



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант _____

Место проведения г. Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников "Ломоносов"
наименование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

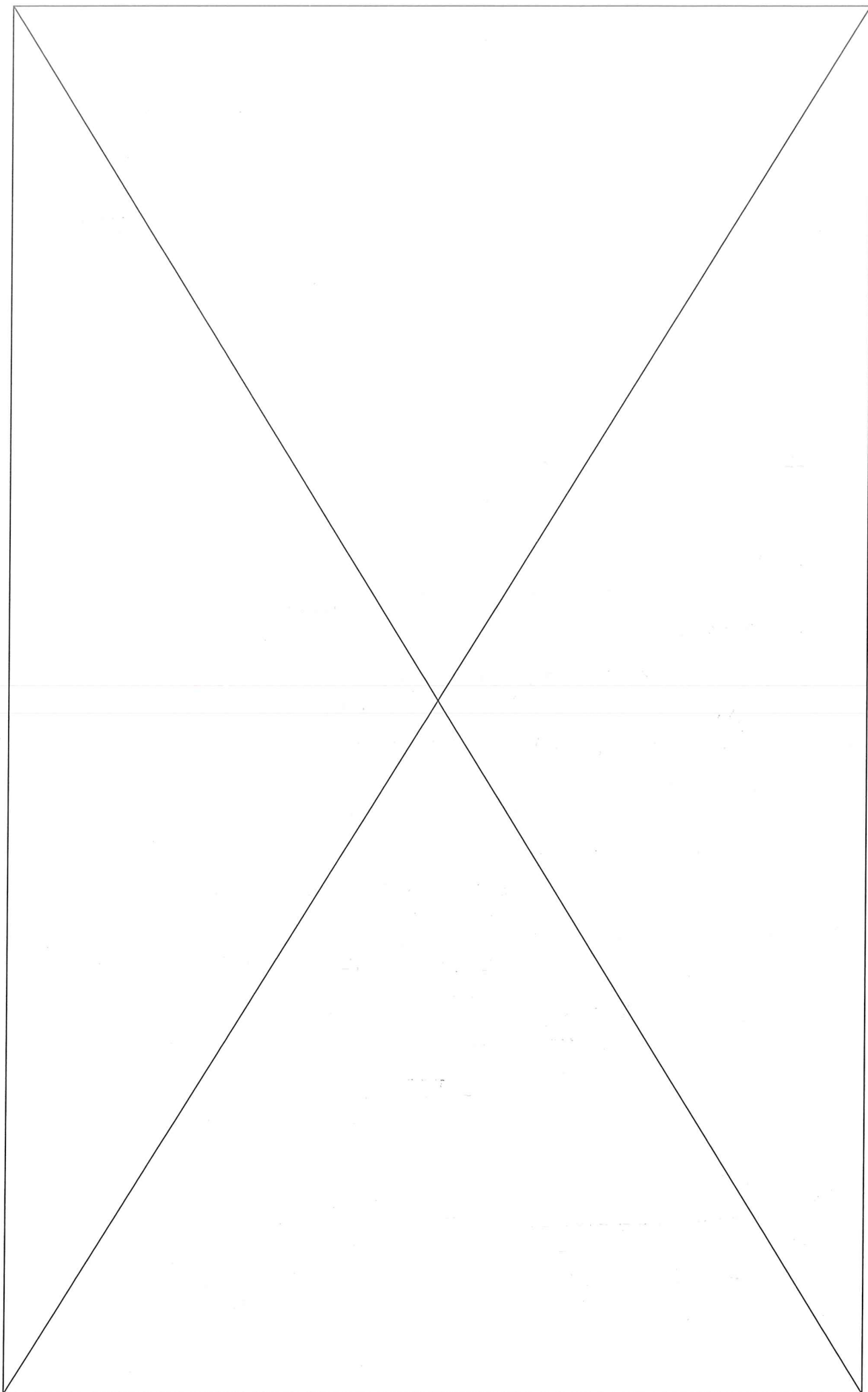
Лопатина Кирилла Степановича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

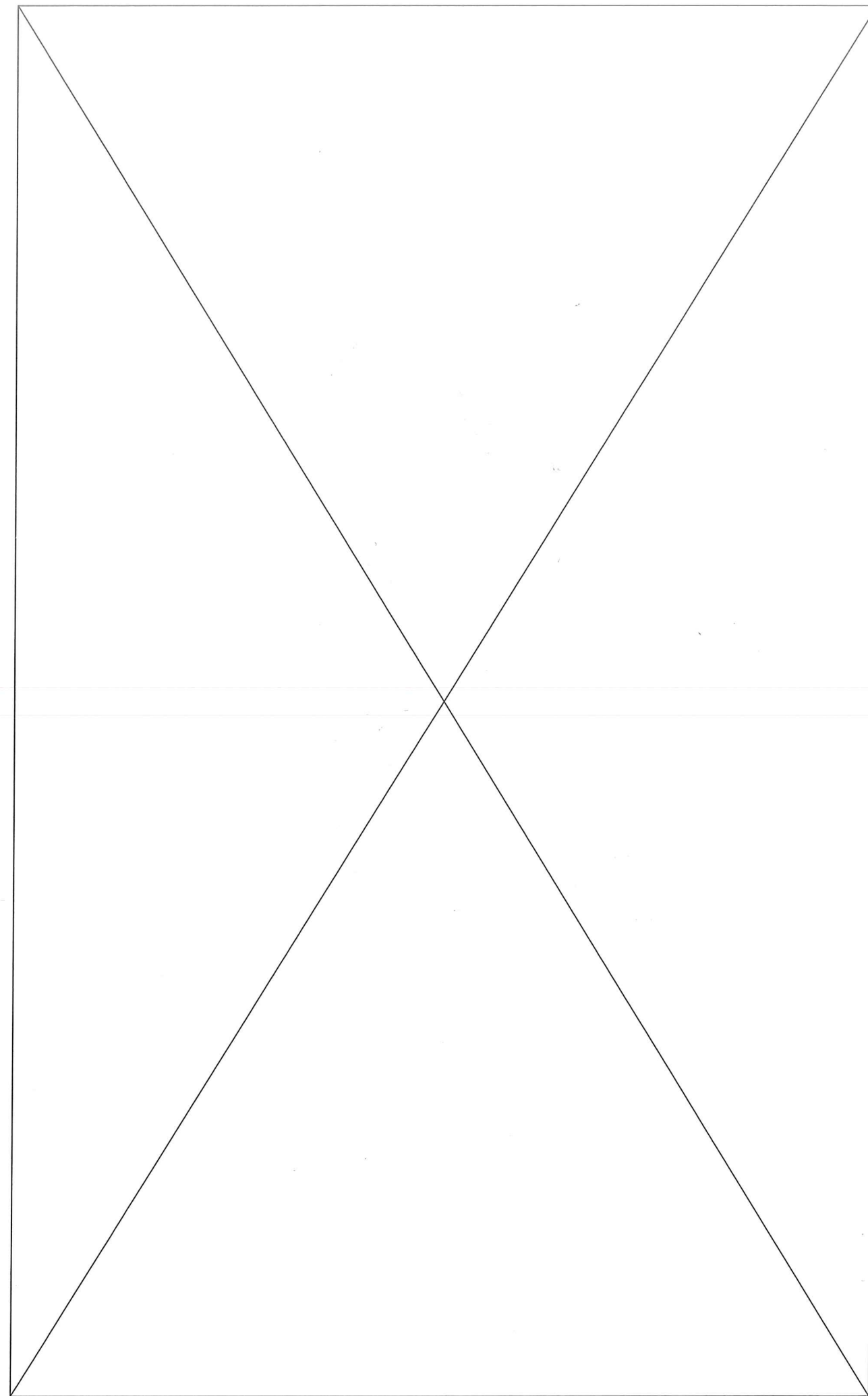
«13» сентября 2026 года

Подпись участника

Лопатина

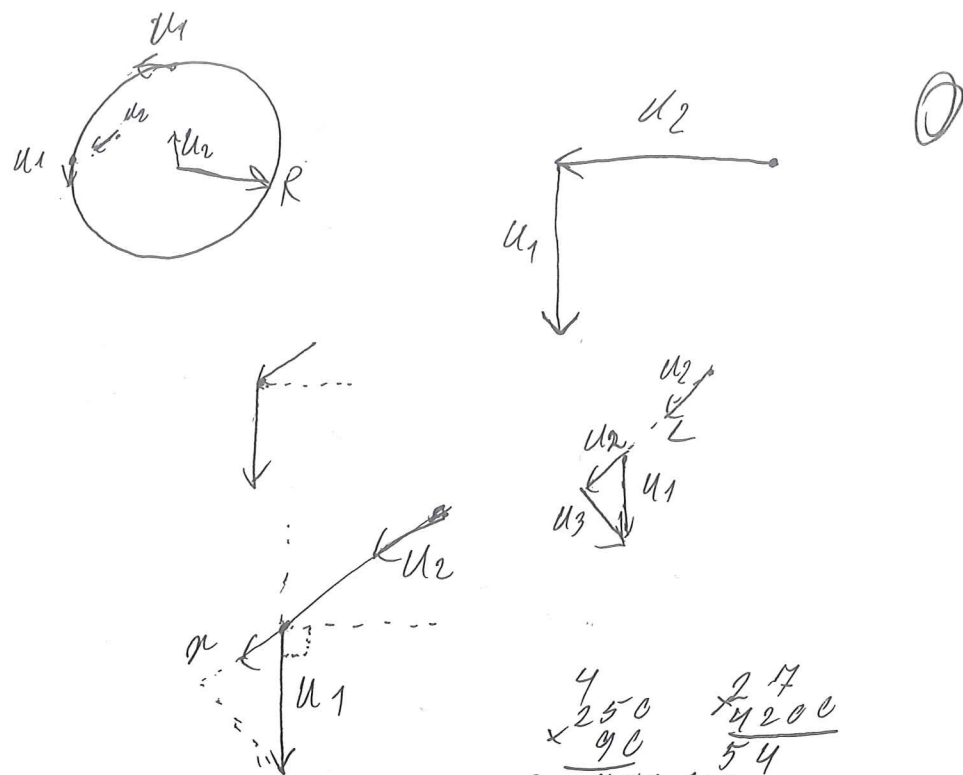


Выполнять задания на титульном листе запрещается!



Выполнять задания на титульном листе запрещается!

Черновик



4 27
x 250 14200
90 54
22500 108
113400

$0,5 \cdot 500 \cdot 90 = 250 \cdot 90 = 22500 \text{ Дж}$
 $0,3 \cdot 4200 \cdot 90 = 27 \cdot 4200 = 113400 \text{ Дж}$
 $0,4 \cdot 4200 \cdot 5 = 0,4 \cdot 21000 = 4 \cdot 2100 = 8400 \text{ Дж}$
 $0,25 \cdot 340000 = 25 \cdot 34000 = 850000$

x 8400 + 25 700
x 210 x 25
+ 25
50
5250

$0,25 \cdot 2100 \cdot 10 = 25 \cdot 2100 \cdot 10 = 25 \cdot 210 = 5250 \text{ Дж}$

$Q = 22500 + 113400 + 8400 + 85000 - 5250 = 135900 + 744300 - 5250 = 879050$

$C_0 = 250 + (0,3 + 0,4 + 0,25) \cdot 4200 = 250 + 30 + 40 + 25 \cdot 4200$

42
x 25
378
3990
54058 | 4248
- 424
1165
848
3770

Черновик

лист 1

60-53-24-51
(5.3)



$F_{x0} = \frac{V}{2} \cdot \rho_m \cdot g + \frac{V}{2} \cdot \rho_b \cdot g$
 $F_{x0} = \frac{V}{2} \cdot g \cdot (\rho_m + \rho_b) = V \cdot g \cdot \frac{\rho_m + \rho_b}{2}$

Плоск. как в равновесии, то:

$F_{x0} = (m + mn) \cdot g$
 $V \cdot g \cdot \frac{\rho_m + \rho_b}{2} = (m + mn) \cdot g$

$V \cdot \frac{\rho_b + \rho_m}{2} - m = mn = 100 \text{ см}^3, (1 + 0,92) \frac{V}{100} - 202 =$
 $= 50 \cdot (1 + 0,92) - 202 = 50 \cdot (1 + \frac{92}{100}) - 202 =$
 $= 50 \cdot (1 + \frac{46}{50}) - 202 = (50 + 46 - 20) = 96 - 202 = 762$

Ответ: 762. $t_{21} = \frac{m_1 \cdot c_1 \cdot t_1 + m_2 \cdot c_2 \cdot t_2 + m_3 \cdot c_3 \cdot t_3 + m_4 \cdot c_4 \cdot t_4 - m_5 \cdot c_5 \cdot t_5}{m_1 \cdot c_1 + m_2 \cdot c_2 + m_3 \cdot c_3 + m_4 \cdot c_4 - m_5 \cdot c_5}$

№3

Воспользуемся методом теплового баланса:

$m_1 \cdot c_1 \cdot t_1 + m_2 \cdot c_2 \cdot t_2 + m_3 \cdot c_3 \cdot t_3 + m_4 \cdot c_4 \cdot t_4 - m_5 \cdot c_5 \cdot t_5 =$
 $t_{21} = \frac{0,5 \cdot 500 \cdot 90 \text{ Дж} + 0,3 \cdot 4200 \cdot 90 \text{ Дж} + 0,4 \cdot 4200 \cdot 5 \text{ Дж} + 0,25 \cdot 340000 \cdot 10 \text{ Дж} - 0,25 \cdot 340000 \cdot 10 \text{ Дж}}{0,5 \cdot 500 + 0,3 \cdot 4200 + 0,4 \cdot 4200 + 0,25 \cdot 340000}$

$t_{21} = \frac{0,5 \cdot 500 \cdot 90 + 0,3 \cdot 4200 \cdot 90 + 0,4 \cdot 4200 \cdot 5 + 0,25 \cdot 340000 \cdot 10 - 0,25 \cdot 340000 \cdot 10}{0,5 \cdot 500 + 0,3 \cdot 4200 + 0,4 \cdot 4200 + 0,25 \cdot 340000}$

$t_{21} = \frac{22500 + 113400 + 8400 + 850000 - 850000}{0,5 \cdot 500 + 0,3 \cdot 4200 + 0,4 \cdot 4200 + 0,25 \cdot 340000}$

Упрощение
 $t_{21} = \frac{225 + 27 \cdot 42 + 4 \cdot 42 + 25 \cdot 34 - 25 \cdot 34}{0,5 + 0,3 \cdot 42 + 0,4 \cdot 42 + 0,25 \cdot 340000}$

$t_{21} = \frac{225 + 27 \cdot 42 + 4 \cdot 42 + 25 \cdot 34 - 25 \cdot 34}{0,5 + 0,3 \cdot 42 + 0,4 \cdot 42 + 0,25 \cdot 340000}$

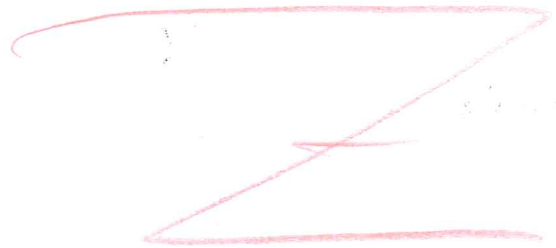
$t_{21} = \frac{5405}{424} \text{ } ^\circ\text{C}$

1/2/20/20/0.4/20/100 (Смо)

Чистовик

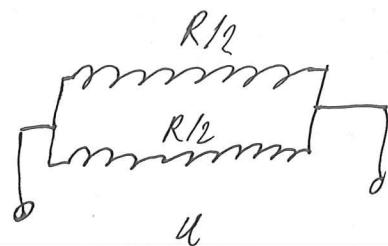
лист 2

$$\begin{array}{r} 5405 \overline{) 424} \\ - 424 \\ \hline 1165 \\ - 848 \\ \hline 3170 \\ - 2968 \\ \hline 2020 \\ - 1696 \\ \hline 3240 \\ - 2968 \\ \hline 272 \\ - 272 \\ \hline 0 \end{array}$$



$t_x = 12,75^\circ\text{C}$

Ответ: $t_x 12,75^\circ\text{C}$ (я предполагал, что теплоёмкость льда не 100 Дж/кг как в учебнике, а 2100 Дж/кг)



(14)

R - сопротивление всей проволоки
 P - мощность выделяемая на нагревание

$$P = U \cdot I = U \cdot \frac{U}{R} = \frac{U^2}{R}$$

Площадь: $L \cdot \rho \cdot (t_2 - t_1) \cdot c = P \cdot \Delta t$ Δt - малый промежуток.

выразим $L \cdot \rho \cdot (t_2 - t_1) \cdot c = P = \frac{4U^2}{R}$

$$R = \frac{L \cdot \rho}{S} = \frac{L \cdot \rho}{\pi d^2 / 4} = \frac{4L \cdot \rho}{\pi d^2}$$

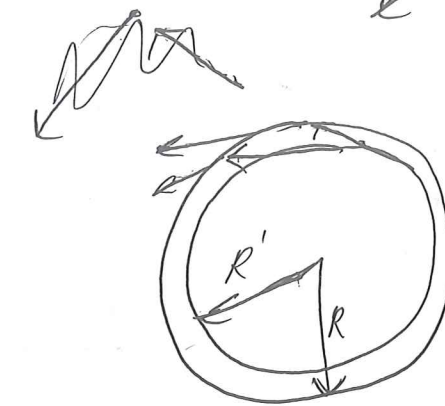
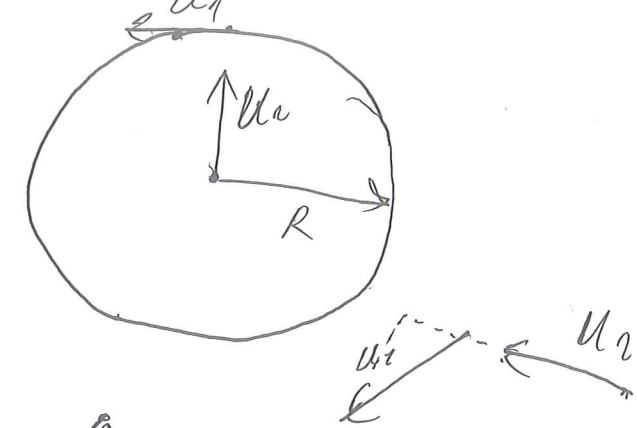
$$P = L \cdot \rho \cdot (t_2 - t_1) \cdot c = \frac{4U^2}{R} = \frac{U^2 \cdot \pi d^2}{L \cdot \rho}$$

$$L \cdot \rho = \frac{U^2 \cdot \pi d^2}{L \cdot \rho \cdot (t_2 - t_1) \cdot c}$$

$$L = \frac{U^2 \cdot \pi \cdot d^2}{L \cdot \rho \cdot (t_2 - t_1) \cdot c} = \frac{200^2 \cdot 3,14 \cdot (0,6 \cdot 10^{-3})^2}{2 \cdot 10 \cdot 420 \cdot 1,1} = 200^2 \cdot 3,14 \cdot 0,6^2 \cdot 10^{-6} \cdot 10^{-3} \cdot 1,1 = 200^2 \cdot 2,20 \cdot 0,36 \cdot 10^{-9} = 200^2 \cdot 0,36 \cdot 10^{-9} = 200^2 \cdot 3,6 \cdot 10^{-10} = 14400 \cdot 3,6 \cdot 10^{-10} = 51840 \cdot 10^{-10} = 5,184 \cdot 10^{-6} \text{ м}$$

$$L = \frac{U^2 \cdot \pi \cdot d^2}{L \cdot \rho \cdot (t_2 - t_1) \cdot c} = \frac{4 \cdot 10000 \cdot (40 - 8,6) \cdot 4200 \cdot 1,1}{2 \cdot 10 \cdot 420 \cdot 1,1} = \frac{4 \cdot 10000 \cdot 31,4 \cdot 4200 \cdot 1,1}{2 \cdot 10 \cdot 420 \cdot 1,1} = \frac{4 \cdot 10000 \cdot 31,4 \cdot 4200}{2 \cdot 10 \cdot 420} = \frac{4 \cdot 10000 \cdot 31,4 \cdot 1000}{2 \cdot 10} = \frac{4 \cdot 10000 \cdot 31,4 \cdot 100}{2} = \frac{4 \cdot 10000 \cdot 3140}{2} = \frac{4 \cdot 31400000}{2} = 2 \cdot 31400000 = 62800000 \text{ м}$$

Черновик

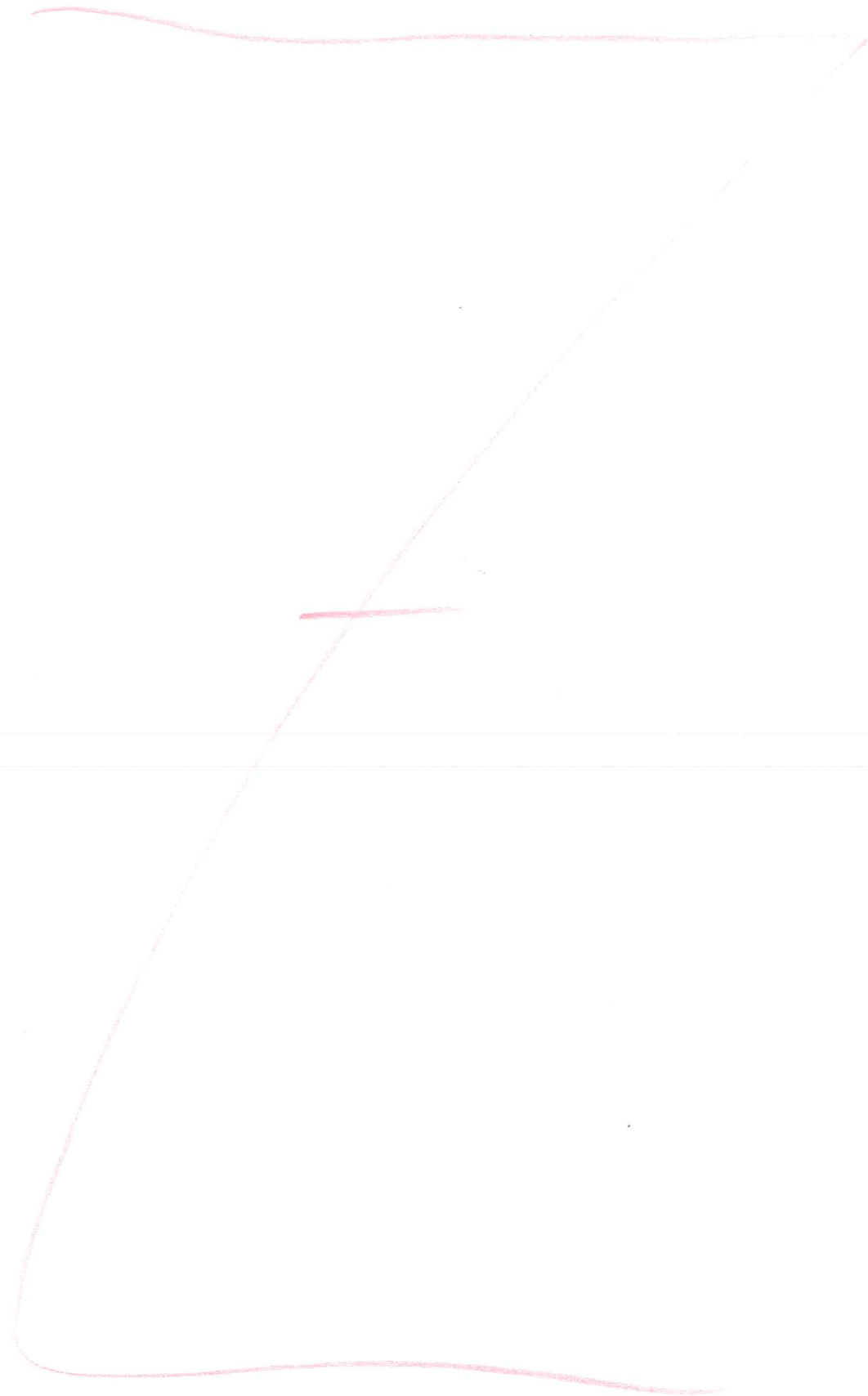


$$\frac{U_a}{R'} = \frac{U_1}{R} \Rightarrow \frac{U_2 \cdot R}{U_1} = R' = \frac{24 \cdot 3e6}{5} = 28,8 \text{ м}$$

$$\begin{array}{r} \times 24 \\ 6 \\ \hline 144 \\ - 10 \\ \hline 44 \\ - 40 \\ \hline 40 \\ - 40 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$\sqrt{10 \cdot 1,41 - 2} \cdot 6 \text{ м} = \sqrt{14,1 - 2} \cdot 6 \text{ м} = \sqrt{12,1} \cdot 6 \text{ м} = \sqrt{4 \cdot 3} \cdot 6 \text{ м} = 2 \cdot 6 \text{ м} \cdot \sqrt{3}$$





60-53-24-51
(5.3)

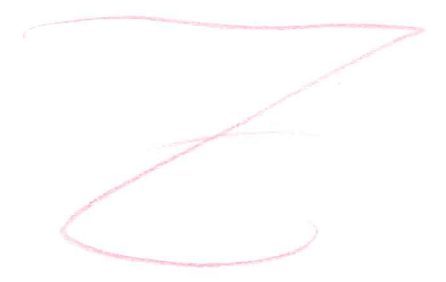
Частовика лист 9

$$\approx \frac{200 \cdot 100 \cdot 0,36}{140 \cdot 11} \text{ м} = \frac{200 \cdot 36}{140 \cdot 11} \text{ м} \approx \frac{20 \cdot 36}{14 \cdot 11} \text{ м} = \frac{10 \cdot 36}{7 \cdot 11} \text{ м} = \frac{360}{77} \text{ м}$$

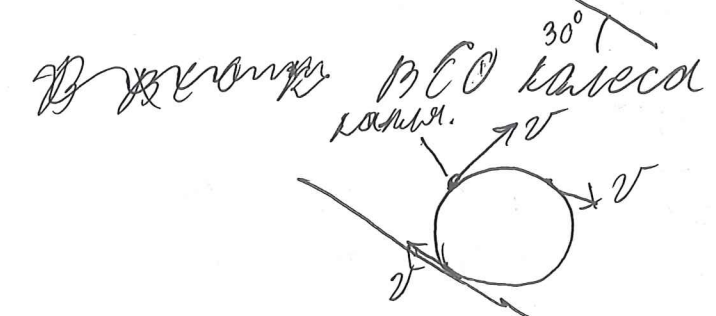
$\approx 4,675 \text{ м} \approx 5 \text{ м}$

$$\begin{array}{r} 360 \overline{) 77} \\ 308 \overline{) 4,6753} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 520 \\ 462 \\ \hline 580 \\ - 530 \\ \hline 410 \\ 385 \\ \hline 250 \\ 231 \\ \hline 190 \end{array}$$



Ответ: получится ~~камень~~ $\approx 5 \text{ м}$. пробалокл.

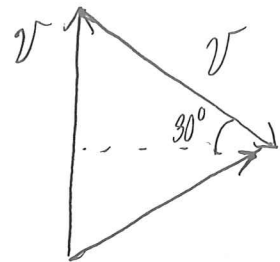


в этот момент все точки обода движутся со скоростью v , т.к. колесо движется без проскальзывания,

а следовательно и камень будет отрываться с определенной скоростью v_1 (отн. колеса в этот момент) $\Rightarrow v_1 \neq v$, камень оторвется со скоростью $v_1 = \sqrt{v_2^2 + v^2}$, где v_2 - вектор скорости отрыва камня в со колеса, а v - вектор скорости колеса.



Чистовик. Заметим, что тем больше вертикальная составляющая скорости, тем на большую высоту поднимется камень. Заметим, что т.к. вектор скорости колеса постоянен, то максимальная вертик. составляющая будет, когда скорость относительно колеса будет вертикальна:





$$\Rightarrow v_{\text{верт. макс}} = v - v \sin 30 = v \cdot (1 - \frac{1}{2}) = \frac{v}{2}$$



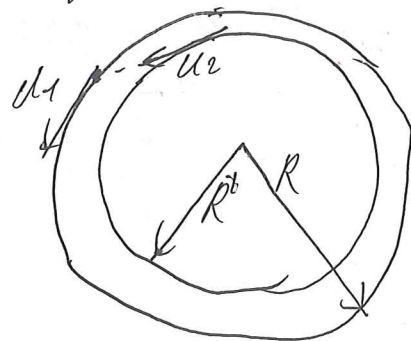
Заметим, что в этом случае камень не сможет упасть на колесо от траектории. (начальная вертик. скорость напр. вверх, а у колеса вниз, а гориз. равны)

Потому:

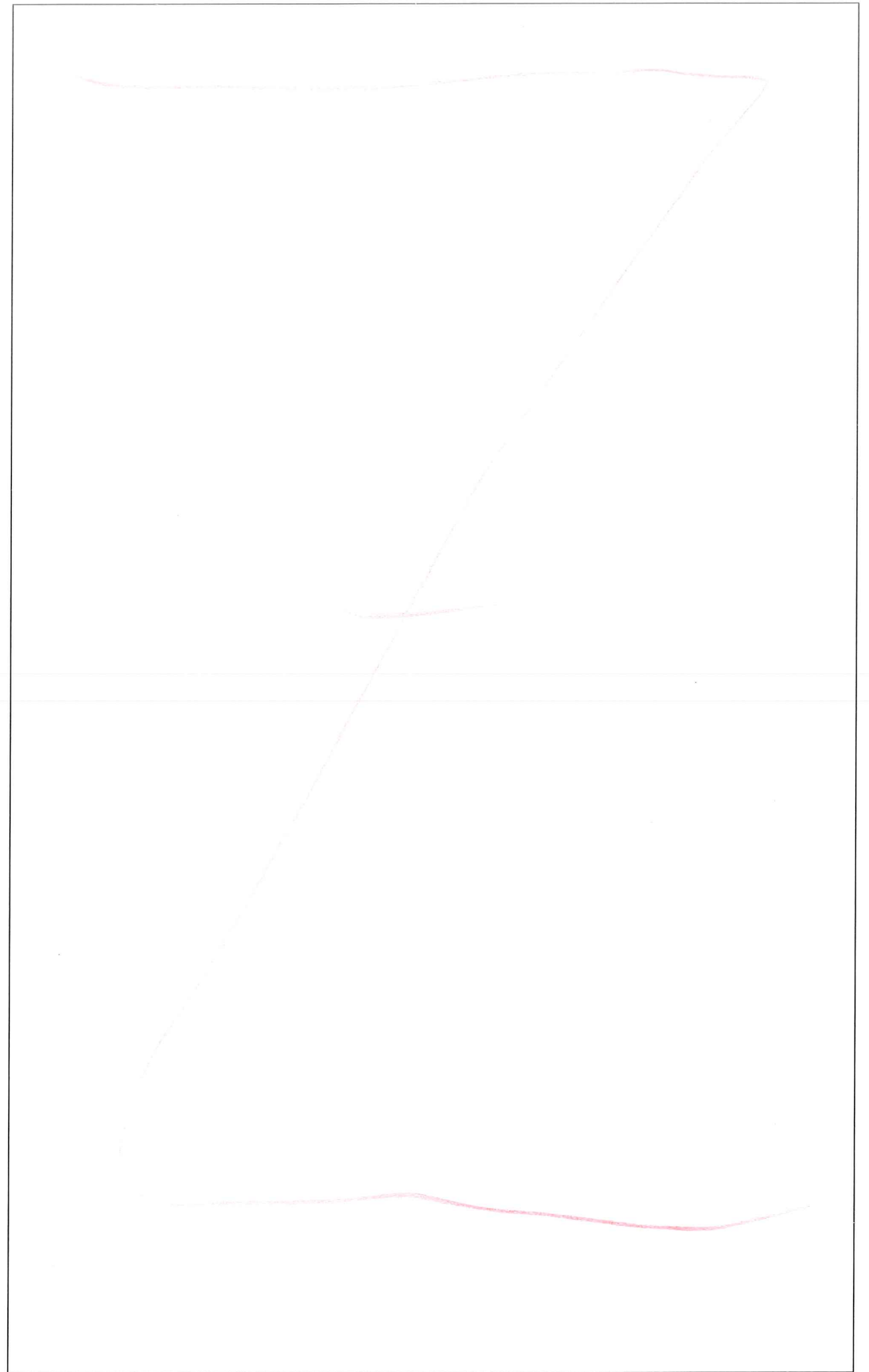
$$h_{\text{max}} = \frac{(\frac{v}{2})^2 - 0}{2g} = \frac{(\frac{v}{2})^2}{2g} = \frac{(\frac{10}{2})^2}{2 \cdot 10} = \frac{25}{20} = \frac{5}{4} \text{ м} = 1,25 \text{ м.}$$

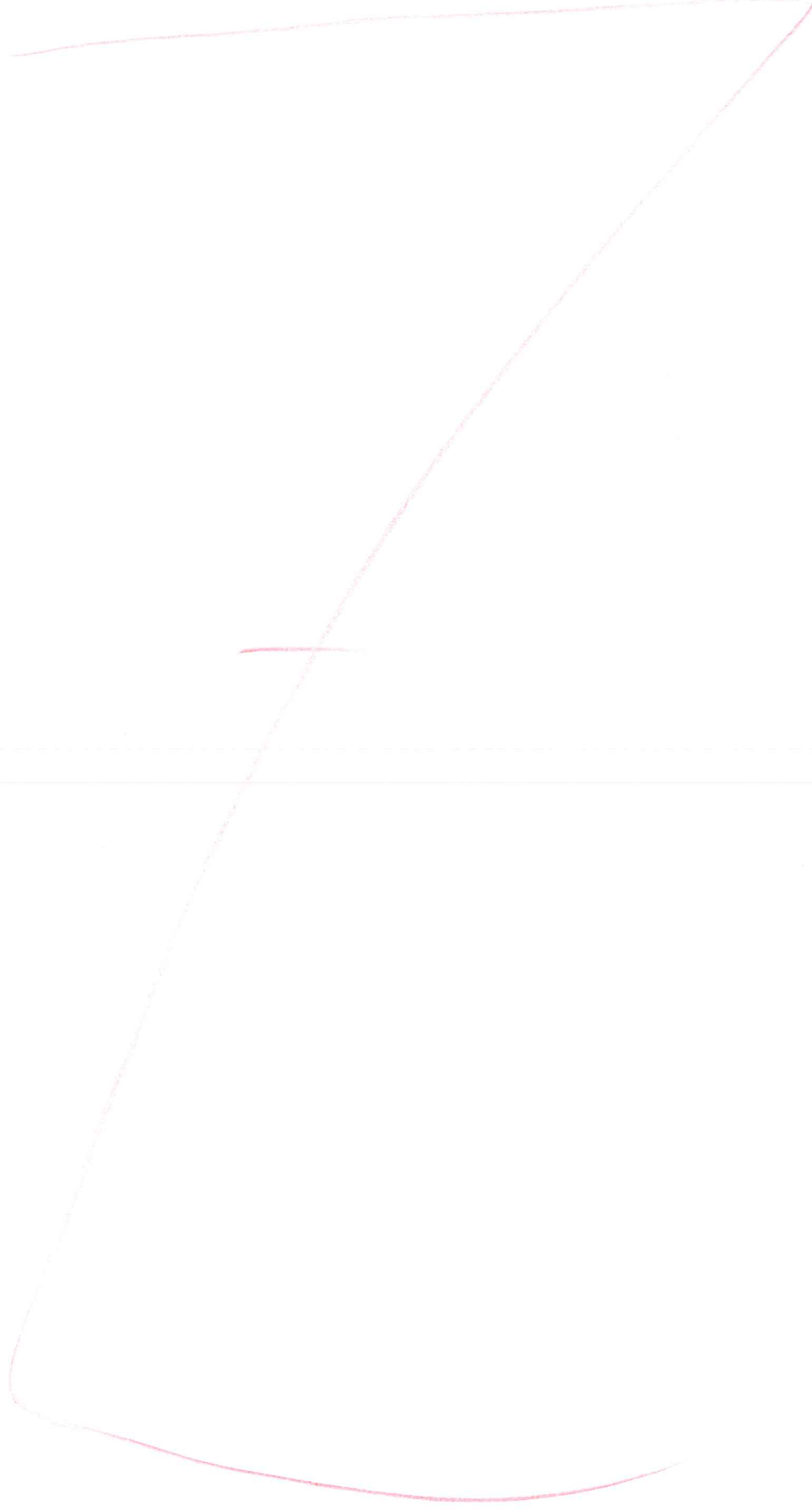
Ответ: на 1,25 м.  

Заметим, что в итоге они оба будут двигаться по окружностям, с одинаковой угловой скоростью, т.е.



R' - радиус. Окр. вала.





60-53-24-51
(5.3)

Чистовик

лист 5

$$\frac{u_1}{R} = \frac{u_2}{R'} = \omega$$

$$R' = \frac{u_2 \cdot R}{u_1} = \frac{24 \cdot 30}{25} = \frac{24 \cdot 6}{5} = 28,8 \text{ м.}$$

$$\begin{array}{r} 1 \ 2 \\ \times 24 \\ \hline 144 \end{array} \quad \begin{array}{r} 144 \ 5 \ 3 \\ - 72 \\ \hline 72 \ 8 \\ - 40 \\ \hline 32 \ 8 \\ - 24 \\ \hline 8 \end{array}$$

Здесь диаметр дуги в т. пер. вектора скорости, балка и окружности, по которой он бежит.

α - искаженное поств.



по косинусов и синусов.

$$AB^2 = R^2 + R^2 - 2 \cdot R \cdot R \cdot \cos \alpha = 2R^2 - 2R^2 \cdot \cos \alpha = 2R^2(1 - \cos \alpha)$$

$$AC^2 = AB^2 - BC^2 = (2R^2(1 - \cos \alpha)) - (R - R')^2 = (2R^2(1 - \cos \alpha)) - (R^2 - 2RR' + R'^2) = 2R^2 - 2R^2 \cos \alpha - R^2 + 2RR' - R'^2 = R^2 + 2RR' - R'^2 = \sin^2 \alpha \cdot R^2$$

$$2R^2 - 2R^2 \cos \alpha - (R^2 - 2RR' + R'^2) = \sin^2 \alpha \cdot R^2$$

$$2R^2 - 2R^2 \cos \alpha - R^2 + 2RR' - R'^2 = \sin^2 \alpha \cdot R^2$$

$$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$$

$$\sin^2 \alpha = 1 - \cos^2 \alpha$$

$$2R^2 - R^2 - 2R^2 \cos \alpha + 2RR' - R'^2 = (1 - \cos^2 \alpha) \cdot R^2$$

$$R^2 - 2R^2 \cos \alpha + 2RR' - R'^2 = R^2 - \cos^2 \alpha \cdot R^2$$

$$\cos^2 \alpha \cdot R^2 - 2R^2 \cos \alpha + 2RR' - R'^2 = 0$$

$$D = (-2R)^2 - 4 \cdot R^2 \cdot (2RR' - R'^2) = 4R^2 - 8R^3R' + 4R^4$$

$$= 4R^4 - 8R^3R' = 4R^3(R - R')$$

$$\cos \alpha = \frac{2R^2 \pm \sqrt{4R^3(R - R')}}{2R^2} = \frac{2R^2 \pm 2R \sqrt{R(R - R')}}{2R^2}$$

Учитывая

лист 6.

$$\cos d = \frac{R \pm \sqrt{2R(R-R')}}{R} = \frac{R \pm \sqrt{2R(R-R')}}{R}$$

$$\Rightarrow 1 \pm \sqrt{\frac{2R(R-R')}{R^2}} = 1 \pm \sqrt{2 \cdot \frac{R-R'}{R}}$$

$$\cos d < 1 \Rightarrow \cos d = 1 - \sqrt{2 \cdot \frac{R-R'}{R}}$$

$$\cos d = 1 - \sqrt{2 \cdot \frac{30-28,8}{30}}$$

$$\sin d = \sqrt{1 - \cos^2 d} = \sqrt{1 - \left(1 - 2 \cdot \sqrt{2 \cdot \frac{30-28,8}{30}} + 2 \cdot \frac{30-28,8}{30}\right)}$$

$$x = \sin d \cdot R = \sqrt{2 \cdot \sqrt{2 \cdot \frac{30-28,8}{30}} - 2 \cdot \frac{30-28,8}{30}} \cdot 30 \text{ м}$$

$$x = \sqrt{2 \cdot \sqrt{2 \cdot \frac{1,2}{30}} - 2 \cdot \frac{1,2}{30}} \cdot 30 \text{ м} = \sqrt{2 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 12}{300}} - \frac{2 \cdot 12}{300}} \cdot 30 \text{ м}$$

$$= \sqrt{2 \cdot \sqrt{\frac{24}{300}} - \frac{24}{300}} \cdot 30 \text{ м} = \sqrt{\sqrt{\frac{4 \cdot 24}{300}} - \frac{24}{300}} \cdot 30 \text{ м} =$$

$$= \sqrt{\sqrt{\frac{24}{75}} - \frac{24}{300}} \cdot 30 \text{ м} = \sqrt{\sqrt{\frac{8}{25}} - \frac{6}{75}} \cdot 30 \text{ м} = \sqrt{\sqrt{\frac{8}{25}} - \frac{2}{25}} \cdot 30 \text{ м}$$

$$= \sqrt{\frac{2\sqrt{2}}{5} - \frac{2}{25}} \cdot 30 \text{ м} = \sqrt{\frac{5 \cdot 2 \cdot \sqrt{2} - 2}{25}} \cdot 30 \text{ м} = \sqrt{\frac{10\sqrt{2} - 2}{5}} \cdot 6 \text{ м}$$

$$\approx \sqrt{10\sqrt{2} - 2} \cdot 6 \text{ м} =$$

по теореме Пифагора:

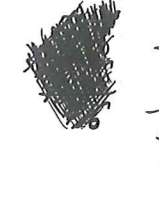
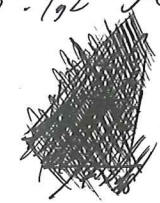
$$R^2 = x^2 + R'^2$$

$$x^2 = R^2 - R'^2$$

$$x = \sqrt{(R+R') \cdot (R-R')} = \sqrt{(30+28,8) \cdot (30-28,8)} \text{ м}$$

$$= \sqrt{58,8 \cdot 1,2} \text{ м} = \sqrt{70,56} \text{ м} = \sqrt{7056 \cdot 0,1} \text{ м} = \sqrt{4 \cdot 441 \cdot 0,1} \text{ м}$$

$$\begin{array}{r} \times 58,8 \\ 1,2 \\ \hline 1176 \\ 588 \\ \hline 70,56 \end{array}$$



$$\begin{array}{r} 7056 \mid 4 \\ \underline{4} \\ 30 \\ \underline{28} \\ 25 \\ \underline{24} \\ 16 \\ \underline{16} \\ 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 7056 \mid 4 \\ \underline{4} \\ 1764 \\ \underline{16} \\ 16 \\ \underline{16} \\ 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 21 \\ 21 \\ \hline 42 \\ 441 \end{array}$$

$$x = 4 \cdot 21 \cdot 0,1 \text{ м} = 4 \cdot 2,1 \text{ м} = 8,4 \text{ м}$$

Ответ: расстояние будет равно 8,4 м.

