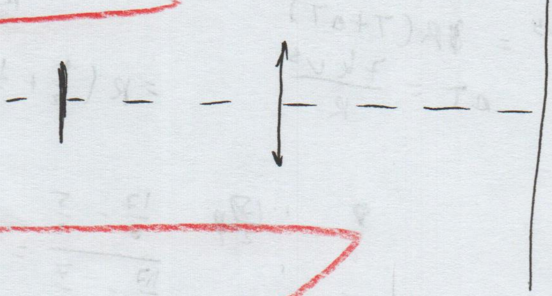
$\Sigma = 66$

Гребнев









08-98-90-52 (107.2)

чистовик

№2.

вопрос:) теплоемкость газа постоянна при $P=const$ или $V=const$ или $PV^{\frac{C-C_V}{C-C_P}}=const$ =>

если $P = aV^2 + bV + d$ ~~то~~ и теплоемкость процесса постоянна, то ~~$R = kV^{-\alpha}$~~ $\left(\frac{C-C_V}{C-C_P}=\alpha\right)$

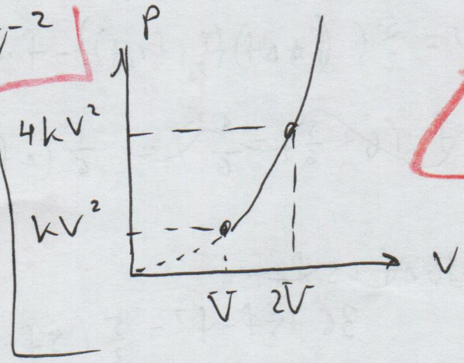
$P = k\cdot V^{-\alpha}$, где

a, b, k, d - константы.

$k\cdot V^{-\alpha} = aV^2+bV+d$; выполняется для всех V => $\alpha=-2$; $b=d=0$; $a=k$, т.е.

$\boxed{P=k\cdot V^2}$

Есть другой случай



$kV^3 = RT$

$8kV^3 = R(T+\Delta T)$

$A = \int_V^{2V} kV^2\,dV = \frac{V^3}{3}\Big|_V^{2V} = \frac{7}{3}V^3 k$

$Q = \frac{5}{2}(8kV^3 - kV^3)+A =$

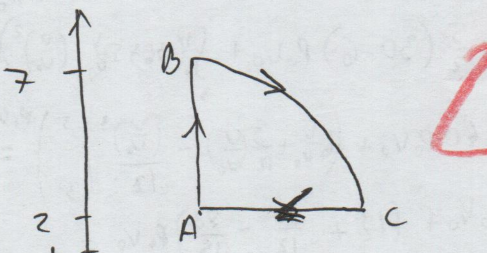
$= \frac{5}{2}\cdot 7kV^3 + \frac{7}{3}V^3 k$

$\Delta T = \frac{7kV^3}{R}$ => $C = \frac{Q}{\Delta T} = \frac{\frac{5}{2}+\frac{1}{3}}{\frac{1}{R}} = R\left(\frac{17}{6}\right) = \boxed{\frac{17}{6}R}$

Ответ: $\frac{17}{6}R$.

задача:

$\eta = \frac{A}{Q_{получ}}$



на участке AB газ получает тепло;
на участке CA газ отдает тепло. Найдем в какой точке BC газ перестает получать и начинает отдавать тепло.

№2

черновик

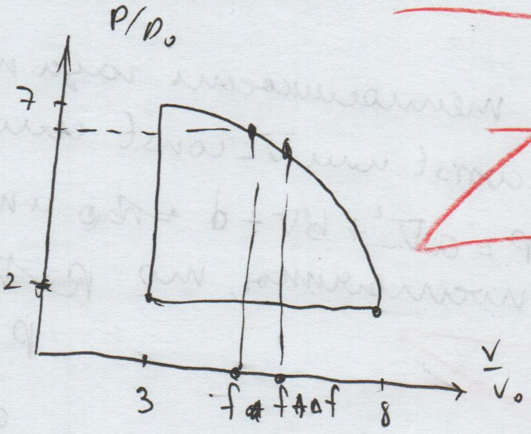
в точке с коорд

f по $0\frac{V}{V_0}$:

$\frac{P}{P_0} = \frac{1}{6}\left(36+5f-f^2\right)$

в точке $f+\Delta f$, где $\Delta f \ll f$

$\frac{P}{P_0} = \frac{1}{6}\left(36+5f+5\Delta f - f^2 - 2f\Delta f\right)$



пусть в A) f газ не получает и не отдает тепло:

$Q=0, \quad A=-\Delta U$

$A = \Delta f \cdot \frac{P}{P_0}(f)\cdot P_0 \cdot V_0$

$\Delta U = \frac{5}{2}\left(\left(f+\Delta f\right)\left(\frac{P}{P_0}(f+\Delta f)\right) - f\cdot \frac{P}{P_0}(f)\right)\cdot P_0 \cdot V_0$

$\cancel{\Delta f \cdot \left(6+\frac{5}{6}f-\frac{f^2}{6}\right)} = \frac{1}{6}\left(\Delta f\cdot\left(36+5f-f^2\right)\right) = \frac{1}{6}\cdot\frac{5}{2}\left(5f\Delta f - 2f^2\Delta f + 36\Delta f + 5f\Delta f - f^2\Delta f\right)$

Ошибка в знаке

ч

$\cancel{36\Delta f + 5f\Delta f =}$

$36+5f-f^2 = \frac{5}{2}\left(5f-2f^2+36+5f-f^2\right)$

$72+10f-2f^2 = 50f-15f^2+180$

$13f^2-40f-108=0$

$D = 1600+4\cdot108\cdot13 = 7216 \approx 85^2$

$f = \frac{40+85}{26} = \frac{125}{26} \Rightarrow$ до $\frac{V}{V_0} = \frac{125}{26}$ газ получает тепло

≈ 5

$108 \cdot 13 = 324 + 108 = 1404$; $175-45=80$; $125-27=98$; $1404\cdot 4 = 5616$; $+1600 = 7216$

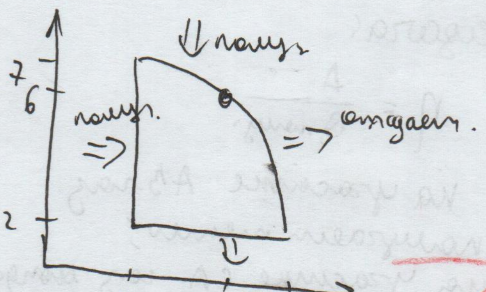
$\cancel{Q = \frac{5}{2}(...)P_0V_0+}$

$Q = \frac{5}{2}\left(30-6\right)P_0V_0 + \int_3^5 \frac{1}{6}\left(36+5\frac{V}{V_0}-\left(\frac{V}{V_0}\right)^2\right)d\frac{V}{V_0} \cdot P_0V_0 =$

$= 60P_0V_0 + \left(6\frac{V}{V_0}+\frac{5}{12}\left(\frac{V}{V_0}\right)^2 - \frac{\left(\frac{V}{V_0}\right)^3}{18}\right)\Bigg|_3^5 P_0V_0 =$

$= 60P_0V_0 + \left(12+\frac{80}{12}-\frac{98}{18}\right)P_0V_0 =$

$= P_0V_0\left(72+\frac{60}{9}-\frac{49}{9}\right) = \underline{P_0V_0\left(73\frac{2}{9}\right)}$



$A = \int_3^8 \frac{1}{6}\left(36+5\frac{V}{V_0}-\left(\frac{V}{V_0}\right)^2\right)d\frac{V}{V_0} \cdot P_0V_0 = 6\frac{V}{V_0}+\frac{5}{12}\left(\frac{V}{V_0}\right)^2 - \frac{\left(\frac{V}{V_0}\right)^3}{18}\Bigg|_3^8 \cdot P_0V_0 =$

$= 30 + \frac{5\cdot55}{12} - \frac{512}{18} + \frac{27}{18} = 30 + \frac{275}{12} - \frac{256}{9} + \frac{3}{2} = 52 + \frac{11}{12} - 28 - \frac{4}{9} + 1 + \frac{1}{2} =$

$= 25 + \frac{33-16+18}{36} = 25\frac{35}{36} \approx \underline{26P_0V_0}$

08-98-90-52
(107.2)

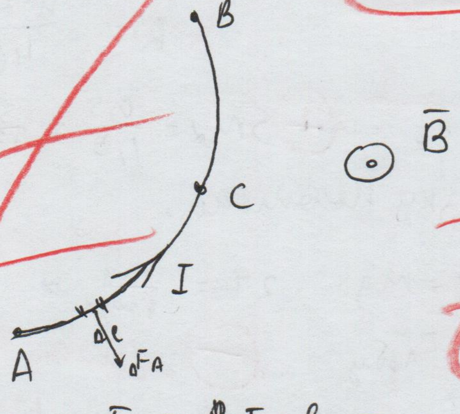
(чистовик)

№2

$\eta = \frac{A}{Q} = \frac{26}{73}$ Ответ: $\frac{26}{73}$.

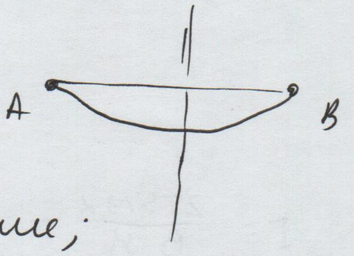
№3.

вопрос) допустим, по проводу, закреп. в точках A и B течет ток I. ~~На~~ в каждой точке провода ~~на~~ на него действует



сила Ампера, равная $\Delta F_A = BI\Delta l$ =>

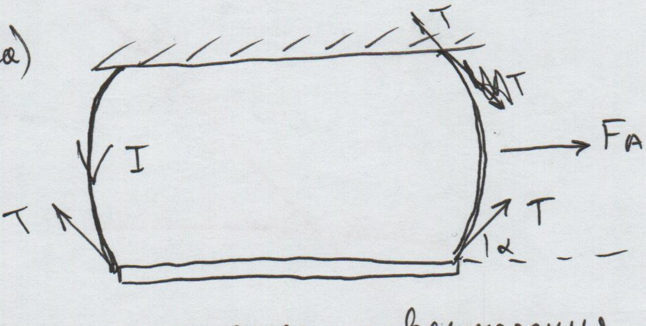
кривая, на которой лежит провод симметрична относительно серединного перп. к AB.

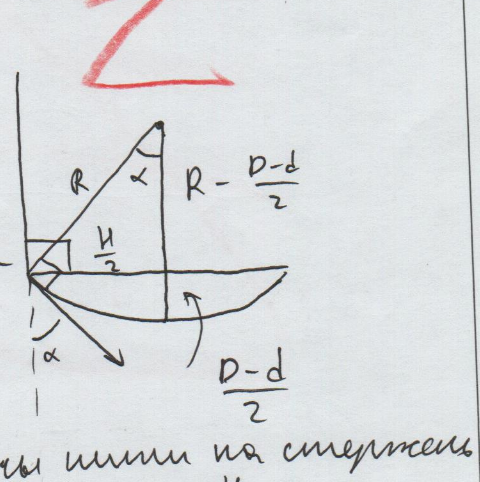


Отметим любую точку C на проводе и закрепим ее. провод не изменит свое положение, кривая CB также симметрична сама себе отн. сер. перпендикуляра к CB. => кривая AB имеет вид дуги (никакая другая кривая не обладает такими свойствами).

~~Ответ: дуга окружн~~. Ответ: дуга окружности.

задача)





из доказанного ранее утверждения следует, что вид кривой проводов - ~~...~~ дуги ок-ти.

Обозначим радиус ~~кривизны~~ этих ок-тей за R. Тогда если α — это угол между силой действ со стороны нити на стержень и этим стержнем, то $\sin\alpha = \frac{H/2}{R}$

$\boxed{\text{чистовик}}$

по Т Пифагора: $R^2 = \frac{H^2}{4} + \left(R - \frac{D-d}{2}\right)^2$

$$0 = \frac{H^2}{4} + \frac{(D-d)^2}{4} - 2R \cdot \frac{D-d}{2}$$

$$R = \frac{H^2 + (D-d)^2}{4(D-d)} = \frac{1+0{,}04}{4 \cdot 0{,}2} = \frac{0{,}52}{4 \cdot 0{,}1} = \frac{52}{40} = \frac{13}{10} \text{ м}$$

+ $\sin\alpha = \frac{0{,}5}{1{,}3} = \frac{5}{13} \Rightarrow \cos\alpha = \frac{12}{13};\ tg\alpha = \frac{5}{12}$

По II з-ну Ньютона:

$$\begin{cases} 2T \cdot \cos\alpha = mg \\ 2T\sin\alpha = F_{A\,общ} \end{cases} \qquad 2T = \frac{mg}{\cos\alpha}$$

− сила Ампера?

~~$F_{A\,общ}$ - проекция всех сил~~ $F_{A\,общ} = BI \cdot H$, т.к. вертикальная составляющая силы ампера равна нулю в силу симметричности провода, а горизонтальная складывается, по сумме проекций на вертикаль участков провода.

$$I = \frac{2T\sin\alpha}{B \cdot H} = \frac{mg\,tg\alpha}{B \cdot H} = \frac{0{,}8 \cdot 9{,}8 \cdot \frac{5}{12}}{3{,}5 \cdot 1} = \frac{8 \cdot 98 \cdot 5}{12 \cdot 350} = \frac{4 \cdot 98}{12 \cdot 35} =$$

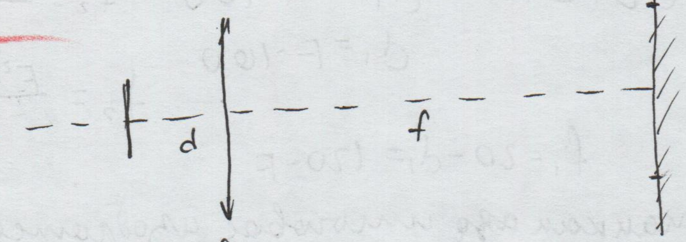
$$= \frac{98}{105} \text{ A} = \cancel{\frac{49}{15}}\ \frac{14}{15} \text{ A}$$

Ответ: $\frac{14}{15}$ A.

(ЧИСТОВИК)

№4.

Вопрос)



т.к. $\Gamma = \frac{8\text{ см}}{4\text{ см}} = 2$, то $\frac{f}{d} = 2$; где f - расст. от изобрет. до линзы;

d - расст. от предмета до линзы

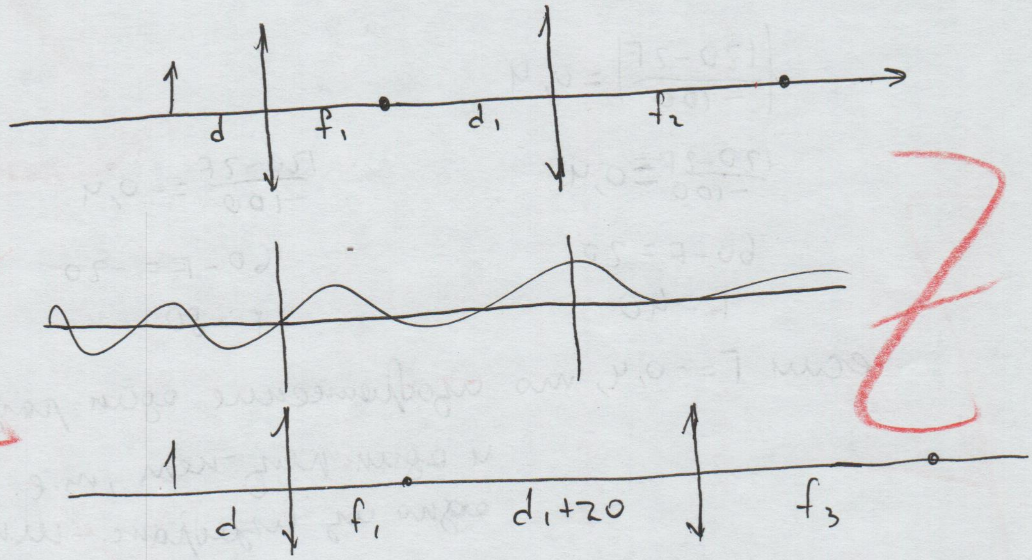
$\Rightarrow f = 2d$; $3d = 90$ см $\Rightarrow d = 30$ см

по формуле тонкой линзы:

$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$ $\quad F = \frac{df}{d+f} = \frac{2d^2}{3d} = \frac{2}{3}d = 20$ см

$D = \frac{1}{F} = 5$ дптр Ответ: 5 дптр.

ЗАДАЧА)



~~Обозначим за d расст.~~ введём ох вдоль ГОО системы от предмета к линзам.

Пусть d - расст. между предметом и 1-ой линзой - f_1 - между перв. линзой и 1-ым изобр.;
d_1 - между 1-ым изобр. и 2-ой линзой и f_2 - между 2-ой линзой и 2-ым изобр.

по ФТЛ:

$\frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{F}$ $\quad f_2 = \frac{d_1 F}{d_1 - F}$ $\quad \frac{\frac{f_2}{d_1}}{\frac{f_3}{d_1}} = \frac{0{,}4}{0{,}5}$

$\frac{1}{d_1+20} + \frac{1}{f_3} = \frac{1}{F}$ $\quad f_3 = \frac{(d_1+20)F}{d_1+20-F}$ $\quad \frac{d_1+20-F}{d_1-F} = \frac{0{,}4}{0{,}5} \Rightarrow$

ЧИСТОВИК

~~$d_2 - F = 120$~~ $d_1 - F = -100$ $f_2 = \frac{F^2 - 100F}{-100}$

$d_1 = F - 100$

$f_3 = \frac{F^2 - 80F}{-80}$

$f_1 = 20 - d_1 = 120 - F$

так как ~~в~~ итоговое изображение ~~как~~ перевернутое, то линзы собирающие

$\frac{1}{d} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F}$ $\Rightarrow F > 0$

$d = \frac{f_1 \cdot F}{f_1 - F} = \frac{(120-F)F}{120-2F}$

при этом

$\left|\frac{f_1}{d} \cdot \frac{f_2}{d_1}\right| = 0,4$

$\left|\frac{(120-F)(120-2F)}{(120-F)F} \cdot \frac{F(F-100)}{-100(F-100)}\right| = 0,4$

$\left|\frac{120-2F}{-100}\right| = 0,4$

$\frac{120-2F}{-100} = 0,4$ $\frac{120-2F}{-100} = -0,4$

$60 - F = 20$ $60 - F = -20$

$F = 40$ $F = 80$

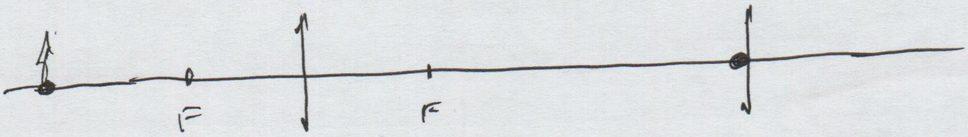
если $\Gamma = -0,4$, то изображение один раз перевернулось, и один раз - нет, т.е. одно из изображ. - мнимое, а другое - действит.

$d = \frac{80 \cdot 40}{40} = 80$ $d = \frac{80 \cdot 40}{-40} = -80$

$f_1 = 80$ $f_1 = 40$

$D = \frac{1}{0,4} = 2,5$ Дптр.

случай не подходит, т.к. $d < 0 \Rightarrow$ источник "мнимый", что противоречит условию.



т.к. $f_1 = 80$ см; $L_3 = 80$ см, то изображение создётся в центре второй линзы => $\Gamma_3 = 0$. ?

Ответ: $\Gamma_3 = 0$; $D = 2{,}5$ дптр. +

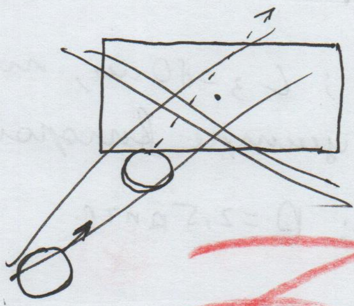
численный ответ D верен

аналитического ответа для D и Γ_3 нет

$\Gamma(L)$ не анализируется

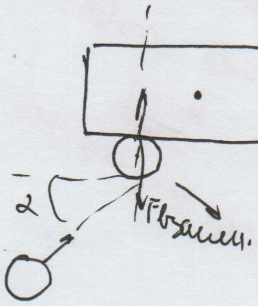
Чистовик

№1.



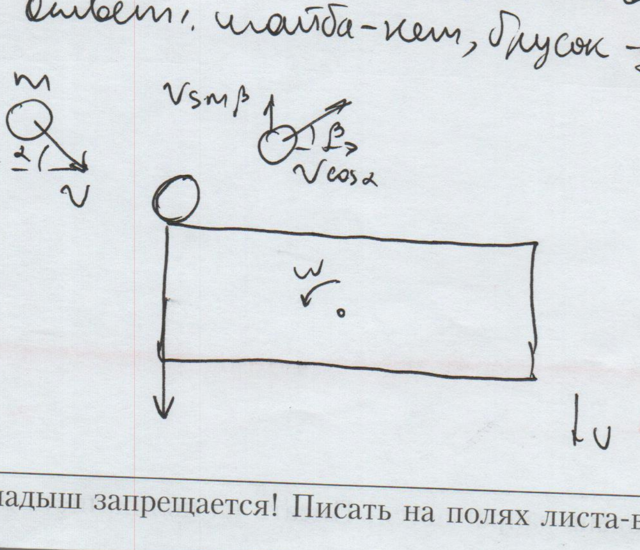
вопрос)

пусть на брусок летит шайба со скоростью v, под углом α к плоскости соударения



в момент соударения на шар со стороны бруска и на брусок со стороны шара действуют силы, перпендикулярные пл-ти соударения => горизонтальная составляющая скорости шайбы, т.е. $v\cos\alpha$ сохранится, а часть импульса по вертикали перейдет в ~~импульс вращ.~~ ~~вращат. энергию~~ импульс поступ. движения бруска и импульс его вращат. движения, т.к. сила взаимодействия имела ненулевой рычаг относительно центра масс бруска. Шайба при этом вращаться не будет., т.к. сила взаимодействия имеет нулевой рычаг относ. центра шайбы. ответ: шайба - нет, брусок - да.

задача)



Пусть масса шайбы = m

~~т.к. сил трения нет, по ЗСЭ:~~

$$\cancel{\frac{mV^2}{2} = \frac{m\left(V\frac{\cos\alpha}{\cos\beta}\right)^2}{2} + \frac{Mu^2}{2} + \frac{J\omega^2}{2}}$$

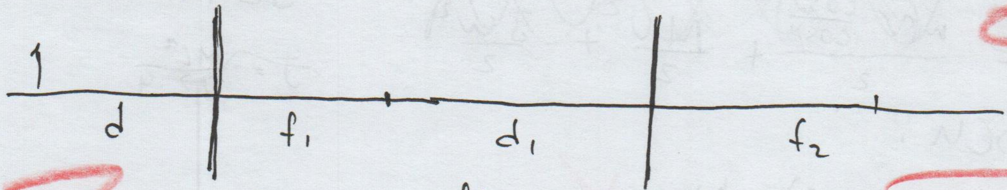
$$\cancel{J = \cancel{ML^2} M}$$

$$\cancel{J = \frac{ML^2}{12\cdot 4}}$$

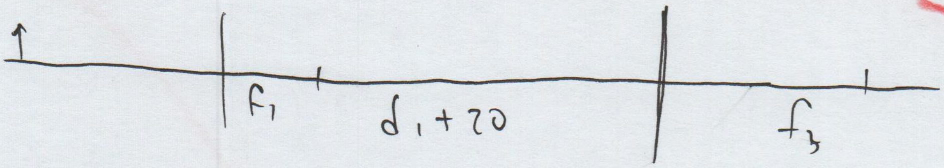
по ЗСИ:

$$mV(\sin\alpha + \sin\beta) = Mu$$

$\boxed{\text{ЧЕРНОВИК}}$



$f_1=20-d_1$ $\cancel{d_1=2-f_1}$



$$\frac{1}{d_1}+\frac{1}{f_2}=\frac{1}{F}$$

$$\frac{1}{d_1+20}+\frac{1}{f_3}=\frac{1}{F}$$

$$\frac{\frac{f_2}{d_1}}{\frac{f_3}{d_1+20}}=\frac{4}{5}$$

$$f_2=\frac{d_1 F}{d_1-F}$$

$$f_3=\frac{(d_1+20)F}{d_1+20-F}$$

$$\frac{\frac{F}{d_1-F}}{\frac{F}{d_1+20-F}}=\frac{4}{5}$$

$$\frac{d_1+20-F}{d_1-F}=\frac{4}{5}$$

$$5d_1-5F+100=4d_1-4F$$

$$d_1-F=-100$$

$$d_1=F-100$$

$$f_2=\frac{F^2-100F}{-100}$$

$$f_1=120-F$$

$$\frac{120-F}{d}\cdot\frac{F}{-100}=-\frac{2}{5}$$

$$120F-F^2=40d$$

$\cancel{d=3-\frac{F^2}{40}}$ $d=3F-\frac{F^2}{40}$