

Региональный этап олимпиады
по физике имени Дж. Максвелла 2021

1 день

Шифр 810

Таблица для жюри

№ задачи	1	2	3	4	Итого	Подпись
Эксперт №1 (Ф.И.О) <i>Есорикин ИИ</i>	5	2	4	19	30	
Эксперт №2 (Ф.И.О) <i>Горбатова Л.В.</i>	5	2	3	18	28	
Председатель (Ф.И.О) <i>Габриил</i>	5	2	4	18	29	

и 1,8.1

На граф. 1. приведена зависимость разности
температур измерения угла между стрелками и времени.
За одну минуту минутная стрелка укладывается на $360:60=6$ ^{град} _{мин}
по часовой. Если спустя 6 мин после начала
измерения минутная стрелка указывала 59 мин. Тогда
в следующую минуту угол между стрелками
не изменится, ведь вместе с минутной
стрелкой движется и часовая. Это отражено
на графике (момент времени - с). Тогда:

$$t \text{ (мин)} = 6 \text{ (мин)} + 1 \text{ мин.}$$

В момент времени с мин после начала измерения
минутная стрелка указывает 0 мин / 60 мин.

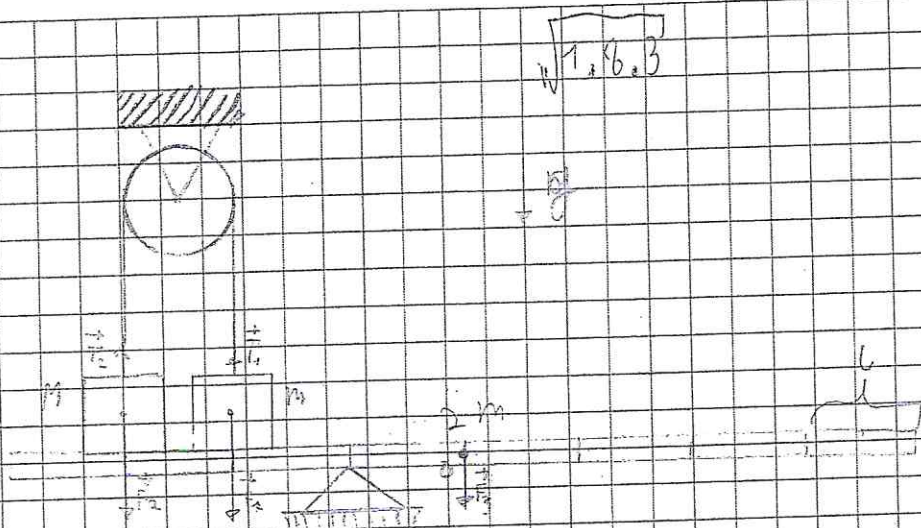
Далше угол между стрелками будет уменьшаться,
пока спустя d мин не станет равен 0° . Поскольку
спустя на "преодоление" 60° минутной стрелке нужно $60:6=10$
мин, то $d = 10 \text{ мин} + 1 \text{ мин (когда момент времени - с)} + 1 \text{ мин}$

(часовая стрелка сдвинулась на 6° по часовой (момент времени - с)) = 12 мин. Если в момент e - d мин угол

снова будет 60° (как на граф. 1), то

$$e = d + \frac{60^\circ}{6 \frac{\text{град}}{\text{мин}}} = 12 \text{ мин} + 10 \text{ мин} = 22 \text{ мин.}$$

Ответ: 22 мин.



Исходя из рисунка; груз массы M давит на рычаг с силой $\vec{F}_2 = M\vec{g} - \vec{T}_2$.

• груз массы m давит на рычаг с силой $\vec{F}_1 = m\vec{g} - \vec{T}_1$

• $\vec{T}_2 = \vec{T}_1$ (условие равновесия нити) $\Rightarrow \vec{T}_1 \leq T_0$.

• рычаг давит с силой $\vec{F}_3 = 2m\vec{g}$ из точки

○ (центр тяжести).

Условие равновесия рычага:

$$m\vec{g} - \vec{T}_1 + 2M\vec{g} - 2\vec{T}_2 = 2m\vec{g}$$

$$M\vec{g} = 0,5m\vec{g} + 1,5\vec{T}_1$$

$$M = \frac{0,5m\vec{g} + 1,5\vec{T}_1}{g}$$

При максимальном растяжении нити $M = \frac{0,5m\vec{g} + 0,75T_0}{g}$

Подставляя числа, получим $M \in [2 \text{ кг}; 3,875 \text{ кг}]$

Ответ: $M \in [2 \text{ кг}; 3,875 \text{ кг}]$.

1.6.1.

На поршень действуют силы:

• давления воды $\vec{F}_1 = \rho g \Delta h S$

• ~~вес~~ груза $\vec{F}_2 = \rho_{\text{ж}} g V_{\text{ж}} = \rho_{\text{ж}} g \frac{m}{1000} = m g / 1000$

• $\vec{F}_{\text{тр.}}$

Δh — разность уровней воды в сосудах и ширина при которой поршень начинает двигаться вверх

в процессе плавно поднимаясь со дна.

И.е., по условию $\vec{F}_{\text{тр.}}$ направлена против силы давления воды ($\vec{F}_1 > \vec{F}_2$); Выходим:

$$\rho g \Delta h S - m g - F_{\text{тр.}} = 0$$

Исходя из точек А и В на графике имеем:

$$\begin{cases} \rho g \Delta h_A S - m_A g - F_{\text{тр.}} = 0 \\ \rho g \Delta h_B S - m_B g - F_{\text{тр.}} = 0 \end{cases}$$

$$\rho g \Delta h_B S - m_B g - F_{\text{тр.}} = 0$$

$$S = \frac{m_B - m_A}{\rho(\Delta h_B - \Delta h_A)}; \quad F_{\text{тр.}} = \frac{m_B g \Delta h_A - m_A g \Delta h_B}{\Delta h_B - \Delta h_A}$$

Решая систему уравнений, имеем $F_{\text{тр.}} = 1,245 \text{ Н}$ и $S = 0,0001 \text{ м}^2$

Подставляя эти данные в вышеуказанное соотношение, имеем $m_x = 78,2 \text{ г} = 0,0782 \text{ кг}$

Ответ: $F_{\text{тр.}} = 1,26 \text{ Н}$; $S = 0,000118 \text{ м}^2$; $m_x = 78,2 \text{ г}$

Примечание: точки А и В на граф.2 соответствуют ширине 1 и 4 мм из условия.

На первом участке идет нагревание льда, в момент времени T_1 маленький кусок покрывает до t проб.

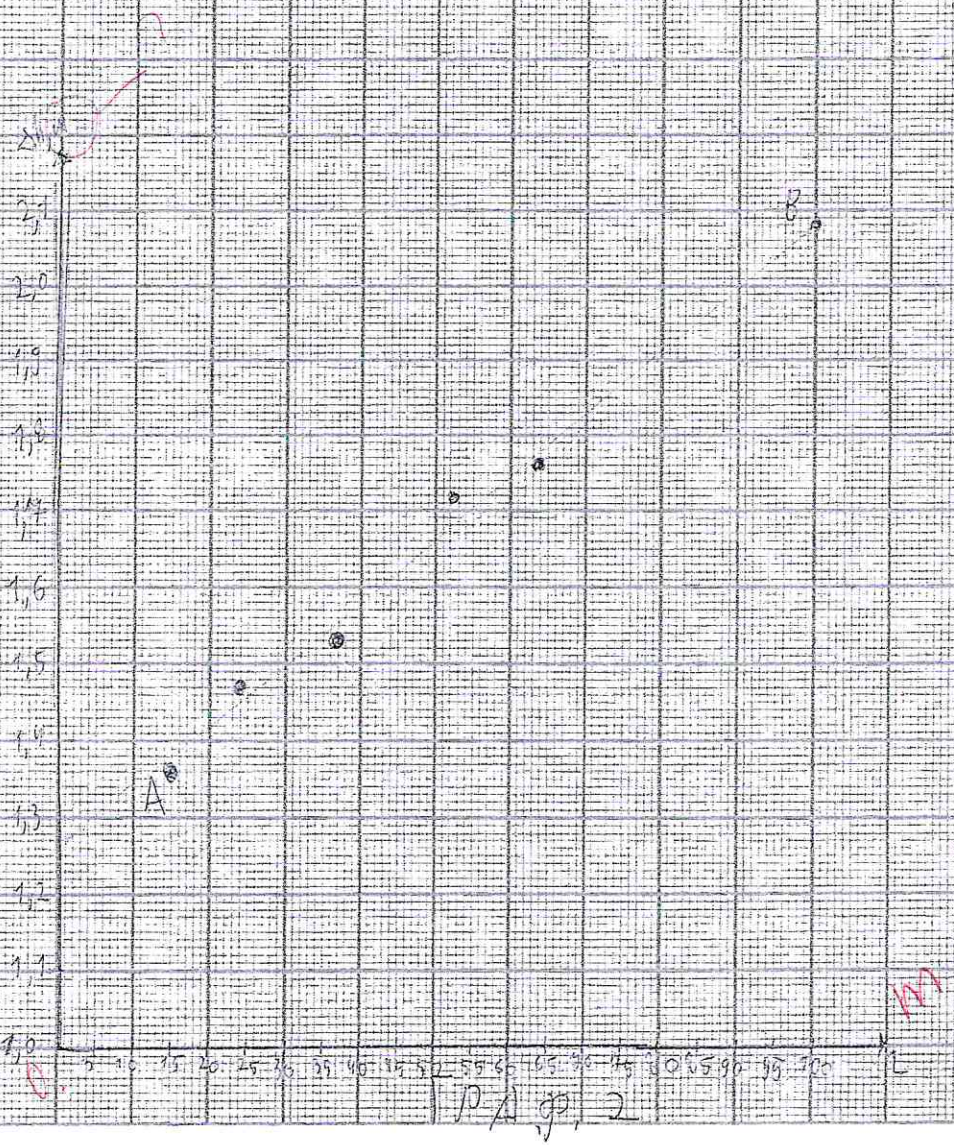
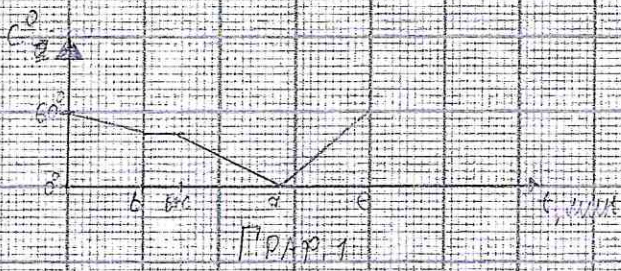
На 2-ом участке лед плавится. Точка 1-ый кусок соединяется 1-ой калориметру.

На 2-ом участке лед плавится в 4-ом кал. и нагревается до t_{max} во 2-ом.

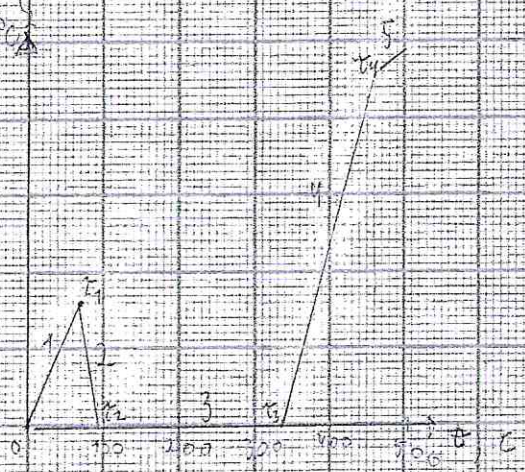
Спуска T_2 с лед во 2-ом кал, нагрев до t_{max} лед 3-ем участке идет T_2 плавление льда в обоих калориметрах. В 3-ем кал. лед расплавлен и плавится во 2-ом.

На 4-ом участке идет нагрев воды в 1-ом кал. и плавление льда во 2-ом. Спуска T_4 с во 2-ом кал. лед полностью расплавлен.

На 5-ом участке в обоих кал. идет нагрев воды. Соединяемые участки показаны на рис. 3.



6.02



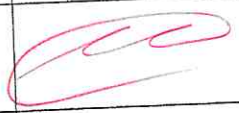
194073

Региональный этап олимпиады
по физике имени Дж. Максвелла 2021

2 день

Шифр 810

Таблица для жюри

№ задачи	1	2	3	4	Итого	Подпись
Эксперт №1 (Ф.И.О) <i>Борискин А</i>	<i>10</i>	<i>0</i>	<i>5</i>	<i>13</i>	<i>28</i>	
Эксперт №2 (Ф.И.О) <i>Горбачева С.В.</i>	<i>10</i>	<i>0</i>	<i>5</i>	<i>13</i>	<i>28</i>	<i>СВГ</i>
Председатель (Ф.И.О) <i>Горбачев</i>	<i>10</i>	<i>0</i>	<i>5</i>	<i>13</i>	<i>28</i>	

$$\sqrt{2.9.2}$$

Пусть скорость Ярика - $V_Я$ и скорость Гирокора - $V_Г$. На 1-ом линейном участке Ярик проехал $t_1 V_Я = 5$ км, Гирокор проехал $t_1 V_Г$ км и $t_1 V_Г - t_1 V_Я = 15$ км. Тогда $t_1 V_Г = 20$ км. На 2-ом линейном участке Ярик проехал $V_Г t_2 = 5$ км, а Ярик отдыхал и не двигался. Если после разворота Гирокор увеличил свою скорость в x раз, то $(V_Г x + V_Я) t_3 = 20$ км, и Ярик за это время проехал $t_3 V_Я = 4$ км. Тогда $V_Г x t_3 = 16$ км. Исходя из системы уравнений:

$$\begin{cases} t_1 V_Я = 5 \text{ км} \\ t_1 V_Г = 20 \text{ км} \end{cases}$$

$$\begin{cases} t_2 V_Г = 5 \text{ км} \\ t_3 V_Я = 4 \text{ км} \end{cases}$$

$$\begin{cases} t_3 V_Г x = 16 \text{ км} \\ t_1 + t_2 + t_3 = 1.55 \text{ ч} \end{cases}$$

$$\begin{cases} t_3 V_Я = 4 \text{ км} \\ t_3 V_Г x = 16 \text{ км} \end{cases}$$

$$\begin{cases} t_3 V_Г x = 16 \text{ км} \\ t_1 + t_2 + t_3 = 1.55 \text{ ч} \end{cases}$$

$$t_1 + t_2 + t_3 = 1.55 \text{ ч} \quad (\text{исходя из условия})$$

$$t_3 = \frac{4 t_1}{5} \quad \text{и} \quad t_2 = \frac{t_1}{4} \quad \text{Тогда,}$$

$$t_1 = \frac{115}{123} \text{ ч}$$

$$t_2 = \frac{115}{492} \text{ ч}$$

$$t_3 = \frac{92}{123} \text{ ч}$$

Тогда исходя из этого $V_Я = 5 \frac{8}{23} \text{ км/ч}$; $V_Г = 2 \frac{19}{23} \text{ км/ч}$
Выходит, с начала проужки до встречи с Яриком

~~проход~~ Тирохор проехал 41 км.
Т.е. $x = 4$. Даны ответы однозначны,
ведь приведены в виде целочисленной
дроби, которая не допускает округ-
лений.

Ответ: $s = 41$ км

- ~~это~~ после разворота Тирохор не ~~увеличил~~ ^{не поменял скорость} ~~поменял~~ ^{скорость} в 4 раза
- Зрих отпустил $x = 0,234$
- Скорость Зриха $5,35$ км/ч
- Ответы в виде целочисленной дроби,
которая не допускает округлений практической,
приведены в решении.

и 2,6,2.

Измерения начались сразу после начала
нагрева металла т.е. $t_{\text{нагр}} = 23^\circ\text{C}$ (точка B на графике)

Для Лосколки $t_c - t_A = 3^\circ\text{C}$, и $t_c - t_A = 2,6^\circ\text{C}$

Значит $\Rightarrow$ сплав полностью расплавился за

$t_A - t_B = 42^\circ\text{C}$. Т.е.

$$(t_A - t_B) \cdot P = c m (t_c - t_A)$$

$$42 \cdot P = 3000$$

$$P \approx 71,43 \frac{\text{Дж}}{\text{с}}$$

После 42 с (смотрите точку A на графике)

сплав стал полностью "жидким", и за $t_c - t_A$ с был
нагрев на $t_c - t_A^\circ\text{C}$. Т.е.

$$(t_c - t_A) P = c m (t_c - t_A)$$

$$c \approx 510, 21 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

До выключения плитки, сплав достиг своей
максимальной $t_b = 246^\circ\text{C}$. Чтобы полностью после

того его температура начала падать, пока

не достигла $t_{\text{нагр}} = t_E$. Сплав будет "охлаждаться"

в окружающей среде, пока его температура
на не станет равна температуре окружающей

среды. На основании точек D и E найдем λ :

$$(t_c - t_b) \lambda = c m (t_b - t_E)$$

$$\lambda \approx 25,5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

Тогда чтобы расплавиться полностью кристаллизоваться

стала температура $\tau = \frac{24 \text{ m}}{z} = 114,65$
с. м. е. $T = \tau + (\tau_E - \tau_b) = 147,65^\circ \text{C}$

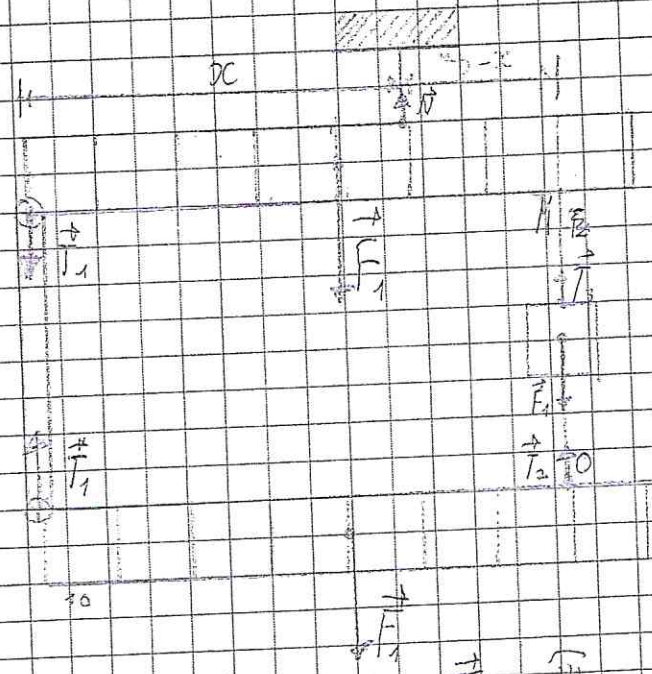
Ответ: $T = 147,65^\circ \text{C}$
 $\rho = 11,43 \frac{\text{мг}}{\text{см}^3}$
 $C = 510,21 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ \text{C}}$
 $\sqrt{2,6,1}$

проверка - 30.
масса - 30.
н.з. 30.
н.з. 25.
н.з. 2

В момент
из двух
однородных
рычагов

даны к
силы $F_1 = mg$
из своего центра
тяжести.

Сила действия



100

отвращающ на левый рычаг равна $\vec{F}_1$. Тогда, согласно
правилу моментов относительно к рычагу нижнему
рычагу относительно точки O:

$$\vec{F}_1 \cdot 30 = \vec{F}_2 \cdot 40$$
$$\vec{F}_1 = mg \cdot \frac{3}{4} mg = 30 \text{ Н}$$

Сила воздействия отталкива на верхний
рычаг $\vec{F}_1 = \frac{3}{4} mg$. Тогда, согласно правилу моментов
относительно к верхнему рычагу относительно
точки M: (N - сила нажатия верхней руки):

$$\frac{3}{4} mg \cdot 40 + F_1 \cdot 30 - (40 - x) N = 0$$

Людмила Кить удерживает всю систему, т.е.:

$$N = mg + mg + mg = 3mg = 210 \text{ Н}$$

Подставляя в уравнение,

$$x = 50 \text{ см.}$$

Со стороны нити на нижний шарик действует сила $T_2 = F_1 - T_1 = \frac{1}{2} mg = 40 \text{ Н}$ (в эту нить и шарик удерживают систему в удерживают нижний рычаг). Тогда

$$\vec{T}_3 = \vec{F}_1 + \vec{T}_2 = mg + \frac{1}{2} mg = \frac{3}{2} mg = 110 \text{ Н}$$

Ответ: $x = 50 \text{ см}$

Сила натяжения нити сверху вниз: 210 Н , 110 Н , 40 Н .
Сила воздействия на шарик со стороны шарика на верхний рычаг 30 Н .

Масса груза $m = L \cdot S \cdot \rho = 100 \text{ г}$

Тогда он воздействует на пружину (вес учета силы Архимеда)

с силой $F_1 = mg = 1 \text{ Н}$. Тогда

при этом пружина растянется $\Delta L = \frac{F_1}{k} = 8 \text{ см}$.

И.е. Δx не изменяется, пока $h \leq 8 \text{ см}$. После увеличения этого уровня на катушку начнет действовать сила Архимеда F и пружина станет менее растянутой. Тогда, если a — расстояние от уровня воды до "дна" груза, выходящего из воды, имеем:

$$\begin{cases} F_1 = k \Delta x \\ h = L_0 + \Delta x = a \\ F = \frac{1}{2} F_1 - F_{\text{Арх}} = 0 \\ F_{\text{Арх}} = a S g \rho \end{cases}$$

Решая систему уравнений, находим

$$\Delta x = \frac{1 - h S g \rho + L_0 S g \rho}{k + S g \rho} = \frac{1}{3} - \frac{1}{6} h = \frac{20-h}{6}$$

И.е. $\Delta x = 0$, если $h = 20 \text{ см}$. И.е. пружина растянута при $h \in (20 \text{ см}; \infty \text{ см})$.

На основании функций составим зависимость:

$h, \text{см}$	$\Delta x, \text{см}$
2	-3
8	-2
14	-1
20	0
26	1

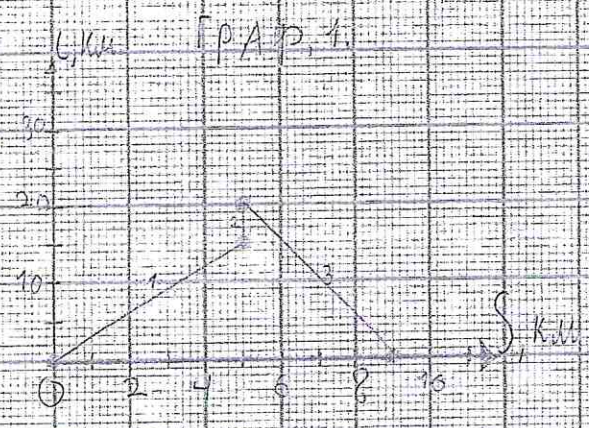
Данные зависимости представляем граф, 3.

Ответ: $\Delta x = \frac{1 - h \sin \alpha + L_0 \sin \alpha}{k + \sin \alpha} = \frac{20 - h}{6}$

Функция неслучайна при $h \in [20 \text{ см}; 26 \text{ см}]$



35



ΔZ_{km}

0 1 2 3 4 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 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100

TP A 3.3

0.12