



0 607393 880006

60-73-93-88

(134.1)



**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени М.В.ЛОМОНОСОВА**

Вариант 11

Место проведения Тельманск  
город

+1 мес  
СМ

**ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА**

Олимпиада школьников Токари Воробьевы горы  
наименование олимпиады

по физике  
профиль олимпиады

Миннашметова Романа Айдаровича  
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

«01» апреля 2023 года

Подпись участника

Мин

60-73-93-88  
(134.1)

Вопрос: 1) Из уравнение политроны  $\Rightarrow pV^{\alpha} = \text{const}$  (1)  
 2) Из условие задачи:  $p \sim V^2 \Rightarrow \alpha = -2$

$p(V) = kV^2 + b$  (2) *др. вариант  $p \sim V^2$*

3) Из (1)  $\Rightarrow (0; 0) \in p(V) \Rightarrow b = 0 \Rightarrow$  условие ~~процесса~~ политроной теплоемкости при графике  $p(V)$  - парабола, тогда и только тогда, когда он пересекает начало координат

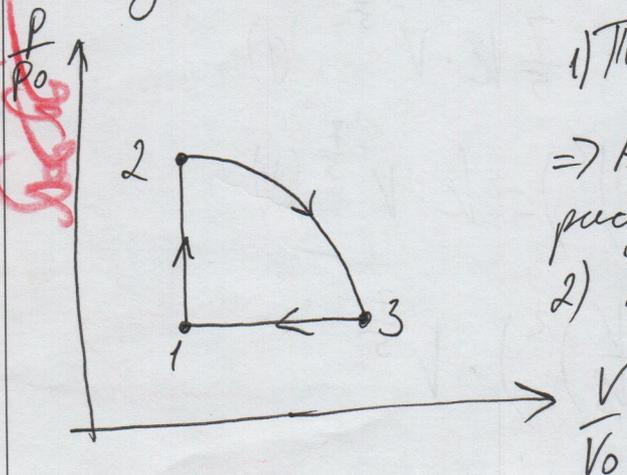
4) П.к.  $p \sim V^2 \Rightarrow \alpha = -2 \Rightarrow \alpha = \frac{C - C_p}{C - C_v}$

$C_p = \frac{7}{2}R$      $C_v = \frac{5}{2}R$

5)  $-2 = \frac{C - \frac{7}{2}R}{C - \frac{5}{2}R} \Rightarrow 5R - 2C = C - \frac{7}{2}R$

Ответ:  
 $C = \frac{17R}{2}$

Задача:



1) П.к. машина тепловая  $\Rightarrow \Rightarrow A_{cy} > 0 \Rightarrow$  направление, как на рисунке  
 2) Назовем точки, как показано на рисунке.

1

Пятница  
 1 2 3 4 5  
 5 6 7 8 9  
 10 11 12 13 14  
 15 16 17 18 19  
 20 21 22 23 24  
 25 26 27 28 29  
 30 31  
 53

3) По 1 и. термодинамики для 1-2:

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} \text{ м.к. } \Delta V = 0$$

м.к.  $p \uparrow \Rightarrow T \uparrow$  (изохорный процесс)  $\Rightarrow \Delta U_{12} > 0 \Rightarrow$

$$\Rightarrow Q_{12} > 0 \quad \downarrow$$

4) По 1 и. термодинамики для 2-3:

$$Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23} \text{ м.к. } p = \text{const (изобарный процесс)}$$

$V \downarrow \Rightarrow T \downarrow \Rightarrow \Delta U_{31} < 0$  и  $(\Delta V < 0) \Rightarrow A_{31} < 0 \Rightarrow$

$$\Rightarrow Q_{31} < 0 \quad \downarrow$$

5) Разобьем  $f(V) = p(V) = \frac{p_0}{6} \left( 36 + 5 \frac{V}{V_0} - \left( \frac{V}{V_0} \right)^2 \right)$

$g(V) = p(V) = k \cdot V^{-\frac{7}{5}}$  — уравнение адиабаты  $\Rightarrow$   
 $k$  — какое-то константа

$\Rightarrow$  с будут иметь знак  $+$  когда  $f(V)$  и  $g(V)$  касаются

6)  $\frac{df}{dV} = \frac{p_0}{6} \left( \frac{5}{V_0} - \frac{2V}{V_0^2} \right) \quad \Rightarrow f'(V) = g'(V)$

$$\frac{dg}{dV} = -\frac{7}{5} k \cdot V^{-\frac{12}{5}}$$

7)  $\begin{cases} \frac{p_0}{6} \left( \frac{5}{V_0} - \frac{2V}{V_0^2} \right) = -\frac{7}{5} k \cdot V^{-\frac{12}{5}} & (1) \end{cases}$

$\begin{cases} \frac{p_0}{6} \left( 36 + 5 \frac{V}{V_0} - \left( \frac{V}{V_0} \right)^2 \right) = k \cdot V^{-\frac{7}{5}} & (2) \end{cases}$

(2)  $k = \frac{p_0}{6} \left( 36 + 5 \frac{V}{V_0} - \left( \frac{V}{V_0} \right)^2 \right) \cdot V^{\frac{7}{5}}$

2) Подставим в (1):

$$\frac{\rho_0}{6} \left( \frac{5}{V_0} - 2 \frac{V}{V_0^2} \right) = - \frac{7}{5} \cdot V^{-\frac{12}{5}} \cdot \frac{\rho_0}{6} \left( 36 + 5 \frac{V}{V_0} - \left( \frac{V}{V_0} \right)^2 \right) \cdot V^{\frac{7}{5}}$$

$$\frac{5V}{V_0} - \frac{2V^2}{V_0^2} = - \frac{7}{5} \left( 36 + 5 \frac{V}{V_0} - \left( \frac{V}{V_0} \right)^2 \right) \cdot 1.5$$

Пусть  $\frac{V}{V_0} = a$

$$25a - 10a^2 = -252 - 35a + 7a^2$$

$$17a^2 - 60a - 252 = 0 \quad | :3$$

$$a^2 - 20a - 84 = 0$$

$$\frac{D}{4} = 100 + 4 \cdot 84 = 476 = 22^2$$

$$\left[ \begin{array}{l} a = 10 - 22 = -12 \text{ не подходит, т.к. } \frac{V}{V_0} > 0 \\ a = 10 + 22 = 32 \end{array} \right.$$

$$V = 32V_0$$

$$a = \frac{60 + \sqrt{3600 + 4 \cdot 252 \cdot 17}}{17 \cdot 2}$$

$$a = \frac{60 - \sqrt{3600 + 4 \cdot 252 \cdot 17}}{17 \cdot 2} \quad \text{—, т.к. } \frac{V}{V_0} > 0$$

$$a = \frac{30 + \sqrt{900 + 252 \cdot 17}}{17}$$

$$8) 3 \text{ V } a \text{ V } 8$$

$$3 \text{ V } a$$

$$51 \text{ V } 30 + \sqrt{900 + 252 \cdot 17}$$

$$21 \text{ V } \sqrt{900 + 252 \cdot 17}$$

$$\text{m.r. } \sqrt{900} = 30 \Rightarrow \sqrt{900 + 252 \cdot 17} > 30 > 21$$

$$a \text{ V } 8$$

$$30 + \sqrt{900 + 252 \cdot 17} \text{ V } 136$$

$$\sqrt{900 + 252 \cdot 17} \stackrel{\text{V}}{\approx} 106$$

$$252 \cdot 17 \text{ цифры большие } \approx 5000 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \sqrt{900 + 252 \cdot 17} < 106$$

$$9) \text{ при } V_2 = \frac{30 + \sqrt{900 + 252 \cdot 17}}{17} \text{ } V_0 \text{ уменьшается}$$

знак

$$10) \text{ до этой точки } dV > 0 \text{ и } dT \ll dV \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \delta A > 0 \quad dU_{\text{мало}} \ll \delta A \Rightarrow \delta Q > 0$$

Ответ: меньше

14) Ответ: на сл. мере

60-73-93-88  
(134.1)

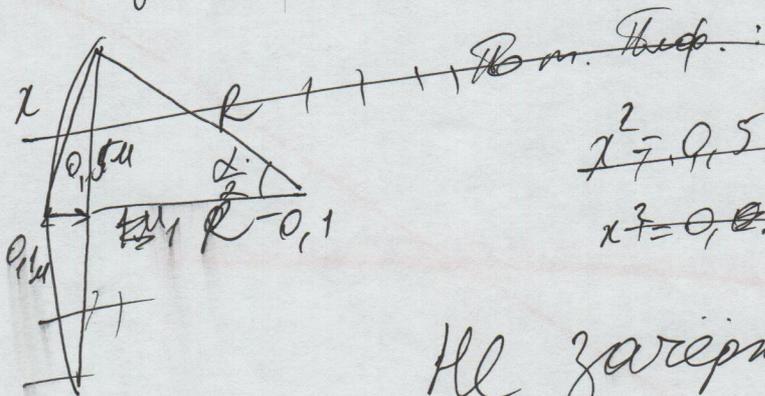
Если все  $d\vec{F}_A$  не складываются на одной  
в такой точке, то она равна уда-  
лена от всех точек провода, то най-  
дётся такая ось, что  $\sum M_T = 0$ , но  
суммарный момент сил Ампера не  
равен нулю, так как неравномерны течения.

$\Rightarrow$  из всего выше сказанного, м.к.  
все точки  $\notin$  провода равноудалены  
от какой-то точки в <sup>плоскости</sup> ~~пространстве~~  $\Rightarrow$   
 $\Rightarrow$  они образуют дугу окружности.

Задача:

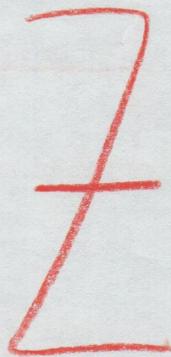
1) Как показано в вопросе: провода  
образуют дуги окружностей.

Найдём радиус окружности:



$$x^2 = 0,15^2 + 0,1^2$$

$$x^2 = 0,026$$



Не затеряно

2) Пусть стержень изначально был на  
высоте  $h$  от потолка  $\Rightarrow$  по 3.С.Э.:

$$mgh + \Phi I = 0 = mgh + \frac{\Phi I}{2}$$

12

3)  $\Phi = BS$

$S = \pi d + 2 \cdot S_{\text{сечение арки}}$

$S_{\text{сечение арки}} \approx \pi \cdot \frac{D-d}{2}$ , м.к. в этом месте  
 арки окружности по длине дуга к ~~отрезку~~

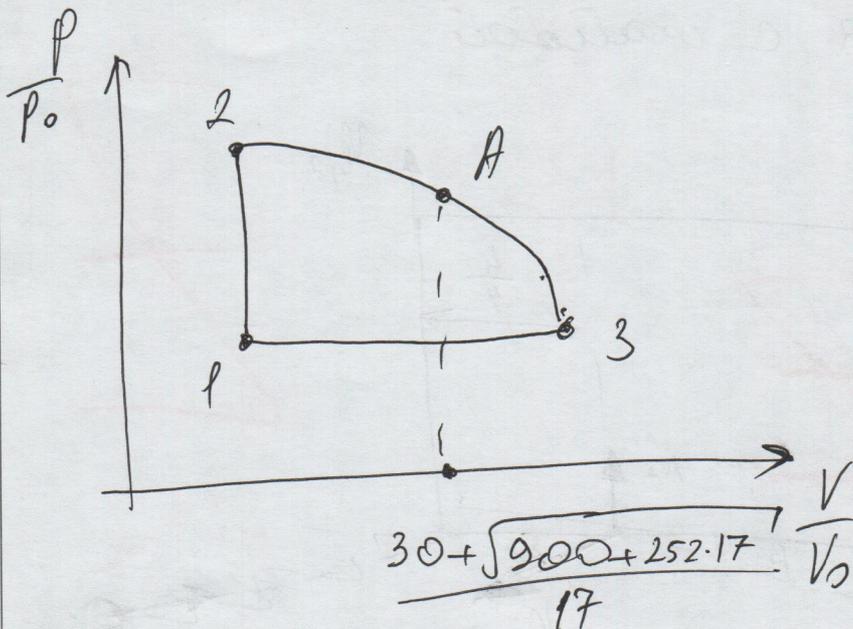
$\Rightarrow h \approx \sqrt{0,26}$  м

$\frac{\mu_0 (2h - \pi)}{B \cdot (\pi d + 2 \cdot \pi \frac{D-d}{2})} \approx I$

$I \approx \frac{0,8 \cdot 9,8 (\cancel{2} \cdot \sqrt{0,26} - \pi)}{3,5 \cdot (\pi \cdot 0,8 + 2 \cdot \pi \cdot 0,1)}$  А

Ответ:  ~~$I \approx \frac{0,8 \cdot 9,8 (\sqrt{0,26} - 1)}{3,5}$~~   
 $I \approx \frac{0,8 \cdot 9,8 (2 \cdot \sqrt{0,26} - 1)}{3,5}$  А

60-73-93-88  
(134.1)

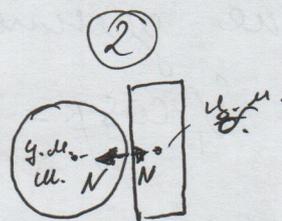
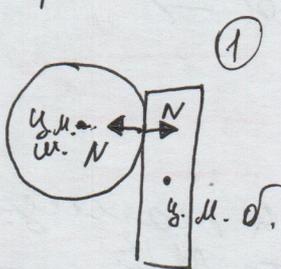


$Q_{12A} > 0$

$Q_{A31} < 0$

№ 1

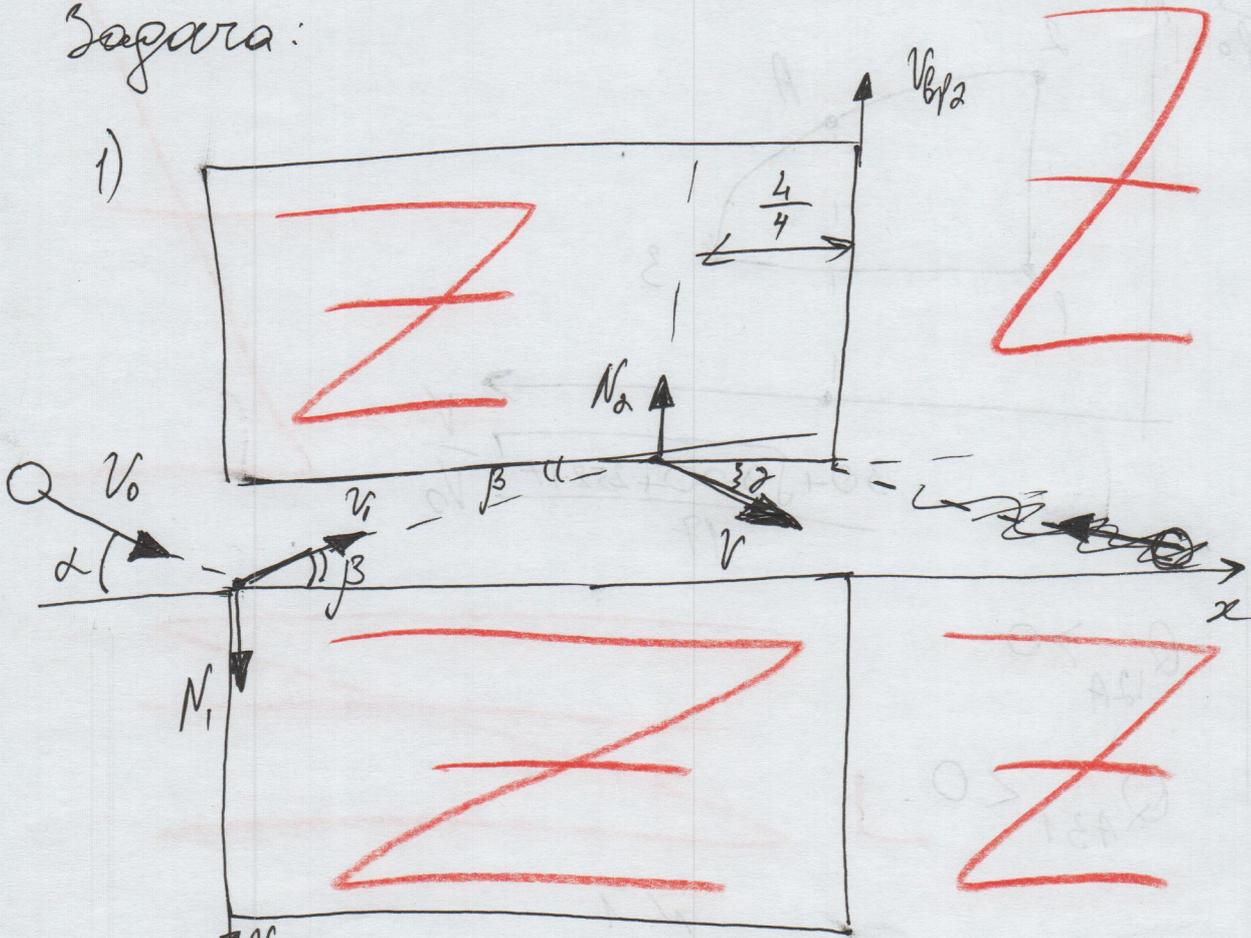
Вопрос: 1) так как  $F_{тр}$  нет  $\Rightarrow$  есть только реактивная сила, шиповка которой передается шайбе и дреску - нормальная сила реакции  
 2) т.к. шайба - цилиндр  $\Rightarrow$  нормальная сила реакции направлена к центру (см. рисунок 1)



3) Как показано на рисунке 1 наличие центральной момент силы  $N \Rightarrow$  будет вращаться, а на рисунке 2  $M(N) = 0 \Rightarrow$  не будет, то есть поведение дрески зависит от 5

ки контакта с шайбой.

Задача:



Пусть скорости будут такие, как обозначены на рисунке.

Углы равны по  $\beta$  т.к. контакт. левая

2) П.к. на  $Ox$   $\frac{l}{2}$  на шайбу не в одном случае не действуют швы  $\Rightarrow$ :

$$V_0 \cos \alpha = V_1 \cos \beta = V \cos \gamma$$

3) П.к. бруски однородные, а масса и преобретения мала  $\Rightarrow I = \frac{ML^2}{2}$ , а если однородные  $\Rightarrow I = \int \Delta m r^2 = \frac{ML^2}{2}$

4) Из уравнения моментов:  

$$\frac{N_1 l}{4} = \frac{ML^2}{2} \epsilon \quad \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{ML^2}{2} \dot{\epsilon}$$
 2 В. П. и.

16

4) Из уравнения моментов

$$N_1 \frac{L}{2} = \frac{ML^2}{2} \varepsilon_1$$

$$\frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{ML}{2} \frac{\Delta \omega}{\Delta t}$$

$$\Delta p = \frac{ML}{2} \cdot \frac{v_{cp1}}{L}$$

$$\Delta p = \frac{M v_{cp1}}{2}$$

$$m v_0 \sin \alpha - m v_p \sin \beta - m v_0 \sin \alpha = \frac{M v_{cp1}}{2}$$

( $N_1 = \frac{\Delta p}{\Delta t}$  23. н. в мн. ф).

5) Из уравнения моментов:

$$\frac{N_2 L}{4} = \frac{ML^2}{2} \varepsilon_2$$

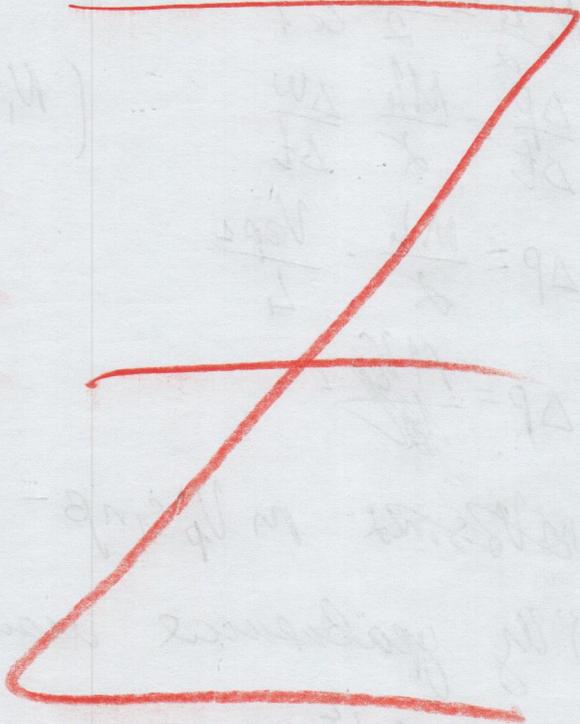
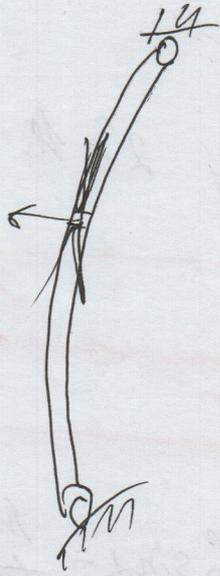
$$\frac{\Delta p_2}{\Delta t} \frac{L}{4} \frac{1}{2} = \frac{ML}{2} \frac{\Delta \omega_2}{\Delta t}$$

$$\Delta p_2 = 2M v_{cp2}$$

$$m v \sin \alpha - m v_1 \sin \beta = 2M v_{cp2}$$

ЗСЭ?

черновик



н. 4

Вопрос:

$$d+f=90 \text{ см}$$

$$\Gamma=2$$

$$\left\{ \begin{array}{l} d+f=90 \text{ см} \quad (1) \\ D=\frac{1}{d} + \frac{1}{f} \quad (2) \\ \Gamma=2 = \frac{f}{d} \quad (3) \end{array} \right.$$

$$(3) \Rightarrow \cancel{3d} \Rightarrow f=2d$$

$$\overset{1}{(2)} \Rightarrow 3d=0,9 \text{ м} \Rightarrow d=0,3 \text{ м}$$

$$(2) \quad D = \frac{1}{0,3} + \frac{1}{0,6} = \frac{0,6 + 0,3}{0,6 \cdot 0,3} = \frac{0,9}{0,18} = \frac{90}{18} = 5 \text{ дптр}$$

Ответ: 5, дптр

Задача:

Дано

$$L_1 = 20 \text{ см}$$

$$\Gamma_1 = -0,4$$

$$L_2 = 40 \text{ см}$$

$$\Gamma_2 = 0,5$$

$$L_3 = 80 \text{ см}$$

$$\Gamma_3 = ?$$

Решение

1) Ур. Т. линзы для 1 линзы во всех случаях:

$$D_1 = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$$

$$f = \frac{1}{D_1 - \frac{1}{d}} \Rightarrow |\Gamma_1| = \frac{f}{d} = \frac{D_1 f - 1}{1}$$

2) Ур. Т. линзы для второй линзы:

Зна:

$$D_2 = \frac{1}{L_n - f} + \frac{1}{f_n}$$

$$f_n = \frac{1}{D_2 + \frac{1}{f - L_n}}$$

8

$$|\Gamma_n| = D_2 f_n - 1 = \frac{D_2}{D_2 + \frac{1}{f-4n}} - 1$$

$$3) |\Gamma_n| = |\Gamma'_n| \cdot |\Gamma_0| = \left| (D_1 f - 1) \left( \frac{D_2}{D_2 + \frac{1}{f-4n}} - 1 \right) \right|$$

$$4) D_2^{0,4} = |\Gamma_1| \cdot \left| (D_1 f - 1) \left( \frac{D_2}{D_2 + \frac{1}{f-0,2}} - 1 \right) \right| \quad (1)$$

$$0,5 = |\Gamma_2| \cdot \left| (D_1 f - 1) \left( \frac{D_2}{D_2 + \frac{1}{f-0,4}} - 1 \right) \right| \quad (2)$$

$$|\Gamma_3| = \left| (D_1 f - 1) \left( \frac{D_2}{D_2 + \frac{1}{f-0,8}} - 1 \right) \right| \quad (3)$$

$$\frac{(1)}{(2)}: \quad 0,4 \cdot \left( \frac{D_2}{D_2 + \frac{1}{f-0,4}} - 1 \right) = 5 \left( \frac{D_2}{D_2 + \frac{1}{f-0,2}} - 1 \right)$$

$$\frac{4}{1 + \frac{1}{D_2(f-0,4)}} + 1 = \frac{5}{1 + \frac{1}{(f-0,2)D_2}}$$

$$\frac{5 + \frac{1}{D_2(f-0,4)}}{1 + \frac{1}{D_2(f-0,4)}} = \frac{5}{1 + \frac{1}{(f-0,2)D_2}}$$

$$\boxed{5} + \frac{1}{D_2(f-0,4)} + \frac{5}{(f-0,2)D_2} + \frac{1}{D_2^2(f-0,2)(f-0,4)} =$$

$$= 5 + \frac{5}{D_2(f-0,4)} \quad | \cdot D_2(f-0,4)$$

~~$$-4 + 5 \frac{5}{D_2(f-0,4)}$$~~

$$-4 + \frac{f-0,4}{f-0,2} + \frac{5 \cdot 0,4}{D_2(f-0,2)} = 0 \quad | \cdot (f-0,2)$$

$$-4f + 0,8 + f - 0,4 + \frac{5}{D_2} = 0$$

$$-3f + 0,4 = -\frac{1}{D_2}$$

$$D_2 = \frac{1}{3f - 0,4}$$

$$f = \frac{1}{3D_2} + \frac{0,4}{D_2}$$

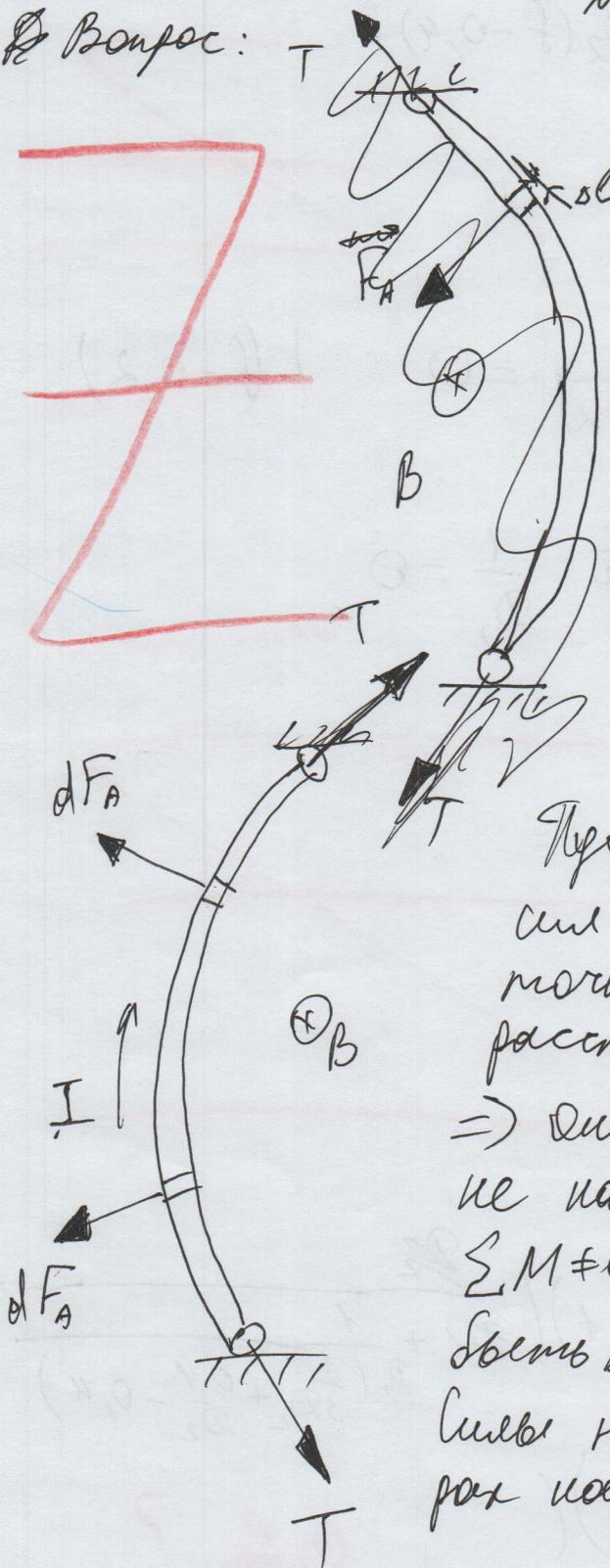
Подставляем в (2):

$$0,5 = \left( \frac{D_1}{3D_2} + \frac{0,4 D_1}{D_2} - 1 \right) \left( \frac{D_2}{D_1 + \frac{1}{D_2 \left( \frac{1}{3D_2} + \frac{0,4}{D_2} - 0,4 \right)}} - 1 \right)$$

$$0,5 D_2 = \left( \frac{11}{15} D_1 - 1 D_2 \right) \left( \dots \right)$$

0,5?

Вопрос:



Возьмем какой-то случайный кусочек  $dl$  т.к. провод искривлен  $\Rightarrow$  силы натяжения  $\neq$  везде равные.

Центр тяжести находится в одной точке на одинаковом расстоянии по середине  $\Rightarrow$  они создают момент не на середине, но есть  $\sum M \neq 0$ , но это не может быть так.

Силы натяжения в максимуме направлены симметрично

но, как бы сказали математики, это не так важно. Они симметричны, т.к. равноудалены условиям смотрим мы бы с той или с другой стороны.