



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

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Покори Воробьёвы Горы!»**

Профиль олимпиады: **Физика**

ФИО участника олимпиады: **Быстрицкий Александр Андреевич**

Класс: **9**

Технический балл: **65**

Дата проведения: **24 марта 2022 года**

Олимпиада школьников «Покори Воробьевы Горы!»
Заключительный этап 2021/22 учебного года.

ШИФР РАБОТЫ	1720645
--------------------	----------------

Результаты проверки:

	1	2	3	4	Σ	
В	0	5	4	5	65	
З	0	20	20	11		

Яшкин Сергей Борисович
Пятков Александр Павлович

ИТОГОВАЯ ОЦЕНКА:65

① Чеполук

$$\rightarrow v = 100 \text{ км/ч} \quad kv^2 \rightarrow v \quad \leftarrow \boxed{F} \rightarrow F$$

$$\begin{array}{r} 972 \overline{) 81} \\ 81 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$N_1 = \vec{F} \cdot \vec{v} = (F - kv^2)v$$

$$N_2 = (F_2 - kv^2)v = 1,2 N_1$$

$$F_2 v - kv^3 = 1,2 F_1 v - 1,2 kv^3$$

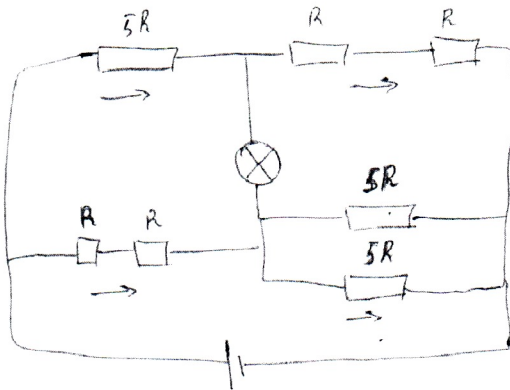
$$N_1 = kv^3$$

$$N_2 = kv^3 = 1,2 N_1 = 1,2 kv^3$$

$$\frac{Rn \cdot Rn}{Rn + Rn} = \frac{R^2 n^2}{2Rn} = \frac{Rn}{2}$$

$$\frac{5R \cdot 5R}{10R} = 2,5R$$

$$5 \cdot 2,5 = 12,5$$



$$P = IU = I^2 R$$

$$U_1 + U_3 = U_2 + U_4 = U_1 + U_3 + U_4$$

$$\begin{cases} U_1 + U = U_2 \\ U + U_3 = U_4 \end{cases} \quad \begin{cases} U_1 - U_3 = U_2 - U_4 \\ U_1 + U_3 = U_2 + U_4 \end{cases}$$

$$\begin{aligned} 2,5 I_4 &= 5 I^* \\ I^* &= \frac{I_4}{2} \end{aligned} \quad \begin{cases} 5 I_1 R + U = 2 R I_2 \\ 2,5 I_4 R + U = 2 R I_3 \end{cases} \quad \begin{cases} 5 I_1 - 2,5 I_4 = 2 I_2 - 2 I_3 \\ I_1 + I_2 = I_3 + I_4 \end{cases}$$

$$\begin{aligned} -5 I_1 + 2 I_3 &= 2 I_2 + 2,5 I_4 \\ 5 I_1 - 2,5 I_4 &= 2 I_2 - 2 I_3 \end{aligned} \quad \begin{cases} 5 I_1 - 2,5 I_4 = 2 I_2 - 2 I_3 \\ 2 I_1 - 2 I_4 = 2 I_3 - 2 I_2 \end{cases}$$

$$\frac{I_4}{2} = \frac{3,5}{4,5} I_1 = \frac{35}{45} I_1 = \frac{7}{9} I_1 \quad 7 I_1 - 4,5 I_4 = 0$$

$$I_1 = \frac{4,5}{7} I_4 \Rightarrow I_4 = \frac{7}{4,5} I_1$$

$$P_1 = I_1^2 5R$$

$$P_2 = P_3 = \frac{49}{81} I_1^2 5R$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{81}{49} \Rightarrow P_2 = \frac{P_1 \cdot 49}{81} =$$

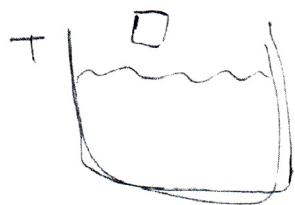
$$= \frac{3^5 \cdot 2^8 \cdot 49}{3^4} = 3 \cdot 4 \cdot 49 = 588 \text{ Вт}$$

$$\begin{array}{r} 972 \overline{) 2} \\ 486 \overline{) 2} \\ 243 \overline{) 3} \\ 81 \overline{) 3} \\ 27 \overline{) 3} \\ 9 \overline{) 3} \\ 3 \overline{) 3} \\ 1 \end{array} \quad 3^5 \cdot 2^8$$

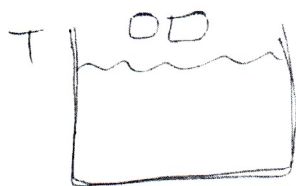
$$\begin{array}{r} 49 \\ \times 12 \\ \hline 98 \\ + 49 \\ \hline 588 \end{array}$$

② Термометр.

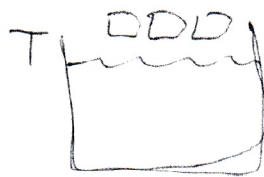
$$C_B(T-t_1) + C_A(T-t_1) + C_A(T-t_3) = 6m\lambda + m(t_1c + 2t_2c + 3t_3c)$$



$$t_1 = 42,5^\circ\text{C}$$



$$t_2 = 25,0^\circ\text{C}$$



$$t_3 = ?$$

~~$$C_B(t_1 - T) + C_A(t_1 - 0) = 0$$~~

~~$$C_B(t_2 - T) + 2C_A(t_2 - 0) = 0$$~~

~~$$C_B(t_3 - T) + 3C_A(t_3 - 0) = 0$$~~

$$C_B(t_1 - T) + m\lambda + mt_1c = 0$$

$$C_B(t_2 - T) + 2m\lambda + 2mt_2c = 0$$

$$C_B(t_3 - T) + 3m\lambda + 3mt_3c = 0$$

$$T = \frac{m\lambda + mt_1c}{C_B} + t_1$$

$$T = \frac{2m(\lambda + ct_1)(T - t_2)}{2m(\lambda + ct_2)} + t_1$$

$$\frac{T - t_2}{T - t_3} = \frac{2\lambda + 2t_2c}{3\lambda + 3t_3c}$$

$$T(3\lambda + 3t_3c) - 3\lambda t_2 - 3t_3t_2c = 2\lambda T + 2t_2cT - 2\lambda t_3 - 2t_2t_3c$$

$$\lambda T + 3t_3cT - 3\lambda t_2 - t_2t_3c - 2t_2cT + 2\lambda t_3 = 0$$

$$T = \frac{3\lambda t_2 + t_2t_3c - 2\lambda t_3}{\lambda + 3t_3c - 2t_2c} = \frac{2\lambda t_1 + ct_1t_2 - \lambda t_2}{\lambda + 2ct_2 - ct_1}$$

$$C_B(T - t_1) = m(\lambda + ct_1)$$

$$C_B = \frac{m(\lambda + ct_1)}{T - t_1}$$

$$C_B = \frac{2m(\lambda + ct_2)}{T - t_2}$$

$$\frac{\lambda + ct_1}{T - t_1} = \frac{2\lambda + 2ct_2}{T - t_2}$$

$$2T - \lambda t_2 + ct_1T - ct_1t_2 = \lambda T + 2ct_2T - 2\lambda t_1 - 2ct_2t_1$$

$$\lambda T + 2ct_2T - 2\lambda t_1 - 2ct_2t_1 + \lambda t_2 + ct_1t_2 - ct_1T = 0$$

$$T = \frac{2\lambda t_1 + 2ct_2t_1 - \lambda t_2 - ct_1t_2}{\lambda + 2ct_2 - ct_1}$$

$$T = \frac{2\lambda t_1 + ct_1t_2 - \lambda t_2}{\lambda + 2ct_2 - ct_1}$$

$$3\lambda^2 t_2 + 6\lambda ct_2^2 - 3\lambda ct_1t_2 + \lambda t_2t_3c + 2c^2 t_2^2 t_3 - c^2 t_1t_2t_3 - 2\lambda^2 t_3 - 4\lambda ct_2t_3 + 2\lambda ct_1t_3 = 2\lambda^2 t_1 + 6\lambda t_1t_3c - 4\lambda ct_1t_2 + 2ct_1t_2 + 3t_1t_2t_3c^2 - 3\lambda ct_2t_3 - 4\lambda ct_1t_2 - 2c^2 t_1t_2^2 + 2t_2^2 c\lambda$$

3) Тепловиз

$$3 C_B T - C_B (t_1 + t_2 + t_3) = G m \lambda + m (t_1 c + 2 t_2 c + 3 t_3 c)$$

$$\lambda(t_1 - t_2) + c t_1(t_1 - t_2) = (t_1 - t_2)(\lambda + c t_1)$$

$$\frac{C_B}{m} (t_1 - T) + \lambda + t_1 c = 0$$

$$2\lambda(t_1 - t_2) + 2c t_2(t_1 - t_2)$$

$$\frac{C_B}{m} (t_3 - T) + 3\lambda + t_3 c = 0$$

$$T - t_1 = \frac{2\lambda t_1 + c t_1 t_2 - \lambda t_2 - \lambda t_1 - 2c t_2 t_1 + c t_1^2}{\lambda + 2c t_2 - c t_1} = \frac{\lambda t_1 - c t_1 t_2 - \lambda t_2 + c t_1^2}{\lambda + 2c t_2 - c t_1} = \frac{(t_1 - t_2)(\lambda + c t_1)}{\lambda + 2c t_2 - c t_1}$$

$$T - t_2 = \frac{2\lambda t_1 + c t_1 t_2 - \lambda t_2 - \lambda t_2 - 2c t_2^2 + c t_1 t_2}{\lambda + 2c t_2 - c t_1} = \frac{2\lambda t_1 - 2\lambda t_2 + 2c t_1 t_2 - 2c t_2^2}{\lambda + 2c t_2 - c t_1} = \frac{(t_1 - t_2) \cdot 2(\lambda + c t_2)}{\lambda + 2c t_2 - c t_1}$$

$$C_B t_1 - C_B T + m \lambda + m t_1 c = C_B t_2 - C_B T + 2m \lambda + 2m t_2 c$$

$$C_B = \frac{m \lambda + m c (2 t_2 - t_1)}{t_1 - t_2}$$

$$C_B t_3 - C_B T + 3m \lambda + 3m t_3 c = C_B t_1 - C_B T + m \lambda + m t_1 c$$

$$\frac{m \lambda + m c (2 t_2 - t_1)(t_3 - t_1)}{t_1 - t_2} = -2m \lambda - 3m t_3 c + m t_1 c$$

$$\lambda t_1 + \frac{1}{3} \lambda + c (2 t_2 - t_1)(t_3 - t_1) = -2\lambda t_1 - 3 t_3 t_1 c + m t_1^2 c + 2\lambda t_2 + 3 t_3 t_2 c - t_2 t_2 c$$

$$\lambda + 2c t_2 t_3 - c t_1 t_2 - c t_1 t_3 + c t_1^2 = -2\lambda t_1 - 2 t_1 t_3 c + m t_1^2 c + 2\lambda t_2 + t_2 t_3 c - t_2 t_2 c$$

$$\lambda - c t_1 t_2 + c t_1^2 = -2\lambda t_1 - 2 t_1 t_3 c + m t_1^2 c + 2\lambda t_2 + t_2 t_3 c$$

$$t_3 = \frac{\lambda - c t_1 t_2 + c t_1^2 + 2\lambda t_1 - m t_1^2 c - 2\lambda t_2}{c(t_2 - 2 t_1)} = \frac{\lambda - c t_1 t_2 + 2\lambda t_1 - 2\lambda t_2}{c(t_2 - 2 t_1)}$$

$$-\lambda t_1 + \lambda t_3 - c t_1 t_2 = -\lambda t_1 - 2 t_1 t_3 c + 2\lambda t_2 + t_2 t_3 c$$

$$t_3 = \frac{c t_1 t_2 - \lambda t_1 + 2\lambda t_2}{\lambda + 2 t_1 c - c t_3} = \frac{c t_1 t_2 - \lambda t_1 + 2\lambda t_2}{\lambda + 2 t_1 c - c t_2} =$$

$$= \frac{4,2 \cdot 42,5 \cdot 25 - 336 \cdot 42,5 + 2 \cdot 336 \cdot 25}{336 + 2 \cdot 42,5 \cdot 2 - 4,2 \cdot 25} =$$

7) Тренировка.

$$\begin{array}{r} 44 \times 42,5 \\ \times 4,2 \\ \hline + 850 \\ 1700 \\ \hline 178,50 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 140 \\ \times 14 \\ \hline 14 \\ 14 \\ \hline 1540 \end{array}$$

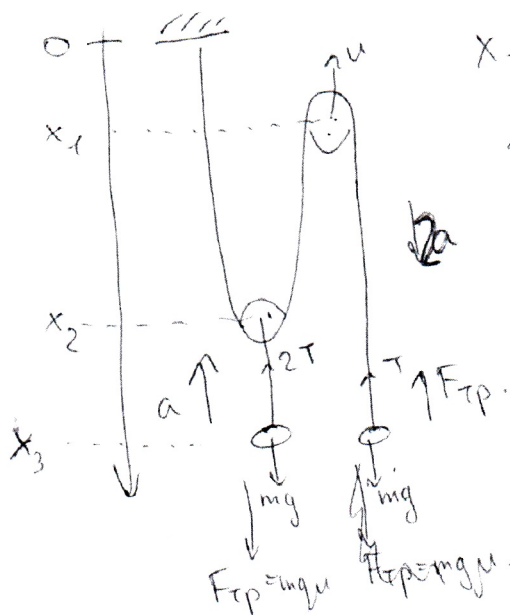
$$\begin{array}{r} 42,5 \\ \times 55 \\ \hline 2125 \\ + 2125 \\ \hline 2337,5 \end{array}$$

$$336 : 4,2 = 80.$$

$$\begin{array}{r} 10 \quad 10 \quad 10 \quad 10 \\ 4000,0 \\ - 2337,5 \\ \hline 1662,5 \end{array}$$

$$\frac{42,5 \cdot 25 - 80 \cdot 42,5 + 50 \cdot 80}{80 + 85 - 25} = \frac{-55 \cdot 42,5 + 4000}{140} = \frac{1662,5}{140} \approx 12^0$$

$$\begin{array}{r} 140 \\ \times 12 \\ \hline 28 \\ 14 \\ \hline 1680 \end{array}$$



$$x_2 + (x_2 - x_1) + x_3 = 0.$$

$$2x_2 - x_1 + x_3 = 0.$$

$$2v_{2x} - v_{1x} + v_{3x} = 0$$

$$v_{1x} = v_{3x} = 1,6 \frac{m}{c}.$$

$$2T - mg - mg\mu = ma.$$

$$mg - T - mg\mu = 2ma.$$

$$mg - T - mg\mu = 4T - 2mg - 2mg\mu.$$

$$3mg + mg\mu = 5T$$

$$6mg + 2mg\mu = 10T$$

$$10 \cdot 3 \cdot 0,3 = 9.$$

$$1,5at = u.$$

$$t = \frac{u}{1,5 \cdot 0,2} = \frac{80}{15} = 5 \frac{1}{3}.$$

$$t = \frac{16}{3} = 5 \frac{1}{3} c$$

$$10T - 5mg - 5mg\mu = 5ma.$$

$$6mg + 2mg\mu - 5mg - 5mg\mu = 5ma.$$

$$g - 3g\mu = 5a \Rightarrow a = \frac{10 - 9}{5} = \frac{1}{5} \frac{m}{c^2}$$

$$x = \frac{at^2}{2}$$

$$x = ut - \frac{2at^2}{2}$$

$$\frac{at^2}{2} = ut - at^2$$

$$1,5at^2 = ut$$

$$t = \frac{1,6}{1,5 \cdot \frac{1}{5}} = 5 \frac{1}{3}$$

Числовик

Задача 2

5

Вопрос: температура плавления льда уменьшается, на дорогах и пешеходных зонах лед посыплют солью, для того чтобы он немного растаял и не был скользким.

Задача:

Дано:

$$t_1 = 42,5^\circ$$

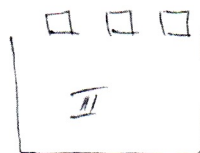
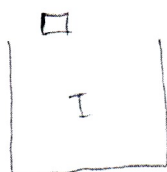
$$t_2 = 25,0^\circ$$

$$C = 4,2 \text{ кДж/(м}^\circ\text{C)}$$

$$\lambda = 336 \text{ кДж/кг}$$

Найти: t_3

Решение:



1) T - начальная температура воды во всех сосудах.

C_B - теплоемкость начальной воды во всех сосудах.

0° - температура льда, т.к. он в теп. рав. с водой

m - масса одного кубика льда. По закону сохранения энергии:

I сосуд: $C_B(T - t_1) = m\lambda + mct_1 \quad (1)$

II сосуд: $C_B(T - t_2) = 2m\lambda + 2mct_2 \quad (2)$

III сосуд: $C_B(T - t_3) = 3m\lambda + 3mct_3 \quad (3)$

2) Вычтем из 1 ур-ва. 2 ур-ва:

$$C_B T - C_B t_1 - C_B T + C_B t_2 = -m\lambda + mct_1 - 2mct_2$$

$$C_B = \frac{-m\lambda + mct_1 - 2mct_2}{t_2 - t_1} = \frac{m\lambda + 2mct_2 - mct_1}{t_1 - t_2} \quad (4)$$

3) Вычтем из 3 ур-ва. 1 ур-ва:

$$C_B T - C_B t_3 - C_B T + C_B t_1 = 2m\lambda + 3mct_3 - mct_1$$

$$C_B = \frac{2m\lambda + 3mct_3 - mct_1}{t_1 - t_3} \quad \text{Подставим } C_B \text{ из 4 ур-ва.}$$

Числовые ⑥

Задача 2.

4) Попробем упр., где неизвестно только t_3 :

$$\frac{m\lambda + 2mct_2 - mct_1}{t_1 - t_2} = \frac{2m\lambda + 3mct_3 - mct_1}{t_1 - t_3}$$

$$m\lambda t_1 - m\lambda t_3 + 2mct_1 t_2 - 2mct_2 t_3 - mct_1^2 + mct_1 t_3 = 2m\lambda t_1 - 2m\lambda t_2 + 3mct_1 t_3 - 3mct_2 t_3 - mct_1^2 + mct_1 t_2 \quad | : m$$

Приводим подобие:

$$-\cancel{m\lambda t_1} - \cancel{m\lambda t_3} + \cancel{2c}t_1 t_2 + ct_2 t_3 - 2ct_1 t_3 + 2\lambda t_2 = 0$$

$$t_3 = \frac{-\lambda t_1 + \cancel{2c}t_1 t_2 + 2\lambda t_2}{\lambda - ct_2 + 2ct_1} ; \text{ числит. и знамен. разделим на } c$$

$$t_3 = \frac{-\frac{\lambda}{c}t_1 + t_1 t_2 + 2\frac{\lambda}{c}t_2}{\frac{\lambda}{c} - t_2 + 2t_1} ; \quad \frac{\lambda}{c} = \frac{336}{4,2} = 80^\circ$$

$$t_3 = \frac{-80 \cdot 42,5 + 42,5 \cdot 25 + 2 \cdot 80 \cdot 25}{80 - 25 + 2 \cdot 42,5} \approx 12^\circ \text{C}$$



Ответ: $t_3 \approx 12^\circ \text{C}$

7 Числовые

Задача 3.

Вопрос: Количество теплоты, выделяемой проводником, равняется произведению квадрата силы тока, протекающего через него, на его сопротивление, а также умноженное на время, в течение которого выделялась теплота.

$$Q = I^2 R t$$



Задача:

Дано:

$$n = 5$$

$$P_1 = 972 \text{ Вт}$$

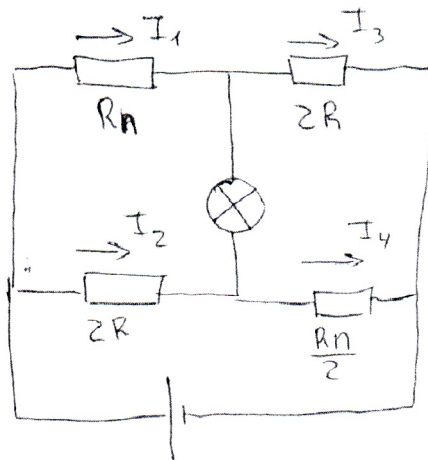
Найти:

$$P_2 \text{ и } P_3$$

Решение:

Пусть R - сопротивление резистора, тогда

Rn - сопротивление нагревательного элемента.



Объединим два резистора справа и слева, а также два нагрев. элемента.

Расставим токи (кроме лампы)

I правило Кирхгофа (вся цепь): $I_1 + I_2 = I_3 + I_4$ (1)

II правило Кирхгофа (вся цепь): $I_1 Rn + I_3 2R = I_2 2R + I_4 \frac{Rn}{2}$ | : R

$$I_1 n + 2I_3 = 2I_2 + I_4 \frac{n}{2} \quad (2)$$

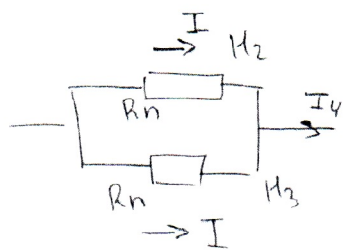
Умножим 1 урав. на 2 и сложим со 2:

$$\begin{cases} 2I_1 + 2I_2 - 2I_3 - 2I_4 = 0 \\ I_1 n + 2I_3 - 2I_2 - I_4 \frac{n}{2} = 0 \end{cases}$$

$$I_1 (2+n) = I_4 (2 + \frac{n}{2}) \Rightarrow I_4 = \frac{I_1 (2+n)}{2 + \frac{n}{2}}$$

8) Числовые

Задача 3.



Через два нагревательных элемента протекает общий ток I_4 . Значит через каждый нагр. элем. течет $\frac{I_4}{2}$, т.к. одинаковые сопротивления:

$$I = \frac{I_4}{2} = \frac{I_4(2+n)}{4+n}$$

Распишем: $P_1 = I_1^2 R_n$

$$P_2 = P_3 = I^2 R_n = \frac{I_1^2 (2+n)^2}{(4+n)^2} R_n$$

Подставим: $\frac{P_1}{P_2} = \frac{(4+n)^2}{(2+n)^2} \Rightarrow P_2 = P_3 = \frac{P_1 (2+n)^2}{(4+n)^2}$

Подставляем: $P_2 = P_3 = \frac{972 \cdot 49}{81} = 588 \text{ Вт}$

Ответ: $P_2 = P_3 = 588 \text{ Вт}$

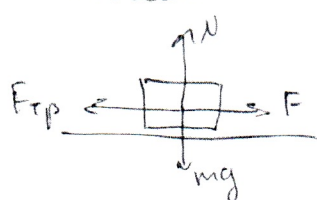


9 Числовые

Задача 4.

Вопрос: сила трения покоя возникает при попытке сдвинуть предмет, когда он остается в покое, т.е. она подстраивается от 0 до своего max. знач. в зависимости от внешней силы, если внешняя сила превышает максим. силу трения, то получается уже сила трения скольжения и тело движется:

Покой:

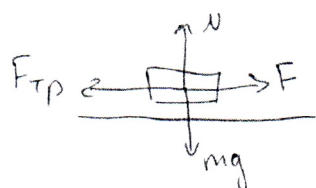


$$F_{тр}^{max} = mg\mu$$

$$0 \leq F_{тр} \leq mg\mu ; F_{тр} = F$$



Движение:



$$F_{тр} = mg\mu$$

$$F \geq F_{тр} = mg\mu$$

Задача:

Дано:

$$u = 1,6 \frac{m}{c}$$

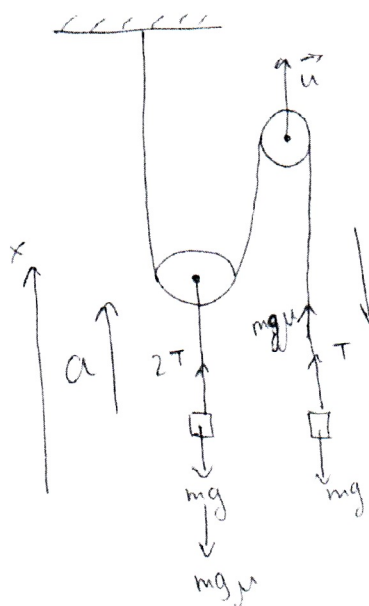
$$\mu = 0,3$$

$$g = 10 \frac{m}{c^2}$$

Найти:

$$t - ?$$

Решение:



1. т.к. в начале левую майбу удерживали, то ее начальная скорость 0, тогда у правой майбы начальная скорость $2a \vec{u}$, направлена вверх.

2. Найдем ускорение грузов. Из кинемат. связей ускорение левой майбу a , тогда ускорение правой $\rightarrow 2a$.

10) Условие

3. Пусть ускорение левой майбуги вверх, правой вниз.

Против направлений ускорений считаем время. тогда

II 3. Ньютона для левой майбуги: Ox :

$$ma = 2T - mg - mg\mu \quad ; \quad \text{для правой: } -2ma = mg\mu + T - mg \quad (2)$$

(1)

$$T = mg - mg\mu - 2ma$$

Подставим T из 2 урав. в 1.:

$$ma = 2mg - 2mg\mu - 4ma - mg - mg\mu \quad | : m$$

$$5a = g - 3g\mu \Rightarrow a = \frac{g(1-3\mu)}{5} = \frac{10(1-3 \cdot 0,3)}{5} = \frac{1}{5} \frac{m}{c^2} > 0$$

4. Координата x , груза левого через время t :

$$x_1 = \frac{at^2}{2} \quad ; \quad \text{для правого груза: } x_2 = ut - \frac{2at^2}{2}$$

$x_1 = x_2$ (на одной прямой):

$$\frac{at^2}{2} = ut - at^2$$

$$1,5at = u \Rightarrow t = \frac{u}{1,5a} \quad ; \quad a = \frac{g(1-3\mu)}{5}$$

$$t = \frac{u \cdot 5}{1,5g(1-3\mu)} = \frac{1,6 \cdot 5}{1,5 \cdot 10 \cdot 0,1} = \frac{8}{1,5} = \frac{80}{15} = 5 \frac{1}{3} \text{ c}$$

$$\text{Ответ: } t = 5 \frac{1}{3} \text{ c}$$