

Региональный этап олимпиады
по физике имени Дж. Максвелла 2021

1 день

Шифр 809

Таблица для жюри

№ задачи	1	2	3	4	Итого	Подпись
Эксперт №1 (Ф.И.О) <i>Егоршин И.И.</i>	<i>10</i>	<i>8,5</i>	<i>10</i>	<i>19</i>	<i>47,5</i>	<i>[Signature]</i>
Эксперт №2 (Ф.И.О) <i>Гербанева Л.В.</i>	<i>10</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>19</i>	<i>46</i>	<i>ЛВГ</i>
Председатель (Ф.И.О) <i>Габришев</i>	<i>10</i>	<i>8,5</i>	<i>10</i>	<i>19</i>	<i>47,5</i>	<i>[Signature]</i>

Задача 1.

За один час часовая и минутная

стрелка проходят:

$$\text{часовая} - \frac{360^\circ}{12} = 30^\circ, \quad \text{минутная} - 360^\circ$$

Значит, что когда минутная стрелка поворачивается на 120° , то часовая поворачивается на 10° при этом проходит время - 2 минуты.

Значит формулу

t - количество минут со начала суток

H - целое кол-во часов, которое прошло

$$\left(\left(\frac{t}{2 \text{ мин}} \cdot 12^\circ \right) - 360^\circ \cdot H \right) - \frac{t}{2 \text{ мин}} = \pm 60^\circ$$

на сколько минутная

потому что минутная может быть как сзади так и впереди часовой

Сокращаем:

$$5.5t - 360H = \pm 2$$

~~Решение~~

Конечно, что когда угол между стрелками равен 2 есть 2 варианта, когда он снова станет 2 .

1) минутная обгонит часовую пройдя чуть больше, чем 120°

2) минутная чуть обогнала часовую и пройдет больше чем в первом случае (240° относительно часовой)

Вращение совершает минутная стрелка
 первый случай: (минутной стрелке пройти 120° относительно часов)

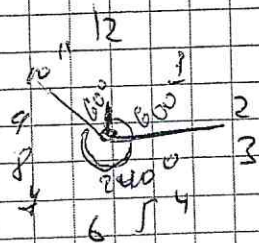
t - время за которое пройдет:

$$\frac{t}{2 \text{ мин}} \cdot 12^\circ = \frac{t}{2 \text{ мин}} = 120^\circ$$

$$6t - \frac{t}{2} = 120^\circ$$

$$5.5t = 120^\circ$$

$$t \approx 21.8 \text{ мин}$$



2) во втором случае: t_2 - время в 2 секунды.

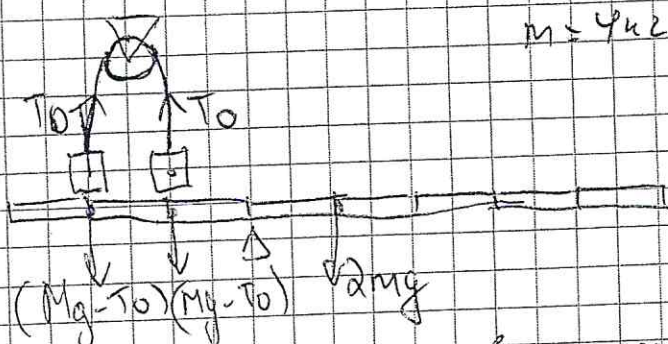
$$\frac{t_2}{2 \text{ мин}} \cdot 12 = \frac{t_2}{2 \text{ мин}} = 240^\circ$$

$$5.5t_2 = 240^\circ \Rightarrow t_2 \approx 43.6 \text{ минут}$$

Ответ: угол между стрелками может оказаться равен α либо через 21.8 минут либо же через 43.6 секунд.

Задача 3

Расставим сил:



В двух концов веревки на блоке действует сила T_0 действует на груз.

Еще на груз действует и собственная сила тяжести. Это значит, что сила действующая на рычаг равна:

$$1) (Mg - T_0)$$

$$2) (mg - T_0) \quad (\text{т.к. ось направлена вправо})$$

Уравнение равновесия рычага:

$$2 \times (Mg - T_0) + 1 \times (mg - T_0) = 2mg$$

$$2Mg - 2T_0 + mg - T_0 = 2mg$$

$$2Mg - 3T_0 = mg$$

По условию T_0 не больше, чем $25H$, а из здравого смысла не меньше, чем 0.

$$\Rightarrow 0 \leq T_0 \leq 25H$$

При крайних значениях Mg будет равно:

$$\text{при } T_0 = 0H$$

$$2Mg = mg$$

$$M = 2 \text{ кг}$$

$$\text{при } T_0 = 25H$$

$$2Mg - 75H = 40H$$

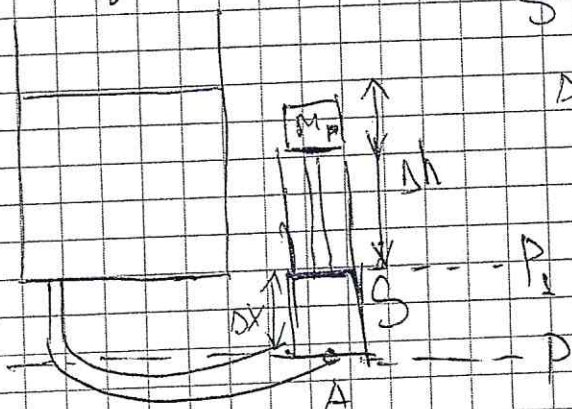
$$2Mg = 115H \Rightarrow M = 5.75 \text{ кг} \quad \text{остальные значения } M$$

будут в равновесии от 2 кг до 5.75 кг

Ответ: при значениях M от 2 кг до 5.75 кг

Задача 4.

1. Напишите
 название



S — площадь поршня

Δx — уровень воды в шприце.

Давление в точке А со стороны воды в
 сосуде и воды в шприце равно
 силе одинаково. (если не учитывать $F_{тр}$)

$$\frac{m_p \cdot g}{S} + \cancel{\Delta x \cdot \rho \cdot g} = \Delta h \cdot \rho \cdot g + \cancel{\Delta x \cdot \rho \cdot g}$$

$$\frac{m_p \cdot g}{S} = \Delta h \cdot \rho \cdot g$$

$$\frac{m_p}{S \cdot \rho} = \Delta h \Rightarrow$$

$\Rightarrow$ Из этой формулы мы можем сказать,
 что Δh зависит от m_p линейно т.к.

$$m_p \propto \frac{1}{S \cdot \rho} \quad \text{константа} = \Delta h$$

$$m_p \propto k = \Delta h$$

2. Построим график из таблицы (линейный)

Если Δh имеет тенденцию к увеличению не
 то $m_p \propto \frac{1}{S \cdot \rho} = \Delta h$

С силой трения уравнение выглядит так:

$$\frac{(m_2 g + F_{тр})}{\rho_B \cdot g \cdot S} = \Delta h$$

~~Найдем ρ_B как:~~

$$\rho_B \cdot g \cdot S = 1.59 \text{ м}$$

~~100 - 40 г~~

~~120 г~~

$m_2 \leq m_x$ $F_{тр} \leq b$

$$\frac{F_{тр}}{\rho_B \cdot S} + \frac{m_2 g}{\rho_B \cdot g \cdot S} = \Delta h$$

Найдем b при $F_{тр} = 0$
На графике Δh в этой точке ρ_B
 $\Delta h_0 = 1.23 \text{ м}$

$$\frac{F_{тр}}{\rho_B \cdot g \cdot S} \approx 1.23 \text{ м} = b$$

из этого найдем b как:

~~$m_2 \leq m_x$ $\Delta h \leq \Delta h_0$~~

$$k = \frac{\Delta h}{\Delta x} = \frac{2.09 - 1.59 \text{ м}}{100 - 40 \text{ г}} = \frac{1}{120} \frac{\text{м}}{\text{г}}$$

$$\frac{F_{тр}}{\rho_B \cdot S} = \frac{1}{120} \frac{\text{м}}{\text{г}} \rightarrow F_{тр} = \frac{1}{1200} \approx 1.23 \text{ м}$$

$$F_{тр} = 74.76 \text{ Н}$$

Найдем S как:

$$\frac{1}{\rho_B} \leq k = \frac{120 \frac{\text{г}}{\text{м}}}{10^3} \cdot \frac{1}{10^3} \frac{\text{м}^3}{\text{кг}} = 0.12 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 = 1.2 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2$$

$$\approx 1.2 \text{ см}^2$$

Найдем $F_{тр}$:

$$F_{тр} = \frac{1}{20} \frac{\omega}{2} \cdot g = 1.23 \text{ м}$$

$$F_{тр} = \left(120 \frac{2}{\omega} \cdot g \right) = 1.23 \text{ м}$$

$$\frac{F_{тр}}{0.12 \frac{\text{кг}}{\text{см}} \cdot 90} = 1.23 \text{ м}$$

$$F_{тр} \approx 1.446 \text{ Н}$$

$$F_{тр} \approx 1.5 \text{ Н}$$

$$m_x \cdot k + 1.23 \text{ м} = 1.90 \text{ м}$$

$$m_x \cdot k = 0.67 \text{ м}$$

$$m_x \approx 80.42$$

Ответ:

$$1. \frac{m_x}{S_{пр}} \neq \frac{F_{тр}}{S_{пр} \cdot g} = \Delta h$$

$$3. F_{тр} \approx 1.48 \text{ Н} \quad S = 1.2 \text{ см}^2$$

$$4. m_x \approx 80.42$$

Задача 2.

от 0 до t_1 тело меньшей массы нагревается быстрее источника из уравнения теплоты:

$$1) NI = c_n \cdot m \cdot \Delta t_1$$

$$2) N \Delta t = c_n \cdot (M + 100) \cdot \Delta t_2$$

$$\Delta t_1 > \Delta t_2$$

от t_1 до t_2 равновесие нарушается и в итоге масса равна нулю, потому что тело меньшей массы дольше нагревается температурой источника, а второе дольше со временем в конце строка.

от t_2 до t_3 температура не изменилась потому что оба тела достигли температур источника и вывелись.

от t_3 до t_4 тело меньшей массы расплавилось и начало набирать температуру

далее тело большей массы расплавилось и начало набирать температуру.

$$1) \int P_0 (T_3 - T_1) = \lambda \cdot m_{из}$$

$$2) P_0 (T_4 - T_2) = \lambda \cdot (M + 0.1)_{из}$$

$$из графика $T_3 - T_1 = 345 - 400 = 245^\circ C$$$

$$T_4 - T_2 = 460 - 90 = 370^\circ C$$

$$245\rho = \lambda m$$

$$340\rho = \lambda \cdot (m + 0.1)$$

$$\frac{245}{340} = \frac{m}{(m + 0.1)}$$

$$245 = \frac{m}{(m + 0.1)} \cdot 340$$

$$245 = \frac{340m}{(m + 0.1)}$$

$$245m + 24.5 = 340m$$

$$24.5 = 95m$$

$$m_1 \approx 289.52$$

$$m_2 \approx 389.52$$

$$P = 245c = 95 \cdot 35 D_{\text{ш}} \Rightarrow P = 344.4 \frac{\text{Дж}}{\text{с}}$$

$$\Delta t = t_n - t_{\text{нач}} \quad t_n = 0^\circ$$

$$P = 40c = c_n \cdot m_1 \cdot \Delta t$$

$$40\rho = 2100 m_1 \cdot \Delta t$$

$$P = 30 m_2 \cdot \Delta t$$

$$344.4 \frac{\text{Дж}}{\text{с}} = 30 \cdot \frac{289.52}{1000} \cdot \Delta t$$

$$344.4 = 8.6856 \cdot \Delta t$$

$$\Delta t = 40^\circ\text{C} \Rightarrow t_{\text{нач}_1} = -40^\circ\text{C}$$

начальная температура
первого образца

$$90\rho = c_n \cdot m_2 \cdot \Delta t$$

$$344.4 \frac{\text{Дж}}{\text{с}} = 900 \cdot \Delta t$$

начальная темп.
второго образца

$$\Delta t \approx 38.2^\circ\text{C} \Rightarrow t_{\text{нач}_2} = -38.2^\circ\text{C}$$

Найдём $t_{\text{кон}1}$ (маленького пузырька)

$$T_{\text{общее}} = 600 \text{ сев унд}$$

$$T_{\text{до превращения в воду}} = 345 \text{ с}$$

$$T_{\text{нагрева воды}} = 255 \text{ с}$$

$$P \cdot 255 \text{ с} = c_v \cdot m_1 \cdot \Delta t_1$$

$$\Delta t_1 \approx 42.9 \text{ } ^\circ\text{C} \Rightarrow t_{\text{кон}1} = 329 \text{ } ^\circ\text{C}$$

для маленького
пузыря сходящейся
температуры.

Найдём $t_{\text{кон}2}$ ТОЧНО ТАКАЖЕ

$$T_{\text{до воды}} = 460 \text{ с}$$

$$T_{\text{нагрева воды}} = 140 \text{ с}$$

$$P \cdot 140 = c_v \cdot m_2 \cdot \Delta t_2$$

$$\Delta t_2 = 29.4 \text{ } ^\circ\text{C} \Rightarrow t_{\text{кон}2} = 29.7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

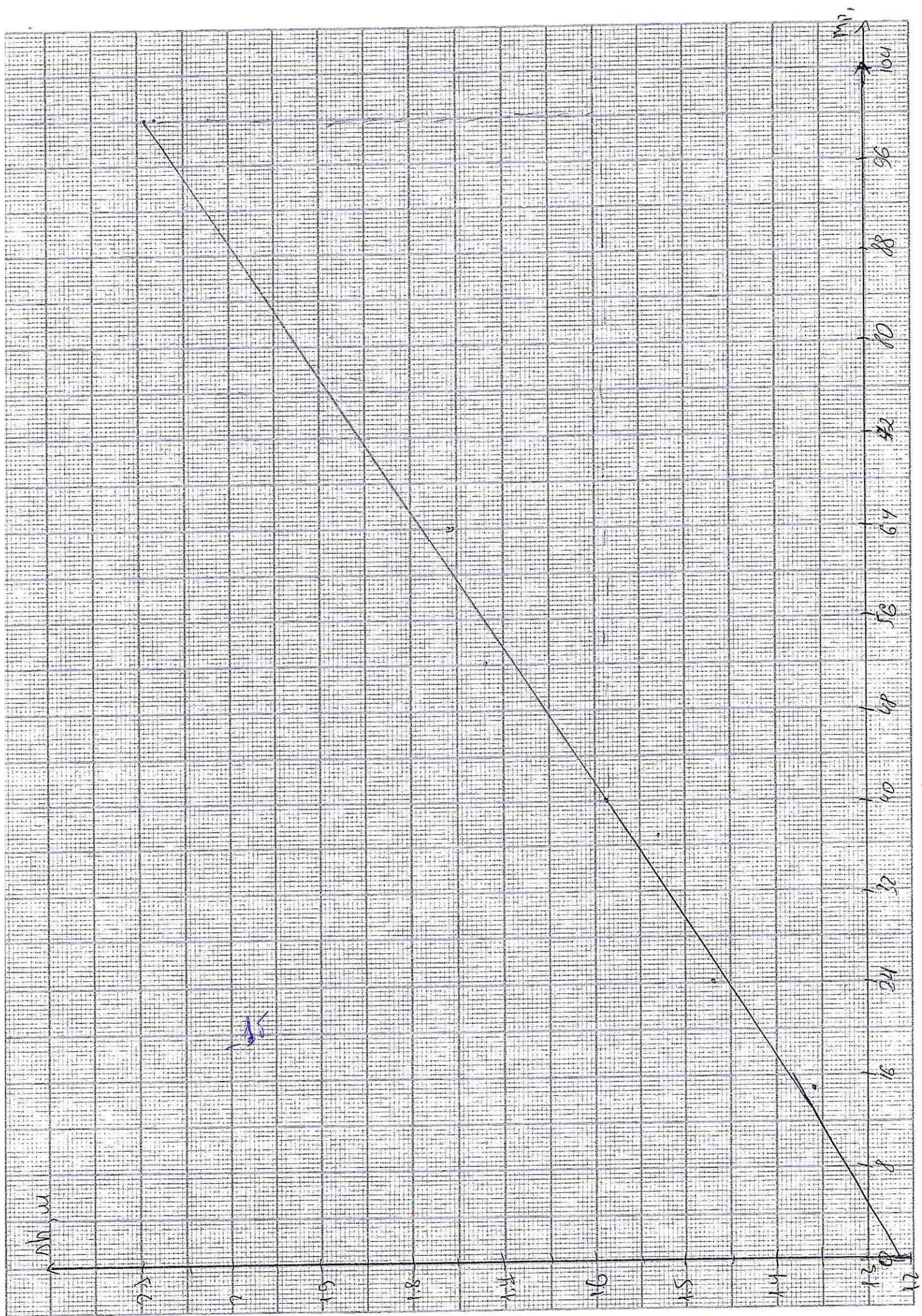
для большого
пузыря.

Ответ: $P = 377.4 \text{ Дин}$

$$m_1 = 389.52$$

$$m_2 = 389.52$$

$$t_{\text{кон}1} =$$



Региональный этап олимпиады
по физике имени Дж. Максвелла 2021

2 день

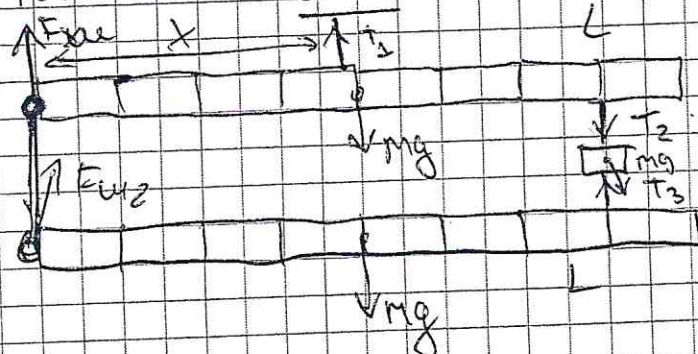
Шифр 809

Таблица для жюри

№ задачи	1	2	3	4	Итого	Подпись
Эксперт №1 (Ф.И.О) <i>Евдокимов И.И.</i>	5	0	3	14	22	
Эксперт №2 (Ф.И.О) <i>Горбанева Л.В.</i>	5	0	3	14	22	
Председатель (Ф.И.О) <i>Галкин</i>	5	0	3	14	22	

Задача 1.

Рассставим силы:



$$L = 80 \text{ см}$$

$$M = 2 \text{ кг}$$

$F_{ш}$ — сила со стороны шарнира.

$F_{ш2}$

Запишем уравнение моментов сил относительно верхней нити.

$$F_{ш1} \cdot x = \left(\frac{L}{2} - x\right) mg + T_2 \cdot \left(L - x - \frac{1}{8}L\right)$$

$$F_{ш1} \cdot x = (80 \text{ см} - x) mg + T_2 \cdot \left(\frac{7}{8}L - x\right)$$

Уравнение относительно верхней шарнира:

$$T_1 \cdot x = mg \frac{L}{2} + T_2 \cdot \frac{7}{8}L;$$

$$F_{ш1} \cdot x = \left(\frac{L}{2} - x\right) mg + T_2 \cdot \left(\frac{7}{8}L - x\right)$$

$$F_{ш1} \cdot x = mg \frac{L}{2} - xmg + L \cdot T_2 \frac{7}{8} - T_2 \cdot x$$

$$\cancel{mg} = \cancel{T_2} + \cancel{T_3} \quad \text{Заметим:}$$

$mg + T_3 = T_2$; — груз mg и T_3 уравновешивает сила T_2 .

Уравнение относительно нижней нити T_3 .

$$F_{ш2} \cdot \frac{7}{8}L = mg \cdot \frac{3}{8}L$$

и относительно правого шарнира.

$$\frac{L}{2} \cdot mg = T_3 \cdot \frac{7}{8}L$$

Найдем силу T_3 так.

$$T_3 = \frac{L}{2} mg \cdot \left(\frac{8}{7}L\right);$$

$$T_3 = \frac{2800 \text{ Н} \cdot \text{см}}{40 \text{ см}} = 40 \text{ Н}$$

Из этого найдем T_2 : $F_{m1} = mg - T_3$

$$mg + T_3 = T_2$$

$$F_{m2} = 30 \text{ Н} \quad \checkmark$$

$$40 \text{ Н} + 40 \text{ Н} = 110 \text{ Н}$$

$$T_2 = 110 \text{ Н}$$

$$F_{m \cdot x} = \left(\frac{L}{2} - x\right) mg + T_2 \cdot \left(\frac{4}{8}L - x\right)$$

$$F_{m \cdot x} = (40 \text{ см} - x) 40 \text{ Н} + 110 \text{ Н} \cdot (40 - x)$$

$$F_{m \cdot x} = 2800 \text{ см} \cdot \text{Н} - 40x + 4400 \text{ Н} \cdot \text{см} - 110x$$

$$F_{m \cdot x} = 10500 \text{ см} \cdot \text{Н} - 180x$$

Заметим, что сила давит на груз груза
 поперечивать:

$$F_{m1} + T_3 = mg + T_2$$

$$F_{m1} + T_3 = 180 \text{ Н}$$

$$F_{m1} = 180 \text{ Н} - T_3$$

$$(180 - T_3) x = 10500 \text{ см} \cdot \text{Н} - 180x$$

$$(180 - T_3) x + 180x = 10500 \text{ см} \cdot \text{Н}$$

$$x(360 - T_3) = 10500 \text{ см} \cdot \text{Н}$$

$$T_3 \cdot x = mg \frac{L}{2} + T_2 \cdot \frac{4}{8} L$$

$$T_3 \cdot x = 2800 \text{ Н} + 4400 \text{ Н}$$

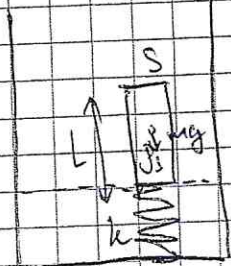
$$T_3 \cdot x = 10500 \text{ см} \cdot \text{Н}$$

$$T_3 \cdot x = x(360 - T_3) \Rightarrow T_3 = \frac{360}{2} \text{ Н} = 180 \text{ Н} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F_{m1} = 180 \text{ Н} - 180 \text{ Н} = 0 \text{ Н} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 10500 \text{ см} \cdot \text{Н} - 180x = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow x = \frac{145}{3} \text{ см} \approx 58 \text{ см}$$



$$k = 50 \frac{\text{Н}}{\text{см}} = 0.5 \frac{\text{Н}}{\text{см}}$$

$$L_0 = 10 \text{ см}$$

$$\rho = 0.80 \text{ г/см}^3$$

Задача 3.

$$L = 12.5 \text{ см}$$

$$g = 0.01 \frac{\text{Н}}{\text{г}}$$

$$S = 10 \text{ см}^2$$

Поэтому, что при наливании воды пружина (испытывает, что на нее не действует сила архимеда) будет компенсировать выталкивающую силу на тело.

Как только вода доберется до тела то уровень будет равен L_0 и на тело начнет действовать сила архимеда, замечим, что компенсирующая сила архимеда пружина будет растягиваться, а это значит, что будет извлекаться $V_{\text{погруженного}}$ тела.

Найдем $V_{\text{пруж}}$

$$V_{\text{пр}} = S \cdot L = 125 \text{ см}^3;$$

$$h_0 = h_{\text{всп}} - L_0;$$

Замечим уравнение, где h_0 - высота воды которая поднимает тело, если бы пружина не растягивалась:

$$(h_0 - \Delta x) S \cdot \rho \cdot g = k \Delta x + mg$$

Поэтому, что пока сила архимеда не превзойдет mg пружина не будет растягиваться, а превзойдет она ее при:

$$\rho \cdot V_{\text{пр}} \cdot g = \rho_{\text{т}} \cdot V_{\text{пр}} \cdot g$$

$$V_{\text{корр}} = 0.4 \text{ м}^3 \cdot 100 \text{ см}^3$$

$$V_{\text{корр}} = \Delta h S$$

$$100 \text{ см}^3 = \Delta h \cdot 10 \text{ см}^2$$

$$\Delta h = \frac{100 \text{ см}^3}{10 \text{ см}^2} = 10 \text{ см}$$

Значит пружина начнет растягиваться при $\Delta h = 10 \text{ см}$ (тогда на 10 см погружению в воду) или же $h = 20 \text{ см}$ высота воды 20 см

$$(h_0 - \Delta x) S \cdot \rho_{\text{в}} \cdot g = k \Delta x + mg$$

$$\cancel{S h_0 \rho_{\text{в}} g} - \cancel{\Delta x S \rho_{\text{в}} g} = k \Delta x + mg$$

$$S h_0 \rho_{\text{в}} g - \Delta x S \rho_{\text{в}} g = k \Delta x + mg$$

$$\cancel{S h_0 \rho_{\text{в}} g} = \cancel{\Delta x S \rho_{\text{в}} g} + k \Delta x + m g$$

$$S h_0 \rho_{\text{в}} g = k \Delta x + \Delta x S \rho_{\text{в}} g + mg$$

$$\frac{S h_0 \rho_{\text{в}} g - mg}{k + S \rho_{\text{в}} g} = \Delta x$$

Пружина растягивается при $h_{\text{водн}} > 20 \text{ см}$

$$h_0 = h_{\text{водн}} - L_0$$

$$\frac{S h_{\text{водн}} \rho_{\text{в}} g - L_0 S \rho_{\text{в}} g - mg}{k + S \rho_{\text{в}} g} = \Delta x$$

$$\frac{0.1 h_{\text{водн}} - 0.2}{0.6} = \Delta x \quad \text{— график линейный}$$

По этой зависимости построим график Δx от $h_{\text{водн}}$. Максимальное растяжение пружины:

$$\Delta x = \frac{0.25 \text{ Н}}{k} = 0.5 \text{ см}$$

Задача 4.

$m \approx 150 \text{ г} \approx 0.15 \text{ кг}$ т.е. количество N порций, то
и температура растёт линейно.
Во время шавления температура не уменьшается,
а шавение всё увеличивается вплоть
на корейшине и перемешивается клубничкой.

Поэтому шавение длится от 0 до 35
секунд, т.е. плавится, а потом перемешивается
в чашку.

~~Шавение длится от 0 до 35 секунд~~
~~и перемешивается клубничкой~~

$$\chi \approx 20 \text{ Дж/кг}^\circ\text{С}$$

Возьмем любой отрезок где шавение точно уже
расплавлено;

Например от 245°С до 248°С

это промежуток от 47 с до 50 с

то есть

$$c_T \cdot m \cdot 3^\circ\text{С} = (50 - 47) N$$

$$c_T \cdot m = N$$

$$0.15 c_T = N$$

Расплавлено
то есть

$$N \cdot 39\text{ с} = \chi m$$

$$N \cdot 39\text{ с} = 20000 m$$

$$N \approx 47 \frac{\text{Дж}}{\text{с}}, \Rightarrow c_T = \frac{47}{0.15} = 313 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}^\circ\text{С}}$$

примерно на 80-ой секунде сплав
уже разогревается, что на 75-ой еще

достигает температур приоттаивающих.

Питая включили примерно на 75-ой секунде
~~75-ой секунде~~

по отрезку с 45 до 80 секунд найдем
мощность потерь (брать нужно среднюю
период т.к. $N_{\text{тепл.потеря}}$ зависит от разности
температур ΔT (в данном случае воздуха и сплава)).

$$-3 \text{ с} \cdot N_{\text{тепл.потеря}} = -C_T \cdot m \cdot 1.1^\circ\text{C}$$

$$N_{\text{тепл.потеря}} = \frac{513 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}}{-3 \text{ с}} \cdot 0.15 \text{ кг} = 1.1^\circ\text{C}$$

$$N_{\text{тепл.}} = -28.2 \frac{\text{Дж}}{\text{с}} ; \text{ можно считать:}$$

$$N_{\text{тепл.}} \cdot T_{\text{набл}} = N_{\text{тепл.}} \cdot T_{\text{крист}} = -8 \cdot m$$

$$-28.2 \frac{\text{Дж}}{\text{с}} \cdot T_{\text{крист}} = -20000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot 0.15 \text{ кг} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T_{\text{крист}} = 106.4^\circ\text{C} \text{ секунды, то есть}$$

$$(80 - 51 \text{ с}) + 106.4 \text{ с} = t_0$$

$t_0 = 154.4 \text{ с}$ - время для приоттаивающих после
включения плиты. +

н 1 - 45
н 2 - 35
н 3 - 1
н 4 - 2
н 5 - 0
н 6 - 3

Задача 2.

Так как начальное расстояние между машинками равно 0 (вышло у графика), то можно идти ~~разными~~ ~~сторонами~~ как по горизонтент так по вертикали графика до точки $T_{\text{встр}}$ (т.е. ~~то~~ в точке $T_{\text{встр}}$ они встретятся)

Протон проехал $16\text{ км} + 7\text{ км}$, а Ярик проехал 7 км , за одно и то же время. То есть скорость Протона больше в:

$$\frac{20\text{ км}}{t} : \frac{7\text{ км}}{t} = 4 \text{ раза.}$$

Когда расстояние между ними увеличилось до 20 км Протон увеличил скорость в 4 раза навстречу Ярику, а Ярик пошел с прежней скоростью как видно у графика встретились они ~~через~~ на отметке в 7 км , то есть Ярик успел пройти 7 км , а Протон так как расстояние между ними было 20 км проехал $20 - 7\text{ км} = 13\text{ км}$ (прошел до встречи) и у этого можно найти ^{его} путь как: $16\text{ км} + 20\text{ км} + 7\text{ км} = 43\text{ км}$ - его общий путь до встречи.

$$T_0 = 1.5 \text{ с} = 150 \text{ мс}$$

Важно отметить, что скорость отличается в 4 раза

$$4 \cdot v_{\text{архив}} = v_{\text{продолж}}$$

После разворота они за определенное время
 пройдут 4 км и ~~2 км~~

Scapua 4.

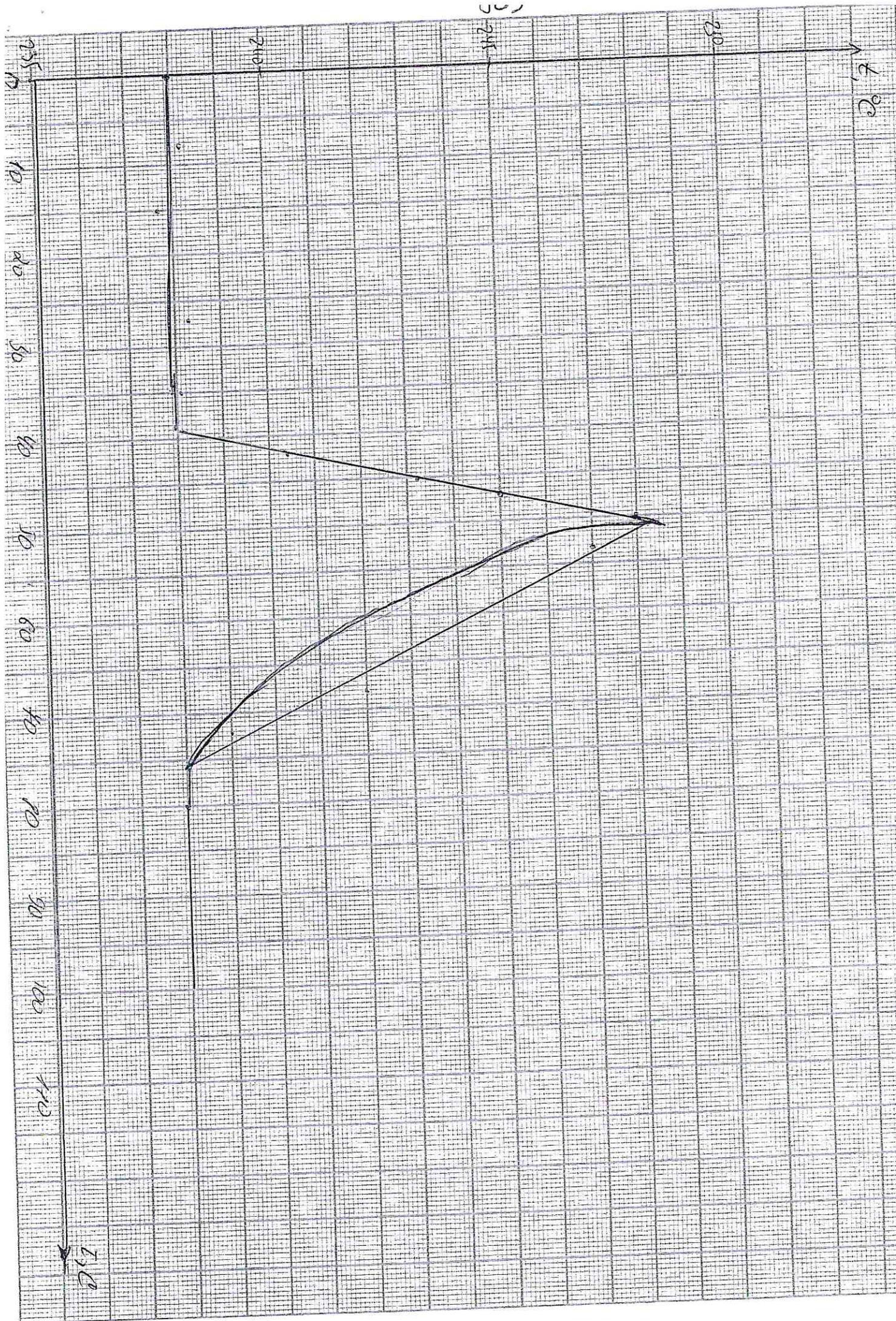


Figure -

