9-24
Шифр

Региональный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по физике

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР

г.Сочи, «Сириус»
23 января 2020 года

Олимпиадная работа

ФИО участника Кудяков Макар Александрович

Дата рождения 27.11.2003

Класс 9

Регион Ленинградская область

Город Гатчина

Школа МБОУ „Гатчинский лицей №3"

Телефон +7(981) 884-29-91

Эл. почта makar_kakadoo@mail.ru

9-24

Шифр

	1	2	3	4	5	Σ
До апелляции:	10	1	2	3	2	18
После апелляции:						

Задача 9.1

Пусть сила тока начальная $I_{нач} = \frac{U}{R_н + R} = \frac{U}{5R_н}$

$I = \frac{U}{R}$

$P = I^2 R$

$R = \frac{\rho l}{S}$

$P_{потерь} = \alpha \cdot \Delta t$

Тогда заметим, что при $t_1 = 25°C$ $R = \frac{\rho l}{S} \longrightarrow \frac{\rho \cdot 0{,}65 l}{S} = 0{,}65 R$:

$I_{нач} \longrightarrow I_1 = \frac{U}{R_н + 4 \cdot 0{,}65 \cdot R_н} = \frac{U}{3{,}6 R_н} = \frac{25}{18} I_{нач}$;

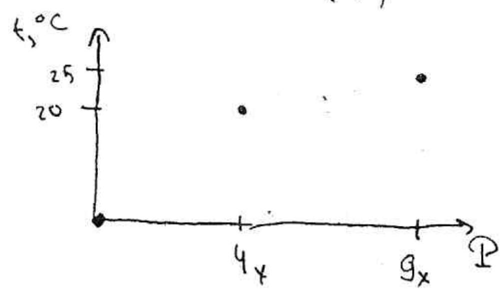
при $t_2 = 20°C$ $R = \frac{\rho l}{S} \longrightarrow \frac{\rho \cdot 0{,}35 l}{S} = 0{,}35 R$:

$I_{нач} \longrightarrow I_2 = \frac{U}{R_н + 4 \cdot 0{,}35 \cdot R_н} = \frac{U}{2{,}4 R_н} = \frac{25}{12} I_{нач}$

Источник идеален, U - const => $P_1 = \left(\frac{25}{18} I_{нач}\right)^2 R_н$, $P_2 = \left(\frac{25}{12} I_{нач}\right)^2 \cdot R_н$

Поскольку $P_{потерь} = \alpha \cdot \Delta t$, то условие выполняется для Δt стремящихся к нулю.

Рассмотрим $P(t)$: $\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{3}{2}\right)^2 = \frac{9}{4}$:



10 Шит

Также $P(0) = 0$

Получаем зависимость $P(t)$ - квадратичн., знаем три значения, т.е. можем восстановить зависимость:

$P(t) = ax^2 + bx + c$; $\begin{cases} 0 = 0^2 a + 0 \cdot b + c, \\ 20 = (4x)^2 a + 4xb + c, \\ 25 = (9x)^2 a + 9xb + c \end{cases}$; $\begin{cases} c = 0, \\ a = -\frac{4}{9x^2} \end{cases}$ $b = \frac{61}{9} x$

здесь x, как часть отношений

$\frac{P_1}{P_2} = \frac{9x}{4x}$

Пусть $P(zx)=13$ <=> $z^2\cdot -\frac{4}{9} + \frac{61}{9}z = 13$.

Решая ур-ие получаем $\begin{cases} z=\frac{9}{4} \\ z=13 \end{cases}$ $z=13$ – практически исключается (на практике)

$P_3 \notin$ соотв. $P(zx)=13$; $\frac{P_3}{P_1}=\frac{1}{4}$ исходя из $P=I^2R$ получаем

что $I_3 = 2I_1$; $I_3 = \frac{25}{9} I_{нач} = \frac{U}{\frac{9}{5}R_н}$. Тогда $R \to \left(\frac{9}{5}R_н - R_н\right)\cdot\frac{1}{4} =$

$= \frac{1}{5}R$, т.е.

$l \to \frac{1}{5}l$. $x=0,2$

Ответ: $x = 0,2$

Задача 9.2

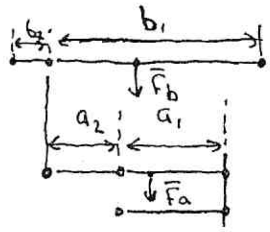
$a_1 = 27,5$ см $= 0,275$ м
$a_2 = 13$ см $= 0,13$ м
$a_3 = 17,5$ см $= 0,175$ м
$b_1 = 73,5$ см $= 0,735$ м
$b_2 = 8,5$ см $= 0,085$ м
$g = 10$ м/с²
$m_г = 3,7$ кг
$M_o = 86$ кг

F

$F=mg$ $\frac{F_1}{F_2} = \frac{l_2}{l_1}$

Рассмотрим случай с грузом: груз прибавляет силу на сторону кресла, т.е. без него кресло поднялось бы: $\frac{a_1}{a_2} > 2$ приходим к незначительной $m_{кресла}$ опустим.

Тогда:



Поскольку $a_1 > a_2$, $b_2+b_1 > b_2$, $b_1 > b_2$

Возьмём центры масс рычагов: будут F_b и F_A

~~Тогда // в случае~~ Также заметим, что кресло держится на двух опорах, образуя систему подвижного блока. Тогда $F \to \frac{F}{2}$.

Тогда для I рычага $F_{a_2} = F_1 + F_2$: $\frac{F_1}{F_a} = \frac{\frac{a_1+a_2}{2} - a_2}{a_2}$; $F_1 = \frac{F_a\left(\frac{a_1-a_2}{2}\right)}{a_2}$

$\frac{F_2}{F_г} = \frac{a_1}{a_2}$; $F_2 = \frac{\frac{1}{2}F_г a_1}{a_2} = \frac{\frac{1}{2}m_г g a_1}{a_2}$

$F_{①} = F_a \frac{29}{52} \approx 0{,}56 F_a \qquad F_{②} = \frac{2035}{52} \approx 39{,}13 (H)$

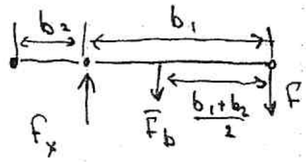
$F_{a_2} = 39{,}13 + 0{,}56 F_a$

Для второго рычага ~~[illegible]~~: $\frac{F_{a_2}}{F_b} = \frac{(b_1 + b_2)\cdot \frac{1}{2}}{b_2}$

$F_b = \frac{2 F_{a_2} b_2}{b_1 + b_2} \qquad F_b \approx 8{,}11 + 0{,}12 F_{a_2}$

Перейдем к спортсмену. Пусть он ~~[illegible]~~ и применяет силу F.

Тогда для рычага b:



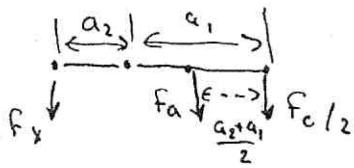
$F_x = F_{x_1} + F_{x_2}$:

$\frac{F_{x_1}}{F_b} = \frac{\frac{b_1 + b_2}{2}}{b_2} = \frac{b_1 + b_2}{2 b_2}, \qquad \frac{F_{x_2}}{F} = \frac{b_1 + b_2}{b_2};$

$F_{x_1} = \frac{F_b (b_1 + b_2)}{2 b_2} = 39{,}12 + 0{,}58 F_{a_2}, \quad F_{x_2} = \frac{F(b_1 + b_2)}{b_2} \approx 9{,}65 F$

$$F_x = 39{,}12 + 0{,}58 F_{a_2} + 9{,}65 F$$

Но для рычага a



$\frac{F_c}{2} = \frac{M_0 g}{2} = 430 H,$

$F_c = 860 H$

$F_x = F_{x_I} + F_{x_{II}}$: $\frac{F_{x_I}}{F_{a_2}} = \frac{a_1 + a_2 - 2a_2}{2a_2} \qquad \frac{F_{x_{II}}}{F_c/2} = \frac{a_1}{a_2};$

$F_{x_I} = \frac{F_{a_2}(a_1 - a_2)}{2 a_2} = 0{,}56 F_{a_2} \qquad F_{x_{II}} = \frac{F_c a_1}{2 a_2} \approx 909{,}62 H$

$$F_x = 0{,}56 F_{a_2} + 909{,}62$$

$0{,}56 F_{a_2} + 909{,}62 = 39{,}12 + 0{,}58 F_{a_2} + 9{,}65 F$; ~~F = 90,21(H)~~ ~~ввиду~~ малости ~~влияния~~ F_a на результат исключим

~~Ответ: F = 90,21 Н~~

Поскольку F_{a_2} значительно не влияет (с коэф - 0,02), то $F \approx 90{,}21$ Н

Ответ: $F \approx 90{,}21$ Н

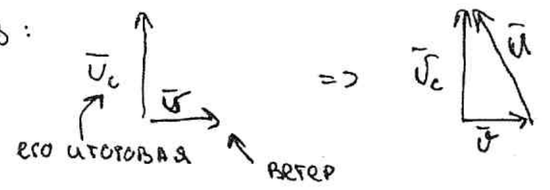
$\boxed{\text{Задача 9.4}}$ Рассмотрим движение 1-ого самолёта. (ABDA).

В любой момент времени t $\bar{v}_{сам} = \bar{v} + \bar{u}$.

Пусть сторона = $= a$

Рассмотрим движение:

AB:



Тогда $v_c = \sqrt{u^2 - v^2}$. $t_{AB_1} = \frac{a}{\sqrt{u^2-v^2}}$

BD: скорость в начале $\xrightarrow{\bar{u}}\xrightarrow{\bar{v}}$ в конце $\bar{u}\downarrow$ $\xrightarrow{\bar{v}}$

Заметим что изменилась с $(u+v)$ до $\sqrt{u^2+v^2}$, ускорение постоянное по модулю ввиду постоянства u, v и равномерности движения =>

$$\Rightarrow v_{ср_1} = (u+v+\sqrt{u^2+v^2})\cdot\frac{1}{2}. \text{ Тогда } t_{BD_1} = \frac{2\cdot\frac{1}{2}\pi a}{u+v+\sqrt{u^2+v^2}} = \frac{\pi a}{u+v+\sqrt{u^2+v^2}}$$

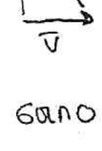
DA: $\xleftarrow{\bar{v}} \xrightarrow{\bar{u}}$, u. Тогда $v_{сам} = u - v \Rightarrow t_{DA_1} = \frac{a}{u-v}$

$$t_1 = t_{AB_1} + t_{BD_1} + t_{DA_1} = \frac{a}{\sqrt{u^2-v^2}} + \frac{\pi a}{u+v+\sqrt{u^2+v^2}} + \frac{a}{u-v}$$

2-ой самолёт (ADCA):

AD: $\xrightarrow{\bar{u}}\xrightarrow{\bar{v}}$ => $t_{AD_2} = \frac{a}{u+v}$

DC:



$\to$ $v_{сам} = \sqrt{u^2-v^2}$, $t_{DC_2} = \frac{a}{\sqrt{u^2-v^2}}$

CA: было $\xleftarrow{\bar{u}}\bullet\xrightarrow{\bar{v}}$ стало $\bar{u}\downarrow$ $\xrightarrow{v}$. По аналогии с BD

$v_{cp_2} = (u - v + \sqrt{u^2+v^2})\cdot\frac{1}{2}$. Тогда $t_{DA_2} = \frac{\pi a}{u-v+\sqrt{u^2+v^2}}$

$$t_2 = t_{AD_2} + t_{DC_2} + t_{CA_2} = \frac{a}{u+v} + \frac{a}{\sqrt{u^2-v^2}} + \frac{\pi a}{u-v+\sqrt{u^2+v^2}}$$

$$\frac{t_{ABDA}}{t_{ADCA}} = \frac{t_1}{t_2} = \frac{\frac{a}{\sqrt{u^2-v^2}} + \frac{\pi a}{u+v+\sqrt{u^2+v^2}} + \frac{a}{u-v}}{\frac{a}{u+v}+\frac{a}{\sqrt{u^2-v^2}}+\frac{\pi a}{u-v+\sqrt{u^2+v^2}}} =$$

= [illegible]

$$= \frac{\left((u+v+\sqrt{u^2+v^2})(u-v) + \pi(\sqrt{u^2-v^2})(u-v) + \sqrt{u^2-v^2}(u+v+\sqrt{u^2+v^2})\right)(u+v)(\sqrt{u^2-v^2})(u-v+\sqrt{u^2+v^2})}{\left(\sqrt{u^2-v^2}(u-v+\sqrt{u^2+v^2}) + (u+v)(\sqrt{u^2-v^2})\pi + (u+v)(u-v+\sqrt{u^2+v^2})\right)(\sqrt{u^2-v^2})(u-v)(u+v+\sqrt{u^2+v^2})} =$$

= [illegible]

Сравним t_{AB_1} и t_{DC_2}: $\frac{t_{AB_1}}{t_{DC_2}} = \frac{a}{\sqrt{u^2-v^2}} : \frac{a}{\sqrt{u^2-v^2}} = 1$; $t_{AB_1} = t_{DC_2}$

t_{BD_1} и t_{CA_2}: $\frac{t_{BD_1}}{t_{CA_2}} = \frac{u-v+\sqrt{u^2+v^2}}{u+v+\sqrt{u^2+v^2}}$, $t_{BD_1} = \frac{u-v+\sqrt{u^2+v^2}}{u+v+\sqrt{u^2+v^2}}\, t_{CA_2}$

t_{DA_1} и t_{AD_2}: $\frac{t_{DA_1}}{t_{AD_2}} = \frac{u+v}{u-v}$, $t_{DA_1} = \frac{u+v}{u-v}\, t_{AD_2}$

Тогда $$\frac{t_{ABDA}}{t_{ADCA}} = \frac{t_{AB_1}+t_{BD_1}+t_{DA_1}}{t_{AD_2}+t_{DC_2}+t_{CA_2}} = \frac{t_{DC_2} + \frac{u-v+\sqrt{u^2+v^2}}{u+v+\sqrt{u^2+v^2}}t_{CA_2} + \frac{u+v}{u-v}t_{AD_2}}{t_{AD_2}+t_{DC_2}+t_{CA_2}} =$$

$$= 1 + \frac{-\frac{2v}{u+v+\sqrt{u^2+v^2}}t_{CA_2} + \frac{2v}{u-v}t_{AD_2}}{t_{AD_2}+t_{DC_2}+t_{CA_2}} = 1 + \frac{\frac{2v}{u^2-v^2} - \frac{2v\pi}{(u+v+\sqrt{u^2+v^2})(u-v+\sqrt{u^2-v^2})}}{\frac{1}{u+v}+\frac{1}{u^2-v^2}+\frac{\pi}{u-v+\sqrt{u^2+v^2}}}$$

Заметим, что отриц. часть в числителе, хоть и $\times\pi$, но знаменатель уже больше знаменателя 1-ой части ($\sqrt{u^2+v^2}$ и $\sqrt{u^2-v^2}$ вносят существенную часть)

Тогда числитель положителен, но заметим также, что по структуре числитель и знаменатель схожи => сама дробь при ~~...~~ значениях, близких к реально возможном, меньше <1

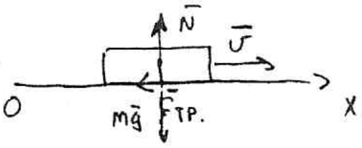
Ответ: $\frac{t_{ABDA}}{t_{ADCA}} = 1 + \frac{\frac{2v}{u^2-v^2} - \frac{2v\sqrt{2}}{(u+v+\sqrt{u^2+v^2})(u-v+\sqrt{u^2-v^2})}}{\frac{1}{u+v} + \frac{1}{u^2-v^2} + \frac{\sqrt{2}}{u-v+\sqrt{u^2+v^2}}}$

$\boxed{\text{Задача 9.3}}$ Толкнув шайбу, она получила некоторую скорость v_0, а далее:

$F = ma$

$F_{тр} = N\mu$

$N = mg$

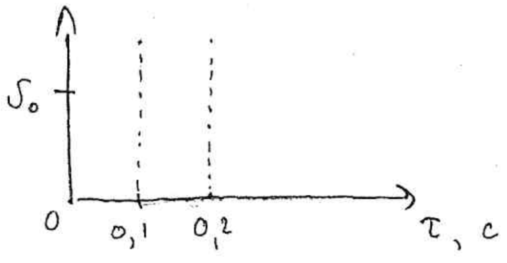


Тогда по OX на тело действует

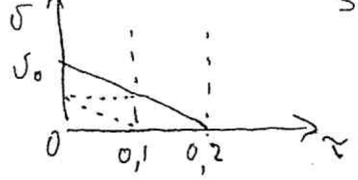
$ma = F_{тр}$. $a = \frac{F_{тр}}{m}$

$a = \frac{N\mu}{m} = g\mu$, т.е. a - const

Построим $v(t)$

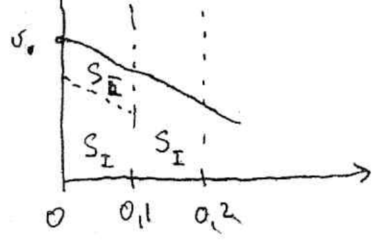


Заметим, что если тело остановится в $\tau \in [0;0,2]$, то площадь под графиком при $\tau \in [0,1;0,2]$, т.е. $(S_2 - S_1)$ отличается больше, чем вдвое с S при $\tau \in [0;0,1]$, т.е. $S_1 = S$. Но $\frac{S_2 - S_1}{S_1} = 0,5$



Тогда остановка произошла позже.

Рассмотрим получ. график:

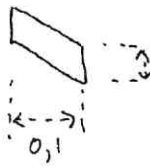


S_I - равные на графике.

по условию

$\frac{S_{II} + S_I}{S_I} = \frac{S_1}{S_2 - S_1} = 2 \Rightarrow S_{II}/S_I = 1.$

2

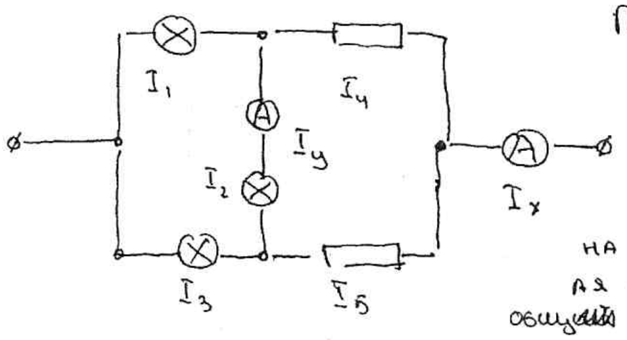
$S_{\overline{II}}$ =  $= a$, т.к. изменение скорости на единицу времени

т.е. $S_{\overline{II}} = 0{,}1 \cdot a$

$\frac{S_{II}}{S_I} = \frac{0{,}1 \cdot a}{4\text{см}} = \frac{0{,}1 \cdot a}{0{,}04\text{м}} = 1$; $a = 0{,}4$; $\mu = \frac{a}{g} = 0{,}04$

Ответ: $\mu = 0{,}04$

Задача 9.5



Понятно, что I_x, I_y расположены как на схеме, поскольку, будь наоборот, I_x приходилось на ~~[illegible]~~ часть мостик. схемы, а я считаю общий ~~[illegible]~~ источник ~~[illegible]~~ ~~[illegible]~~ равна при Ⓐ I_y, но $I_x > I_y$.

Тогда $I_2 = I_y$.

Также ~~[illegible]~~ сравнивать ~~[illegible]~~, ~~[illegible]~~ ~~[illegible]~~. Поскольку ~~[illegible]~~ ~~[illegible]~~ схема симметрична, то $I_1 = I_3$, $I_4 = I_5$. Ввиду того, что при I_2 ток есть напряжение $= \frac{I_y^2}{a^2}$. Идет на перекосе => при I_1 и I_3, I_4 и I_5 напряжение в два раза меньше, т.е. $I_1 = I_3 = \sqrt{2}\, I_y$, $I_4 = I_5 = \frac{(I_x - I_y)}{2} - \sqrt{2}\, I_y =$

$= \frac{I_x - (\sqrt{2}+1) I_y}{2}$

Ответ: $I_2 = I_y$; $I_1 = I_3 = \sqrt{2}\, I_y$; $I_4 = I_5 =$ ~~[illegible]~~ $\frac{I_x - (\sqrt{2}+1) I_y}{2}$.