

Региональный этап олимпиады
по физике имени Дж. Максвелла 2021

1 день

Шифр 806.

Таблица для жюри

№ задачи	1	2	3	4	Итого	Подпись
Эксперт №1 (Ф.И.О) <i>Есдорниев И.А.</i>	10	10	10	15	45	<i>[Signature]</i>
Эксперт №2 (Ф.И.О) <i>Торбаганов А.В.</i>	10	10	10	14	44	<i>[Signature]</i>
Председатель (Ф.И.О) <i>Гарин</i>	10	10	10	14	44	<i>[Signature]</i>

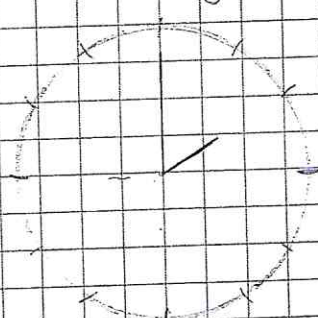
№ 1.8.1.

Всего в круге 360° .

Минутная стрелка проходит весь круг за 60 мин, значит ее скорость: $\vec{v}_m = \frac{360^\circ}{60 \text{ мин}} = 6^\circ/\text{мин}$.

Часовая стрелка проходит весь круг за 12 часов (720 мин), значит ее скорость: $\vec{v}_h = \frac{360^\circ}{720 \text{ мин}} = 0,5^\circ/\text{мин}$.

Если минутная стрелка догоняет часовую:

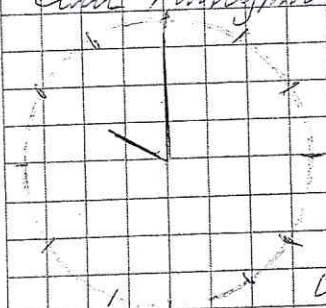


В начальный момент времени ^{угол} расстояние между стрелками равно 60° . Через t_1 стрелки будут совпадать, а через t_2 (после t_1) угол между стрелками вновь будет равен 60° .

$t_{\text{сов}} = t_1 + t_2$; $t_1 = \frac{60^\circ}{\vec{v}_m - \vec{v}_h}$ (стрелки обгоняются); $t_2 = \frac{60^\circ}{\vec{v}_m - \vec{v}_h}$ (стрелки отходятся)

$t_{\text{сов}} = t_1 + t_2 = 2 \cdot \frac{60^\circ}{\vec{v}_m - \vec{v}_h} = 2 \cdot \frac{60^\circ}{5,5^\circ/\text{мин}} = 21,82 \text{ мин}$

Если минутная стрелка отходит от часовой:



Стрелки будут ^{для} отходить со тех пор, пока ^{угол} расстояние между ними не станет вновь 60° .

60° соответствует 300° ($360^\circ - 60^\circ = 300^\circ$), значит,

стрелки отходятся ^{или} до 300° (начальное же ^{или} расстояние между стрелками — 60°)

$t = \frac{300^\circ - 60^\circ}{\vec{v}_m - \vec{v}_h} = \frac{240^\circ}{5,5^\circ/\text{мин}} = 43,63 \text{ мин}$

Ответ: угол между стрелками вновь будет равен α либо через 21,82 мин, либо через 43,63 мин.

$t_{\text{сов}} = \frac{\alpha}{\vec{v}_m - \vec{v}_h} \cdot 2$; $t = \frac{360^\circ - \alpha}{\vec{v}_m - \vec{v}_h}$

N2.2.2.

На участке $0c - T_1$ лёд нагревался, но первый кусок льда нагревался быстрее из-за меньшей массы.

На участке $T_1 - T_2$ первый кусок льда льда плавился, а второй нагревался.

На участке $T_2 - T_3$ весь лёд плавился.

На участке $T_3 - T_4$ вода из первого куска льда нагревалась, а второй кусок льда всё ещё плавился.

На участке $T_4 - T_{600}$ с вода из обоих кусков льда нагревалась.

Первый кусок льда плавился $T_3 - T_2$; а второй $T_4 - T_2$.

$$(T_3 - T_2)P = \lambda(m_2 - \Delta m). \quad (T_4 - T_2)P = \lambda m_2.$$

Найдём T_1, T_2, T_3 и T_4 по графику.

$$245,4^\circ\text{C} \cdot P = \lambda m_2 - \lambda \Delta m. \quad 359,8^\circ\text{C} \cdot P = \lambda m_2.$$

$$359,8^\circ\text{C} \cdot P - 245,4^\circ\text{C} \cdot P = \lambda m_2 - \lambda m_2 + \lambda \Delta m$$

$$84,4^\circ\text{C} \cdot P = \lambda \Delta m.$$

$$P = \frac{\lambda \Delta m}{84,4^\circ\text{C}} = 392,39 \text{ Вт} - \text{мощность нагревателя}$$

$$1) P = 392,39 \text{ Вт} \approx 392 \text{ Вт}$$

$$359,8^\circ\text{C} \cdot P = \lambda m_2$$

$$m_2 = \frac{359,8^\circ\text{C} \cdot P}{\lambda} = 0,4278 \text{ кг}$$

$$m_1 = m_2 - \Delta m = 0,3278 \text{ кг}$$

$$2) m_2 = 0,4278 \text{ кг}; m_1 = 0,3278 \text{ кг}$$

1.3.2 Продолжение.

$$t_{\text{из}} = 0$$

$$(T_2 - 0) P = C_1 m_1 (0^\circ\text{C} - t_{\text{из}})$$

$$t_{\text{из}} = - \frac{T_2 P}{C_1 m_1} = -39,95^\circ\text{C} \approx -40^\circ\text{C}$$

Первый кусок льда за 600 с после плавления нагревается до T_3 , значит

$$(600\text{c} - T_3) P = C_0 m_1 (t_{\text{кон}1} - 0^\circ\text{C})$$

$$t_{\text{кон}1} = \frac{(600\text{c} - T_3) P}{C_0 m_1} = 42,5^\circ\text{C}$$

$$3) t_{\text{из}} = -40^\circ\text{C}$$

Второй кусок льда нагревается до T_4 после плавления, значит.

$$(600\text{c} - T_4) P = C_0 m_2 (t_{\text{кон}2} - 0^\circ\text{C})$$

$$t_{\text{кон}2} = \frac{(600\text{c} - T_4) P}{C_0 m_2} = 31^\circ\text{C}$$

$$3) t_{\text{из}} = -40^\circ\text{C}; t_{\text{кон}1} = 42,5^\circ\text{C}; t_{\text{кон}2} = 31^\circ\text{C}$$

За T_2 секунд первый кусок льда нагреется до температуры плавления в 0°C ; а второй нагреется на? $T_2 P = C_1 m_2 (t' - t_{\text{из}})$

$$t' = \frac{T_2 P + t_{\text{из}} C_1 m_2}{C_1 m_2} = -12,3^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = 0^\circ\text{C} - t' = 12,3^\circ\text{C}$$

$$\text{Ответ: 1) } P = 352 \text{ Вт}$$

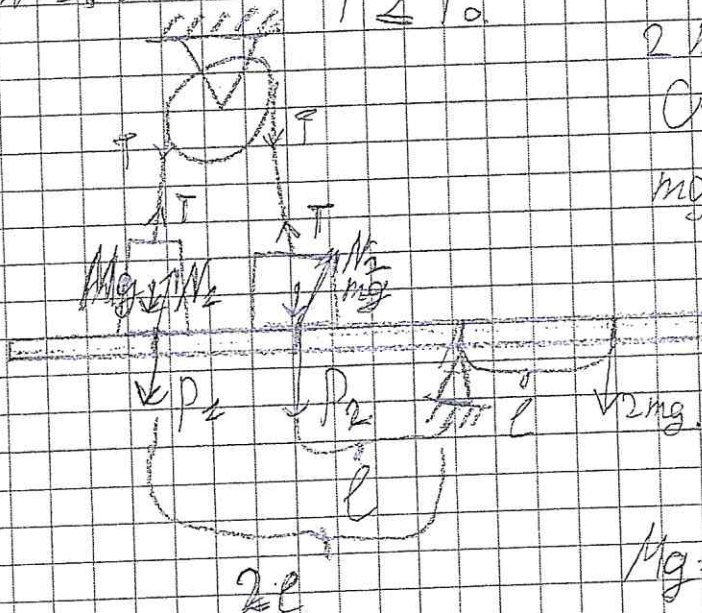
$$2) m_1 = 0,43 \text{ кг}; m_2 = 0,33 \text{ кг}$$

$$3) t_{\text{из}} = -40^\circ\text{C}; t_{\text{кон}1} = 42,5^\circ\text{C}; t_{\text{кон}2} = 31^\circ\text{C}$$

$$4) \Delta t = 12,3^\circ\text{C}$$

№ 2.2.3

$$T \leq T_0$$



Отк. опоры рычага:

$$2mg \cdot l = P_2 \cdot l + P_2 \cdot 2l$$

Отк. груза m:

$$mg = T + N_2 = T + P_2 \Rightarrow P_2 = mg - T$$

Отк. груза M:

$$Mg = T + N_2 = T + P_2 \Rightarrow P_2 = Mg - T$$

$$2mg \cdot l = P_2 \cdot l + P_2 \cdot 2l$$

$$2mg = mg - T + Mg - 2T$$

$$mg = 2Mg - 3T$$

$$2Mg = mg + 3T$$

$$M = \frac{m}{2} + \frac{3 \cdot T}{2 \cdot g}, \quad T \leq T_0, \text{ значит:}$$

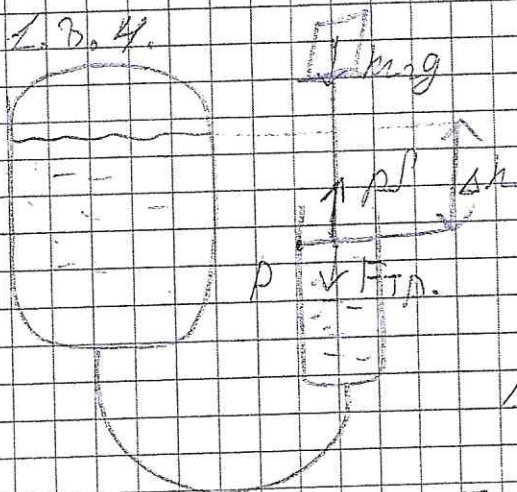
$$\frac{m}{2} + \frac{3T_0}{2g} \leq M \leq \frac{m}{2}$$

$$5,75 \text{ кг} \leq M \leq 2 \text{ кг.}$$

M — от 2 кг до 5,75 кг.

Ответ: равновесие возможно при M от 2 кг до 5,75 кг.

№ 1.8.4.



$$\rho = \rho g \Delta h$$

Отк. поршня:

$$\rho S = m_2 g + F_{ТР}$$

$$\rho g \Delta h S = m_2 g + F_{ТР}$$

$$\Delta h = \frac{m_2 g + F_{ТР}}{\rho g S} = \frac{m_2}{\rho S} + \frac{F_{ТР}}{\rho g S}$$

$$= \frac{1}{\rho S} \cdot m_2 + \frac{F_{ТР}}{\rho g S}$$

1) $\Delta h = \frac{1}{\rho S} \cdot m_2 + \frac{F_{ТР}}{\rho g S}$ — теоретическая зависимость.

2) график в Приложении.

3) Коэффициент наклона графика к равен $\frac{1}{\rho S} \cdot m_2$;

$$k = \frac{\Delta h_1 - \Delta h_2}{m_{21} - m_{22}} = \frac{2\text{ м} - 1,4\text{ м}}{90\text{ г} - 55\text{ г}} = 0,00664\text{ м/г}$$

$$k = \frac{1}{\rho S} \cdot \frac{1}{m_2} = \frac{1}{k} = \frac{\rho S}{m_2} ; S = \frac{m_2}{k \cdot \rho} = 0,15 \pm 0,00015\text{ м}^2 = 1,5\text{ см}^2$$

$$S = 1,5\text{ см}^2 ; \frac{F_{ТР}}{\rho g S} = \Delta h - \frac{m_2}{\rho S}$$

$$F_{ТР} = \Delta h \rho g S - m_2 g = 2,1\text{ Н} \quad (\Delta h \text{ и } m_2 - \text{по графику})$$

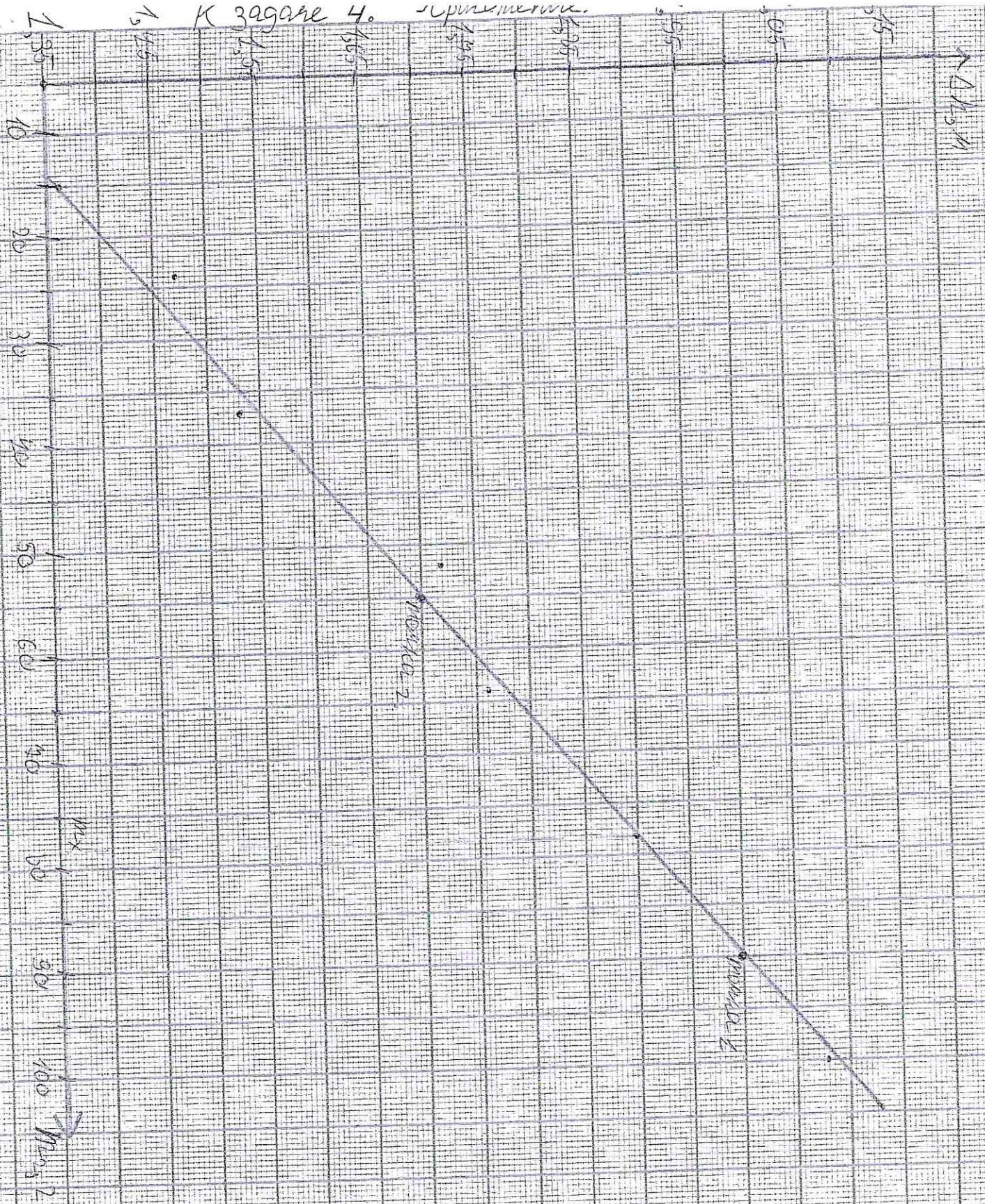
4) $m_x = 78\text{ г}$ — по графику.

Ответ: $F_{ТР} = 2,1\text{ Н}$

$$S = 1,5\text{ см}^2$$

$$m_x = 78\text{ г}$$

К задаче 4. Упрямая.



Региональный этап олимпиады
по физике имени Дж. Максвелла 2021

2 день

Шифр 806

Таблица для жюри

№ задачи	1	2	3	4	Итого	Подпись
Эксперт №1 (Ф.И.О) <i>Есоришин И.И.</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>8</i>	<i>14</i>	<i>42</i>	
Эксперт №2 (Ф.И.О) <i>Торбанова А.В.</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>8</i>	<i>14</i>	<i>42</i>	<i>А.В. Торбанова</i>
Председатель (Ф.И.О) <i>Габриш А.</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>8</i>	<i>14</i>	<i>42</i>	

806

2.8.1.

$$l = 10 \text{ м}$$

Условие равновесия груза:

$$T_2 = mg + T_3$$

Условие равновесия верней нити

относительно точки 1:

$$4lmg = 7lT_3$$

$$4mg = 7T_3$$

$$T_3 = \frac{4}{7}mg$$

Общая масса системы:

$$m + m + m = 3m; \text{ на}$$

систему действуют

сила тяжести $3mg$

сила натяжения нити

T_1 ; система в равнове-

сии, значит $T_1 = 3mg$.

$$T_2 = mg + T_3 = 1mg + \frac{4}{7}mg = \frac{11}{7}mg$$

Условие равновесия верней нити

относительно точки 2:

$$xT_1 = 4lmg + 7lT_2$$

$$xT_2 = 4lmg + 7l \cdot \frac{11}{7}mg$$

$$xT_2 = 15lmg$$

$$x \cdot 3mg = 15lmg$$

$$x = 5l$$

$x = 50 \text{ м}$ — расстояние от левого края

вертикально спущенной точки крепления нити.

$$T_1 = 3mg = 210 \text{ Н}$$

$$T_2 = \frac{11}{7}mg = 110 \text{ Н}$$

$$T_3 = 40 \text{ Н}$$

Ответ: $x = 50 \text{ м}$; $T_1 = 210 \text{ Н}$; $T_2 = 110 \text{ Н}$; $T_3 = 40 \text{ Н}$

806

2.2.2.

v_a - скорость Ярика

v_n - скорость Бросера.

Если столкнулись лобовик или в разные стороны:

$v_n + v_a$ - скорость удара (до удара).

$t_1 = \frac{5 \text{ км}}{v_a}$ - время, за которое Ярик дошёл до привала (по угадкам)

$$t_1 = \frac{15 \text{ км}}{v_n + v_a} \text{ - по угадкам; } \frac{5 \text{ км}}{v_a} = \frac{15 \text{ км}}{v_n + v_a}$$

$$\frac{1}{v_a} = \frac{3}{v_n + v_a}$$

$$3v_a = v_n + v_a$$

$$2v_a = v_n$$

Пусть после разворота

скорость увеличилась в $2x$ раз (скорость Бросера).

$x v_n - v_a$ - скорость сближения.

$t_2 = \frac{4 \text{ км}}{v_a}$ - время от конца привала до встречи (по угадкам)

$$t_2 = \frac{20 \text{ км}}{2x v_n - v_a} = \frac{20 \text{ км}}{v_a (2x - 1)} \text{ - по угадкам}$$

$$\frac{4 \text{ км}}{v_a} = \frac{20 \text{ км}}{v_a (2x - 1)}; \quad \frac{1}{v_a} = \frac{5}{v_a (2x - 1)}; \quad 1 = \frac{5}{2x - 1};$$

$$5 = 2x - 1$$

$$2x = 6$$

До привала мальчик удалился на 15 км, причём Ярик прошёл 5 км, след. Бросер прошёл 10 км;

Во время привала Бросер прошёл 5 км

После привала мальчик сблизился на 20 км, но Ярик ушёл от Бросера на 4 км, след. Бросер прошёл 24 км

2.8.2. Продолжение:

Скорость Таракана. Таракор всю дорогу $10 + 5 + 24 = 39$ км, причем

первые 15 км от елки со скоростью v_1 , время: $\frac{15 \text{ км}}{v_1}$

Вторые 10 км от елки со скоростью $10v_1 = 3v_2$, время: $\frac{10 \text{ км}}{3v_2}$

Всего он уйдет $14 \text{ ч } 55 \text{ мин} (115 \text{ мин})$, следовательно:

$$\frac{15 \text{ км}}{v_1} + \frac{24 \text{ км}}{3v_2} = 115 \text{ мин}$$

$$\frac{15 \text{ км}}{v_1} + \frac{8 \text{ км}}{v_2} = 115 \text{ мин}$$

$$23 \frac{8 \text{ км}}{v_2} = 115 \text{ мин}$$

$$v_2 = \frac{8 \text{ км}}{5 \text{ мин}} = 0,6 \text{ км/мин} = 0,2 \text{ км/ч}$$

$$v_1 = \frac{23 \text{ км}}{115 \text{ мин}} = 0,2 \text{ км/мин} = 12 \text{ км/ч}$$

$$v_2 = \frac{v_1}{2} = 6 \text{ км/ч}$$

Во время кривой Таракор улетит от Ярика на 5 км (по прямой).

$$t_1 \cdot v_1 = 2t_2 v_2 = 5 \text{ км} \quad (t_1 - \text{время кривой})$$

$$t_1 = \frac{5 \text{ км}}{2v_2} = 25 \text{ мин}$$

Если сначала мальчики шли в одном направлении:

Найдём x , отношение перелому секунды:

$v_1 - v_2$ - скорость удаления.

$$\frac{5 \text{ км}}{v_2} = \frac{15 \text{ км}}{v_1 - v_2}; \quad 3v_2 = v_1 - v_2; \quad 4v_2 = v_1$$

$xv_1 + v_2$ - скорость сближения;

$$\frac{20 \text{ км}}{xv_1 + v_2} = \frac{20 \text{ км} + 4 \text{ км}}{v_2}$$

2.в.2. Продолжение:

$$\frac{1}{\sqrt{x}} = \frac{5 \text{ км}}{\sqrt{x}(4x+1)}$$

$$1 = \frac{5}{4x+1}$$

$$5 = 4x+1$$

$$4x = 4$$

$$x = \frac{4}{4} = 1$$

$x=1$, $x > 2$ - по условию, слог. так же быть не может, сточная
машинки или в разных направлениях.

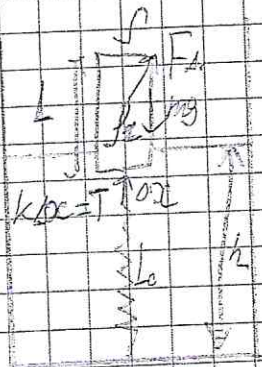
Ответ: Прохор проехал 39 км

Прохор увеличил скорость в 3 раза.

Ярик отбыл 25 км.

Скорость Ярика - 6 км/ч.

2.в.3.



Если $h \leq L_0 - \Delta x$ и $h \leq L_0 - 2\Delta x$:

$$mg = k \Delta x$$

$$\Delta x = \frac{mg}{k} = \frac{L \rho g}{k} = 2 \text{ см.} \quad n1 - 16$$

Если $\Delta x = 0$:

$$mg = F_{\text{sp}}; \quad L \rho g = (h - L_0) \rho g$$

$$h - L_0 = \frac{L \rho g}{\rho g} = \frac{L \rho}{\rho} = 10 \text{ см}$$

$$h = 20 \text{ см}$$

$L_0 = 20 \text{ см}$ - значение h , при котором пружина не растягивается. n2 - кет

2.3.3. Протяжение.

Если $h \geq L_0 + \Delta x$ $h_0 \geq h \geq L_0 + \Delta x$ $20 \text{ см} \geq h \geq 13,5 \text{ см}$

$mg = F_A + \Delta x k$

$L \rho_p g = (h - L_0 + \Delta x) \rho_p g + \Delta x k$

$L \rho_p g - h \rho_p g + L_0 \rho_p g = \Delta x \rho_p g + \Delta x k$

$\Delta x = \frac{L \rho_p g - h \rho_p g + L_0 \rho_p g}{\rho_p g + k} = \frac{\rho_p g (L_0 - h + L)}{\rho_p g + k}$

$\Delta x = \frac{\rho_p g (L_0 - h + L)}{\rho_p g + k} = \frac{\rho_p g L}{\rho_p g + k}$

Если пружина полностью растянута:

$mg + k \Delta x = F_A$

$L \rho_p g + k \Delta x = L \rho_p g$

$\Delta x = \frac{L \rho_p g (1 - \rho_p)}{k} = 0,45 \text{ см}$

$h \geq L_0 + \Delta x + L = 22,95 \text{ см}$

$h_{\text{max}} = 22,95 \text{ см}$ - значение h , при котором пружина растянута.

Если $h_{\text{max}} \geq h \geq h_0$ ($22,95 \text{ см} \geq h \geq 20 \text{ см}$).

$mg + \Delta x k = \rho_p g (h - L_0 + \Delta x)$

$L \rho_p g + \Delta x k = \rho_p g h - \rho_p g L_0 + \rho_p g \Delta x$

$\Delta x (k - \rho_p g) = \rho_p g h - \rho_p g L_0 - L \rho_p g$

$\Delta x = \frac{\rho_p g (h - L_0 - L)}{k - \rho_p g} = \frac{\rho_p g h}{k - \rho_p g} - \frac{\rho_p g (L_0 + L)}{k - \rho_p g}$

Наблюдаем значения Δx :

$h, \text{см}$	0	8	20	$\frac{22,8}{22,95}$
$\Delta x, \text{см}$	2	2	0	-0,5

Пружина растянута
Традиция & Тюринг

В С В

2.3.4.

Таблица В приложении 2.

По графику видно, что металл плавится и кристаллизуется при температуре 238°C , следовательно температура плавления этого металла.

150 г металла нагрели 40 сек (по графику);

$$Q = m\lambda = 0,15 \text{ кг} \cdot 20 \text{ кДж/кг} = 3 \text{ кДж}$$

$$P = \frac{Q}{t} = \frac{3000 \text{ Дж}}{40 \text{ с}} = 75 \text{ Вт.} - \text{мощность плитки.}$$

140

Затем плитка за 10 сек. нагрела металл θ на 10° (по графику):

$$cm \Delta t = P \Delta t$$

$$c = \frac{m \Delta t}{m \Delta t} \frac{P \Delta t}{m \Delta t} = 500 \text{ Дж/кг}^{\circ}\text{C} - \text{удельная теплоемкость.}$$

Плитка нагрела металл на 10°C за 10 сек., а во время остывания металл остыл на 10°C за 30 сек (по графику), следовательно мощность теплопотерь в этот раз меньше мощности плитки и равна 25 Вт (температура металла меняется слабо, поэтому мощность теплопотерь почти не меняется).

Плитка растопила и нагрела металл за 50 сек (по графику), значит металл остывает и кристаллизуется за время, в 3 раза большее:

$$50 \text{ с} \cdot 3 = 150 \text{ с. } T = 150 \text{ с.}$$

$$\text{Ответ: } c = 500 \text{ Дж/кг}^{\circ}\text{C}$$

$$P = 75 \text{ Вт.}$$

$$T = 150 \text{ с.}$$

- n 6
- n 2

К. загорае 2.8.3. Типичное 2.

000.

-0.5

0

0.5

1.5

2

1.800.00

2

4

8

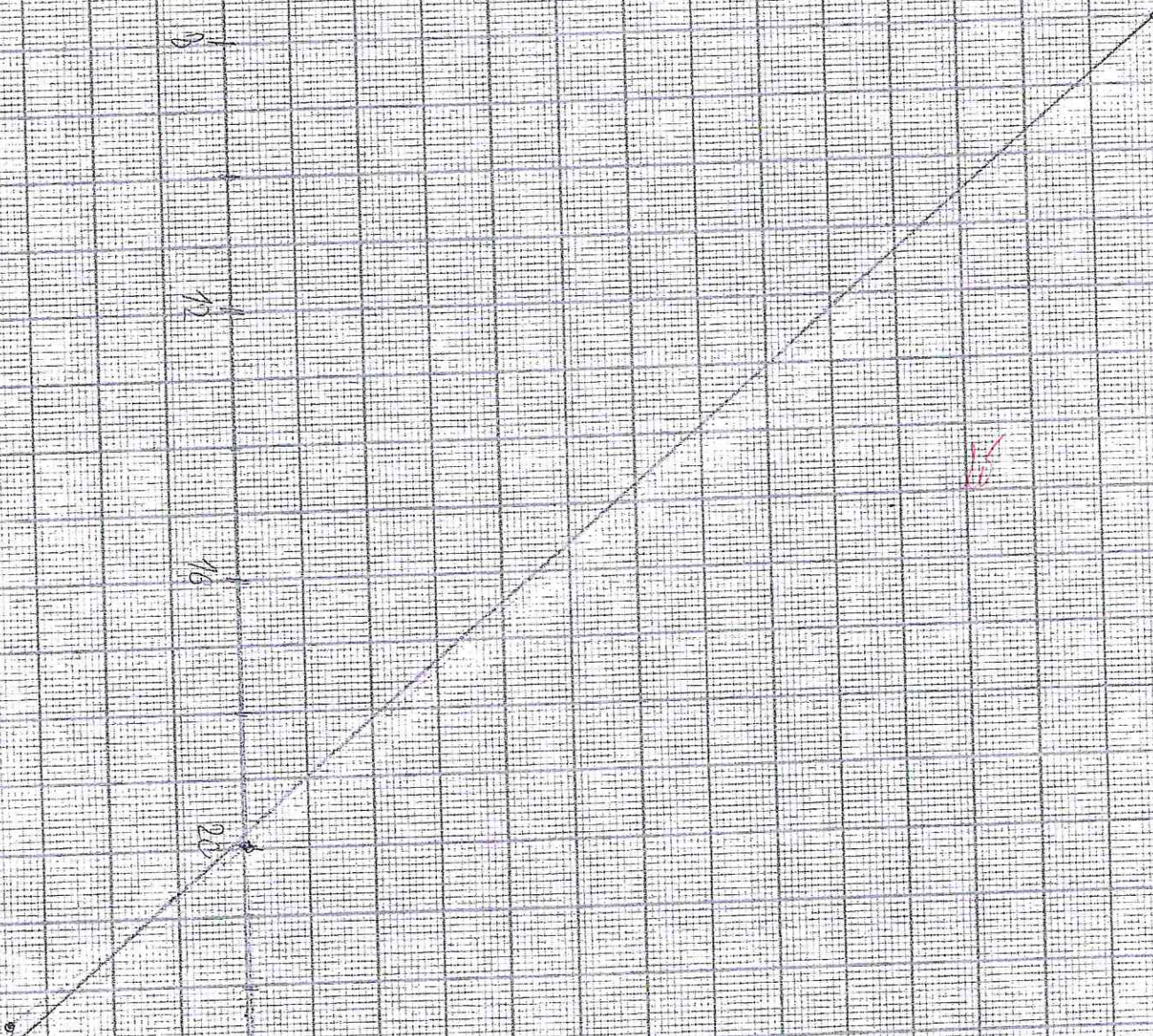
12

16

20

24

1.800.00



К 399046 2.6.7. Дополнение 2. X ДЛО:

