

1	2	3	4	5	$\Sigma$
20	20	20	20	5	77

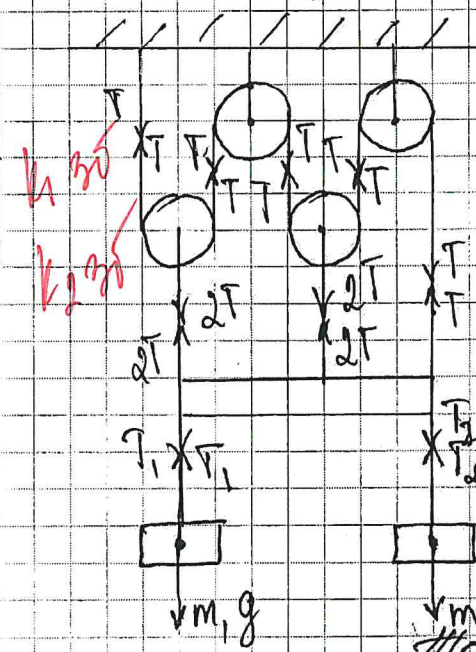
Общий балл	Дата	Ф.И.О. членов жюри	Подписи членов жюри
77	21.03	Александров С.В.	С.В.

Задача 2

Дано:

рисунок, g

$m_1 - ?$   
 $m_2 - ?$



Рассмотрим данную систему блоков, нитей и грузов. Поскольку нить невесомая и нерастяжимая, то в каждой точке нити во все точки нити одинакова.

Пусть сила натяжения нити, перекинутой

и обеими сторонами равна  $T$  (на рисунке показано, что во все точки сила натяжения одинакова, но при этом, так как нить нерастяжима, то её направление между двумя точками противоположно).

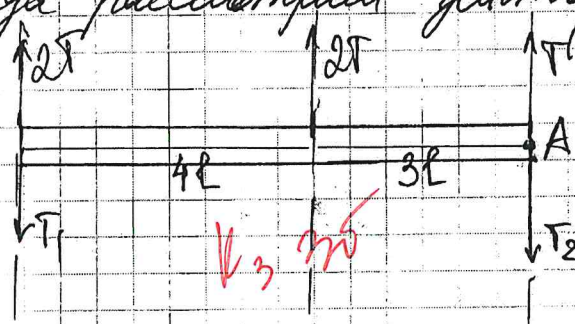
Поскольку в данной системе все блоки одинаковы по структуре (к ним привязана 1 нить и отвечает на 1 нить), то достаточно рассмотреть 1 произвольный. С одной стороны на него



действует отвешивающая кисть, при этом обложка смещена  $2l$ , т.е. эти силы  $T$  сонаправлены, с другой стороны действует прерывистая кисть. Т.е. блок может повисеть, а система находится в равновесии, то эта сила противостоит силе  $T$  и равна  $2T$ . Это показано на рисунке.

При этом грузы уравновешены силами  $T_1$  и  $T_2$  соответственно. Тогда  $T_1 = m_1 g$ ,  $T_2 = m_2 g$ , т.е. система находится в равновесии.

Тогда рассмотрим действующие на рычаг силы: (помогается невесомостью рычага, т.е. блок однородный, можно найти расстояние между действующими силами, выразив его радиус  $l$  блока).



Т.е. рычаг уравновешен, то сумма действующих на него сил равна 0. С учетом направленных поуслов:

$$\left. \begin{aligned} & 2T + 2T + T - T_1 - T_2 = 0 \\ & T_1 = m_1 g \\ & T_2 = m_2 g \end{aligned} \right\} \Rightarrow 5T = m_1 g + m_2 g \quad (1)$$

Рассмотрю моменты сил, действующих на рычаг со стороны отн. т. А.

$$M_1 + M_2 + M_3 = 0 \text{ т.е. рычаг уравновешен.}$$



$$2T \cdot 3L + 2T \cdot (3L + 4L) - T_1 \cdot (3L + 4L) = 0$$

$$20TL = 7T_1L$$

$$T_1 = \frac{20}{7}T$$

$$T_1 = m_1g$$

$$\Rightarrow m_1g = \frac{20}{7}T$$

(2)

с учетом уравнения (2) из уравнения (1) можно выразить  $m_2g$ :

$$5T = \frac{20}{7}T + m_2g$$

или 40

$$m_2g = \frac{15}{7}T$$

(3)

Подставив уравнение (2) на уравнение (3) получим искомого соотношения:

$$\frac{m_1g}{m_2g} = \frac{\frac{20}{7}T}{\frac{15}{7}T}$$

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{4}{3} \approx 1,3$$

или 55

Ответ:  $\frac{m_1}{m_2} = \frac{4}{3} \approx 1,3$ .

200



### Задача 1

Дано:  
 $v_1 = 7 \text{ м/с}$   
 $t_2 = 3 \text{ мин}$   
 $t_3 = ?$   
 Какое количество  
 поездов  
 проедет мимо  
 платформы?

Реш-е:

Пусть  $v_1$  - скорость электрички,  $v_2$  - скорость пассажирского поезда,  $v_3$  - скорость поезда. Тогда, учитывая предположение, что направление на это не влияет, рассмотрим в соответствии между этими скоростями:

1.  $v_1 > v_2 > v_3$
2.  $v_1 > v_3 > v_2$
3.  $v_2 > v_1 > v_3$
4.  $v_2 > v_3 > v_1$
5.  $v_3 > v_1 > v_2$
6.  $v_3 > v_2 > v_1$

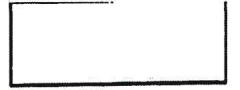
Однако понятно, что время за которое пройдет мимо платформы поезд зависит более значительно от скорости, чем время, за которое он пройдет мимо платформы, т.к. его скорость складывается тем больше, чем меньше скорость встречного ( $v_{\text{встр}} = v_1 + v_2$ ) а  $t = \frac{L}{v_{\text{встр}}}$ , т.е.  $t$  тем меньше, чем больше  $v_{\text{встр}}$  (здесь  $L$  - длина однокозловой платформы).

Возможны варианты 1 и 4 и 5 и 6

(1, 2, 3, 4, 5, 6) Все остальные случаи можно рассмотреть

$v_1 > v_2 > v_3$





разную толщину.

Деталь по размеру только вариант 1, т.е. остальные исключены.  $v_{св} = v_{вост} - v_{задн.}$ , зна-

чим:

$$1. \frac{S}{v_1 - v_2} = t_1 \Rightarrow v_1 t_1 - v_2 t_1 = S \Rightarrow v_2 = \frac{v_1 t_1 - S}{t_1} \Rightarrow$$

$$\frac{S}{v_2 - v_3} = t_2 \Rightarrow v_2 t_2 - v_3 t_2 = S \Rightarrow v_2 = \frac{v_3 t_2 + S}{t_2}$$

$$\Rightarrow \frac{v_1 t_1 - S}{t_1} = \frac{v_3 t_2 + S}{t_2}$$

$$v_1 t_1 t_2 - S t_2 = v_3 t_1 t_2 + S t_1$$

$$(v_1 - v_3) t_1 t_2 = S (t_1 + t_2)$$

$$\frac{S}{v_1 - v_3} = \frac{t_1 t_2}{t_1 + t_2} = t_3 \text{ — неизвестная величина.}$$

$$t_3 = \frac{4 \text{ мм} \cdot 3 \text{ мм}}{7 \text{ мм} + 3 \text{ мм}} = 0,1 \text{ мм} = 0,1 \text{ мм} = 0,1 \text{ мм} \text{ в с.}$$

Значит, что в варианте №6 все знаки замещены на противоположные, поэтому для него  $t_3$  также равно 0,1 мм.

3. Аналогично варианту №1 этот вариант (№3) исключается вариантом №5, поэтому размер только этот вариант (для варианта №5 будет такое  $t_3$ , что и для №3).

$$\frac{S}{v_2 - v_1} = t_1 \Rightarrow S = v_2 t_1 - v_1 t_1 \Rightarrow v_2 = \frac{S + v_1 t_1}{t_1} \Rightarrow$$

$$\frac{S}{v_2 - v_3} = t_2 \Rightarrow S = v_2 t_2 - v_3 t_2 \Rightarrow v_2 = \frac{S + v_3 t_2}{t_2} \Rightarrow$$





$$\Rightarrow \frac{s + v_1 t_1}{t_1} = \frac{s + v_3 t_2}{t_2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow s t_2 + v_1 t_1 t_2 = s t_1 + v_3 t_1 t_2$$

$$(v_1 - v_3) t_1 t_2 = s (t_1 - t_2)$$

$$\frac{s}{v_1 - v_3} = \frac{t_1 t_2}{t_1 - t_2} = t_3 \text{ — искомого времени}$$

$\downarrow 5 \quad 10$   
 $t_3 = \frac{\text{Звук} - \text{Звук}}{\text{Звук} - \text{Звук}} = 5,25 \text{ мин} = 6 \text{ мин } 15 \text{ с}$

Ответ: при  $v_1 > v_2 > v_3$  и при  $v_3 > v_2 > v_1$  надо считать:  $v_1; v_2; v_3$  и  $v_3; v_2; v_1$ , а время  $t_3 = 2 \text{ мин } 6 \text{ с} = 126 \text{ с}$ ;

при  $v_2 > v_1 > v_3$  и при  $v_3 > v_1 > v_2$  надо считать:  $v_2; v_1; v_3$  и  $v_3; v_1; v_2$ , а время  $t_3 = 5 \text{ мин } 15 \text{ с} = 315 \text{ с}$ .

( $v_1$  — скорость Угмисера;  $v_2$  — скорость Заммита;  $v_3$  — скорость Терра).

10



### Задача 3

Дано:

Реш-е:

$$m_1 = 150 \text{ г}$$

$$F_1 = 3,0 \text{ Н}$$

$$m_2 = 225 \text{ г}$$

$$F_2 = 4,5 \text{ Н}$$

$$F_3 = 4,0 \text{ Н}$$

$$m_3 = 360 \text{ г}$$

Сила на динамометре увеличилась  
сила на 1Н соответствует увеличению  
длины пружины на  $\Delta l$ , т.е. единица  
по шкале в  $\Delta l$  равно увелич. длины.  
сила на 1Н

Сила первой динамометра увеличилась  
единица на  $l_1$ , 1Н - на  $l_2$ . Поскольку  
 $F = mg + kl$ , т.е. показания динамометра  
растут, но при этом урав-  
новесии, то верно уравнение:

$$F_1 = m_1 g + k_1 l_1 \quad (1)$$

$$F_1 = m_1 g + k_2 l_2 \quad (2)$$

$$F_2 = m_2 g + k_1 l_1 \quad (3)$$

$$F_3 = m_2 g + k_2 l_2 \quad (4)$$

Вычитая из уравнения (3) уравнение (1) и из  
уравнения (4) уравнение (2), получаем:

$$(3) - (1): F_2 - F_1 = m_2 g - m_1 g$$

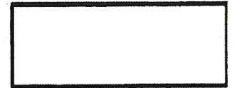
$$F_2 - F_1 = (m_2 - m_1)g$$

$$(4) - (2): F_3 - F_1 = m_2 g - m_1 g$$

$$F_3 - F_1 = (m_2 - m_1)g$$

Из уравнений видно, что увеличение показаний  
динамометра прямо пропорционально силе





линию массы груза:  $\Delta F \sim \Delta m$ .

Пусть коэффициент этой пропорциональности  
для  $I$ -го гиресистема  $-k$ , для  $II$ -го  $-p$ .

Тогда:

$$F_2 - F_1 = d(m_2 - m_1) \Rightarrow d = \frac{F_2 - F_1}{m_2 - m_1}$$

$$F_3 - F_1 = p(m_2 - m_1) \Rightarrow p = \frac{F_3 - F_1}{m_2 - m_1}$$

Аналогично уравнениям (1) - (4) можно запи-  
сать уравнение, когда масса груза равна  $m_3$ :

$$F_4 = m_3 g + k_1 l_1 \quad (5)$$

$$F_5 = m_3 g + k_2 l_2 \quad (6)$$

Возьмем из этих уравнений соответствующие  
уравнения (1) и (2), получаем:

$$(5) - (1): F_4 - F_1 = (m_3 - m_1)g$$

$$(6) - (2): F_5 - F_1 = (m_3 - m_1)g$$

С другой стороны:

$$\frac{F_4 - F_1}{m_3 - m_1} = d$$

$$\frac{F_5 - F_1}{m_3 - m_1} = p$$

Тогда:

$$\frac{F_4 - F_1}{m_3 - m_1} = \frac{F_2 - F_1}{m_2 - m_1} \Rightarrow F_4 = F_1 + \frac{(F_2 - F_1)(m_3 - m_1)}{m_2 - m_1}$$

$$\frac{F_5 - F_1}{m_3 - m_1} = \frac{F_3 - F_1}{m_2 - m_1} \Rightarrow F_5 = F_1 + \frac{(F_3 - F_1)(m_3 - m_1)}{m_2 - m_1}$$

$$F_4 = 30 \text{ Н} + \frac{(45 \text{ Н} - 30 \text{ Н})(360 \text{ г} - 150 \text{ г})}{225 \text{ г} - 150 \text{ г}} = 4,2 \text{ Н} \quad k_5 \quad 50$$

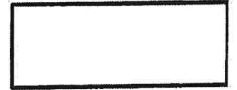


$$I_5 = 3,0 \text{ A} + \frac{(4,0 \text{ A} - 3,0 \text{ A}) / (300 \Omega - 150 \Omega)}{225 \Omega - 150 \Omega} = 5,8 \text{ A} \quad \text{26 50}$$

Ответ:  $I_4 = 7,2 \text{ A}$ ;  $I_5 = 5,8 \text{ A}$

125





Дано:  
нагревание воды

$$t_0 = 20^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 60^\circ\text{C}$$

$$t_1 = 100^\circ\text{C} \text{ - температура кипения воды}$$

$$T = 5 \text{ мин}$$

$$P = 450 \text{ Вт}$$

$$P_1 = ?$$

( $P_1$  - мощность  
используемого  
электроприбора)

Задача 4  
Решение:

Агрегат  $P$  нагревает воду  
до  $t_2$   $T_1$ , тогда вместе  
они нагревают  $T - T_1$ . 4 20  
При этом количество теплоты,  
отдаваемое конденсатором за  
промежуток времени, равно  
кал-ву теплоты, полученной  
водой (из уравнения теплово-  
го баланса или из закона тер-  
модинамики). Отсюда можно

определить время как  $L$  (она не будет зависеть  
от количества). Тогда верно, следует выведе-  
м следующее уравнение:

$$P T_1 = C (t_2 - t_0) \quad \text{1) 20} \quad (1)$$

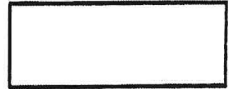
$$2P(T - T_1) = C (t_1 - t_2) \quad \text{1) 20} \quad (2)$$

Замечание: кал-во воды  $Q$ , полученное водоем  
температурой  $C$  равно:  $Q = C (t_1 - t_0)$ , где  $t_0$  -  
конечная,  $t_1$  - начальная температура воды

Если переписать уравнение друг на друга,  
можно выразить  $T_1$ :

$$\frac{P T_1}{2P(T - T_1)} = \frac{C (t_2 - t_0)}{C (t_1 - t_2)}$$





$$\frac{T_1}{2(T_1 - T_0)} = \frac{t_2 - t_0}{t_1 - t_2}$$

$$T_1(t_1 - t_2) = 2T_1(t_2 - t_0) - 2T_1(t_2 - t_0)$$

$$T_1(t_1 - t_2 + 2t_2 - 2t_0) = 2T_1(t_2 - t_0)$$

$$T_1 = \frac{2T_1(t_2 - t_0)}{t_1 - t_2 + 2t_2 - 2t_0} = \frac{2T_1(t_2 - t_0)}{t_1 + t_2 - 2t_0}$$

Для искомого температурного можно составить аналогично ранее сформулированному уравнению:

$$P_1 T = C(t_1 - t_0) \quad \checkmark_4 \quad 80$$

Внесу его на уравнение (1):

$$\frac{P_1 T}{P_1 T_1} = \frac{C(t_1 - t_0)}{C(t_2 - t_0)}$$

Выразим  $P_1$ :

$$P_1 T = \frac{P_1 T_1 (t_1 - t_0)}{t_2 - t_0}$$

$$P_1 T = \frac{P_1 T_1 (t_1 - t_0)}{T(t_2 - t_0)}$$

Логичнейшее уравнение  $T$ , получим решение задачи:

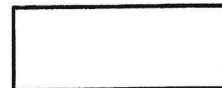
$$P_1 = \frac{P \cdot 2T(t_2 - t_0)(t_1 - t_0)}{T(t_2 - t_0)(t_1 + t_2 - 2t_0)} = \frac{2P(t_1 - t_0)}{t_1 + t_2 - 2t_0}$$

$$P_1 = \frac{2 \cdot 960 \text{ Вт} / (100^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C})}{100^\circ\text{C} + 60^\circ\text{C} - 2 \cdot 20^\circ\text{C}} = 960 \text{ Вт} \quad \checkmark_5 \quad 80$$

Ответ:  $P_1 = 960 \text{ Вт}$ .

100





### Задача 5

Дано:

$$\rho_B = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\rho_A = 900 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$V = 1 \text{ л}$$

$$a = 10 \text{ см}$$

$$M = 150 \text{ г}$$

$$m_A = 1 \text{ кг}$$

( $m_A$  - масса ртутного шарика)

$\Delta h$  - ?

( $\Delta h$  - расстояние между отметками)

СИ

Решение:

$$1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$0,1 \text{ м}$$

$$15 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

Носик посещенной воды в сосуд все газометрически отливается.

указываем уровень посещенной воды после растворения соли осадками. Поэтому

плотность этой жидкости  $\rho$ . плотность равна отношению массы жидкости к

объему (здесь учтено, что при растворении соли не увеличивается),

то  $\rho$  - плотность этой жидкости равна!

$$\rho = \frac{m_B + M}{V} \quad \left| \begin{array}{l} m_B = \rho_B V \\ \rightarrow \rho = \frac{\rho_B V + M}{V} \end{array} \right.$$

Условно рассматривать не идеальную смесь воды и осадков (в задаче это все считается, что вода не смешивается с осадками, однако этот вариант и далее рассматривать), а смесь, действующую на дно сосуда. Она не зависит от ватерменного уровня осадков льдом и т.д. и так далее будет найти искомое расстояние.



Пусть вес содержимого при нормальном  $T$ -и  
 плотности равен  $P_1$ . Так как всё в задании  
 уравновешено, то:

$$P_1 = \rho V + m_A$$

С другой стороны, т.к. на дно действует только  
 его статическая гидростатическая  $\rho g H_1$ , где  $H_1$  - высота  
 $T$ -и оситки на площади  $a^2$ , т.е.:

$$P_1 = \rho g H_1 a^2 \quad (\text{т.к. } P = F_g \cdot S = F_g)$$

Если тогда, как рассматривалось выше, вода  
 все содержимое никак не помещивает (так  
 как этот процесс происходит внутри замкнутой  
 кюветы оситки), а значит  $P_2 = P_1$ . Но при этом  
 уже вода вытесняет столько статической энергии  
 уменьшившей массы, а на дно теперь только  
 действует часть веса воды рассматриваемого слоя. Св. масса  
 соответственно равна  $\frac{m_A}{2}$ , а гидростатическая  
 $\rho g H_2 a^2$ , поэтому:

$$P_2 = \rho g H_2 a^2 + \frac{m_A}{2}$$

Поскольку  $P_1 = P_2$ , то:

$$\rho g H_1 a^2 = \rho g H_2 a^2 + \frac{m_A}{2}$$

исходящее  $\Delta h = H_1 - H_2$  (из уравнения получено, что  
 $H_1 > H_2$ ). Тогда вернется  $H_1 - H_2$ :

$$\rho g H_1 a^2 - \rho g H_2 a^2 = \frac{m_A}{2}$$

$$(H_1 - H_2) \rho g a^2 = \frac{m_A}{2} g$$



$$H_1 - H_2 = \frac{m_A}{2\rho g a^2}$$

М.р. поперечной:

$$\Delta h = \frac{m_A}{2\rho g a^2}$$

$$\Delta h = \frac{m_A}{2 \cdot \sqrt{2} \cdot \frac{m \cdot v}{2 \cdot (\rho v + m)} g a^2} = \frac{m \cdot v}{2(\rho v + m) a^2}$$

$$\Delta h = \frac{1 \text{ кг} \cdot 1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3}{2 \cdot (1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 + 15 \cdot 10^{-3} \text{ кг}) \cdot (0,1 \text{ м})^2} \approx 4,3 \cdot 10^{-2} \text{ м} = 4,3 \text{ см}$$

Итак, учитывая, что сила в массе воды смешивается с поперечной, то м.р. общей массы воды + поперечной = общей силе смеси, то разница в высоте будет больше, но по формуле она есть, значит такой вариант невозможен.

Ответ:  $\Delta h = 4,3 \text{ см}$ .

50