

| Общий балл                                                                                                                                   | Дата     | Ф.И.О. Жюри       | Подпись |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-------------------|---------|
| 49                                                                                                                                           | 14.03.25 | Александров В. А. | Сидор   |
| 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 |          | Шифр              | 91808   |

### Задача 1.

Дано:

$$\alpha < 45^\circ$$

$$\beta = 90^\circ - \alpha$$

$$v_1 = v_2 = v_0$$

K - ?

N - ?

S - ?

Решение:

Максимальная дальность полета первого и второго камней:

$$S_1 = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}; \quad S_2 = \frac{v_0^2 \sin 2\beta}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2(90^\circ - \alpha)}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$$

$$1) K = \frac{S_1}{S_2} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha \cdot g}{g \cdot v_0^2 \sin 2\alpha} = 1$$

Максимальные высоты подъема первого и второго камней:

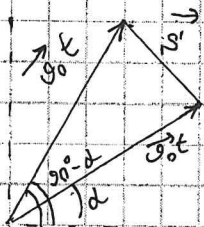
$$h_1 = \frac{(v_0 \sin \alpha)^2}{2g}; \quad h_2 = \frac{(v_0 \cos \alpha)^2}{2g}$$

$$2) N = \frac{h_1}{h_2} = \frac{(v_0 \sin \alpha)^2 \cdot 2g}{2g \cdot (v_0 \cos \alpha)^2} = \left( \frac{v_0 \sin \alpha}{v_0 \cos \alpha} \right)^2 = \tan^2 \alpha$$

Найдем время полета первого и второго камней:

$$t_1 = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}; \quad t_2 = \frac{v_0 \sin(90^\circ - \alpha)}{g} = \frac{v_0 \cos \alpha}{g}$$

Рассмотрим векторный треугольник перемещения камней:



Из построения получим формулу для S':

$$3) S' = 2v_0^2 t^2 - 2v_0^2 t^2 \cos(90^\circ - \alpha) = 2v_0^2 t^2 + 2v_0^2 t^2 \sin \alpha = 2v_0^2 t^2 (1 + \sin \alpha)$$

Ответ: 1)  $K = 1$ ; 2)  $N = \tan^2 \alpha$ ; 3)  $S' = 2v_0^2 t^2 (1 + \sin \alpha)$ .

Задача 2.

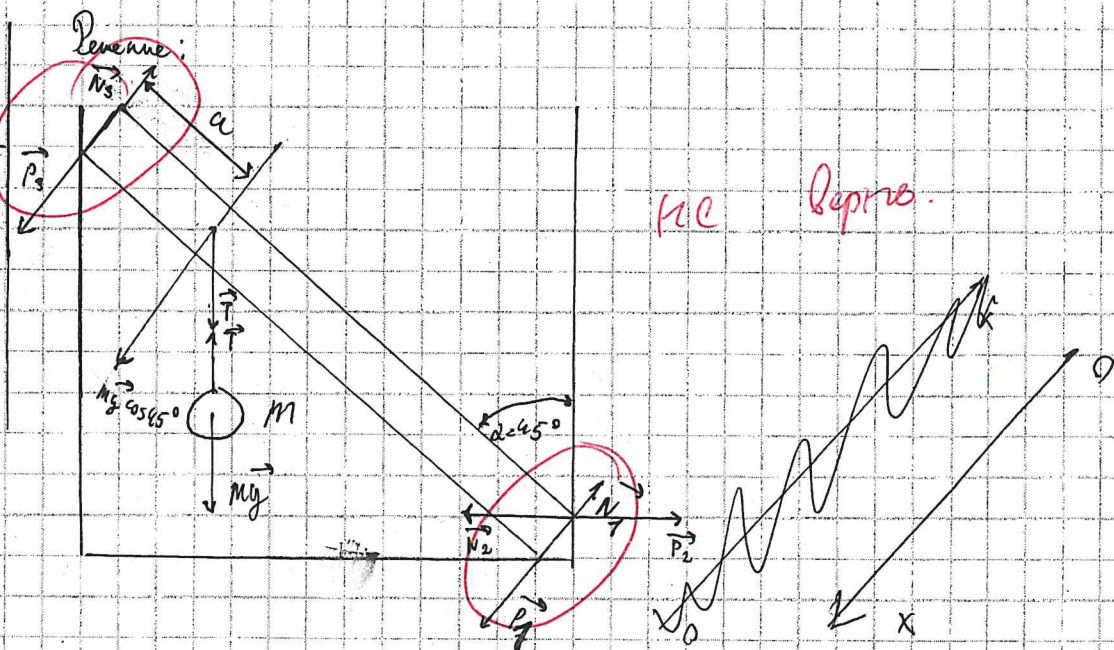
Дано:

$L; \alpha = 45^\circ; m; a$

$N_1 = ?$

$N_2 = ?$

$N_3 = ?$



Запишем два условия равновесия — ~~через моменты и~~  
~~через силы по II з. Координаты~~;

$$\vec{mg} \cos 45^\circ \cdot a = \vec{N}_2 \cos 45^\circ$$

$$\vec{mg} \cdot a = \vec{N}_2 \cdot (L - a) + \vec{N}_1 \cdot L$$

$$\begin{cases} \vec{mg} \cdot a + \vec{N}_2 \cdot L + \vec{N}_1 \cdot L = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \vec{mg} + \vec{N}_1 + \vec{N}_2 + \vec{N}_3 = 0 \end{cases}$$

$$\vec{mg} \cdot (L - a) + \vec{N}_3 \cdot L = -\vec{N}_2 \cdot L$$

$$\text{ОХ. } \begin{cases} mg \cos 45^\circ a + N_2 \cos 45^\circ L + (-N_1 L) \end{cases}$$

$$+ \begin{cases} mg \cos 45^\circ + (-N_1) + N_2 \cos 45^\circ + (-N_3) = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} mg \cos 45^\circ (L - a) + (-N_3 L) = -N_2 \cos 45^\circ \end{cases}$$

10

| Общий балл | Дата | Ф.И.О. Жюри | Подпись |
|------------|------|-------------|---------|
|            |      |             |         |
| Шифр       |      |             |         |

### Задача 3.

Дано:

$$m = 1 \text{ м}$$

$$t_1 = 90^\circ \text{C}$$

$$m_2 = 0,9 \text{ кг}$$

$$t_2 = -10^\circ \text{C}$$

$$N \in \{1, 2, 3, 4, 5\}$$

$$c_1 = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ \text{C}}$$

$$c_2 = 2100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ \text{C}}$$

$$\lambda = 333 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$$T_1 - ?$$

$$T_2 - ?$$

$$T_3 - ?$$

$$T_4 - ?$$

$$T_5 - ?$$

Решение:

~~Запишем уравнение теплового баланса и подставим~~  
~~из него  $T_N$  в общий вид:~~

$$c_1 m (t_1 - T_N) = c_2 m_2 N (T_N - t_2) + \lambda m_2 N$$

$$c_1 m t_1 - c_1 m T_N = c_2 m_2 N T_N - c_2 m_2 N t_2 + \lambda m_2 N$$

Найдём максимальное количество теплоты, которое  
может отдать вода:

$$Q_{\text{max}} = c_1 m (t_1 - 0) = c_1 m t_1 = 378000 \text{ (Дж)}$$

Найдём количество теплоты, которое нужно, чтобы  
расплавить весь лёд в калориметре:

$$Q_N = \lambda m_2 N \Rightarrow Q_1 = 333 \cdot 10^3 \cdot 0,9 \cdot 1 = 299700 \text{ (Дж)}$$

$$Q_2 = 333 \cdot 10^3 \cdot 0,9 \cdot 2 = 599400 \text{ (Дж)}$$

$$Q_3 = 333 \cdot 10^3 \cdot 0,9 \cdot 3 = 899100 \text{ (Дж)}$$

$$Q_4 = 333 \cdot 10^3 \cdot 0,9 \cdot 4 = 1198800 \text{ (Дж)}$$

$$Q_5 = 333 \cdot 10^3 \cdot 0,9 \cdot 5 = 1498500 \text{ (Дж)}$$

Видно, что весь лёд раставится только в первом  
случае.

$$T_1 = \frac{-c_2 m_2 t_2 - \lambda m_2 + c_1 m t_1}{c_2 m_2 + c_1 m} = \frac{97200}{6090} \approx 15,96^\circ \text{C}$$

Общая формула для нахождения  $T_N$ :

$$T_N = \frac{c_1 m t_1 - c_2 m_2 t_2 N - \lambda m_2 N}{c_2 m_2 N + c_1 m}$$

$$\Rightarrow T_2 \approx -23^\circ \text{C}; T_3 \approx -47^\circ \text{C}; T_4 \approx -63,37^\circ \text{C}; T_5 \approx -75,16^\circ \text{C}$$

| Общий балл | Дата | Ф.И.О. Жюри | Подпись |
|------------|------|-------------|---------|
|            |      |             |         |
| Шифр       |      |             |         |

### Задача 4.

Дано:

$$U = \text{const}$$

$$m_1 = m_2$$

$$\rho_1 = \rho_2$$

$$d_1 = 2d_2$$

$$P_{\text{пер}} \sim S_{\text{к}} \Delta t$$

$$t_0 = 0^\circ \text{C}$$

$$\frac{t_1}{t_2} = ?$$

Решение:

$$S_1 = 2\pi \left(\frac{1}{2}d_1\right)^2 = \frac{\pi d_1^2}{2} = \frac{4\pi d_2^2}{2} = 2\pi d_2^2 ;$$

$$S_2 = 2\pi \left(\frac{1}{2}d_2\right)^2 = \frac{\pi d_2^2}{2} \quad - \text{площадь сечения стержней}$$

проводами

$$\frac{S_1}{S_2} = \frac{2\pi d_2^2 \cdot 2}{\pi d_2^2} = 4 ; \text{ т.к. } \rho_1 = \rho_2 \text{ и } m_1 = m_2, \text{ то из } V = \frac{m}{\rho} :$$

$$V_1 = V_2, \quad V_1 = S_1 l_1, \quad V_2 = S_2 l_2 ; \text{ т.к. } \frac{S_1}{S_2} = 4, \text{ то}$$

$$\frac{l_2}{l_1} = 4, \quad R_1 = \frac{\rho_1 l_1}{S_1} ; \quad R_2 = \frac{\rho_2 l_2}{S_2}$$

$$\Rightarrow \frac{R_2}{R_1} = \frac{\rho_2 l_2 \cdot S_1}{S_2 \cdot l_1} = \frac{4\rho_2 l_1 \cdot 4S_2}{S_2 \cdot l_1} = 16$$

По закону Джоуля - Ленца:  $Q = I^2 R t = \frac{U^2}{R} t$

т.к. соединения последовательные, то  $I_1 = I_2 = I$ .

$$P_1 = \frac{Q_1}{t} = \frac{I^2 R_1 t}{t} = I^2 R_1$$

$$P_2 = \frac{Q_2}{t} = \frac{I^2 R_2 t}{t} = I^2 R_2 = 16 I^2 R_1$$

$$\frac{P_2}{P_1} = 16 \quad - \text{соотношение получаемой проводниками энергии за одну секунду (или другой одинаковый промежуток времени).}$$

В таком случае вторая проволока нагревается в 16 раз

быстрее первой. Тогда соотношение проводов, воздуха:

$$S_{\text{к1}} = \pi d_1 l_1 + 2S_1 ; \quad S_{\text{к2}} = \pi d_2 l_2 + 2S_2$$

$$S_{\text{к1}} = 2\pi d_2 \cdot 0,25 l_2 + 8S_2 = 0,5\pi d_2 l_2 + 8S_2$$

$$\frac{S_{\text{к2}}}{S_{\text{к1}}} = 16$$

Т!  $\Rightarrow 10$

| Общий балл | Дата | Ф.И.О. Жюри | Подпись |
|------------|------|-------------|---------|
|            |      |             |         |
| Шифр       |      |             |         |

Задача 5.

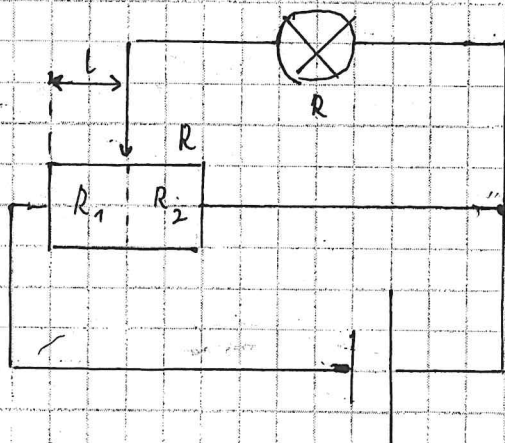
Дано:

$$U, R, l_0$$

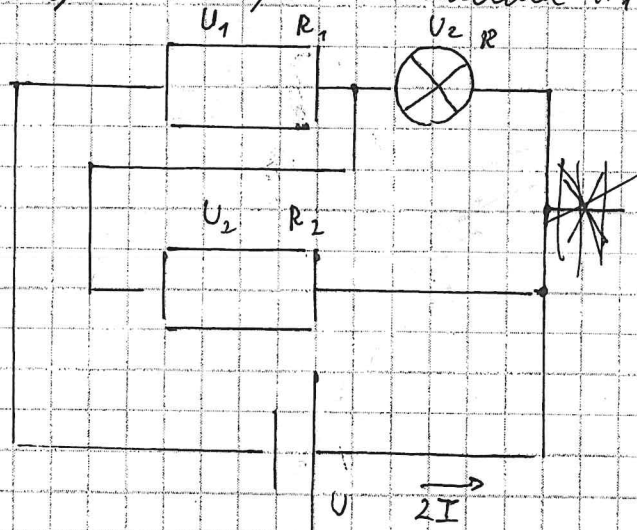
$$P - ?$$

$$\eta(l) - ?$$

Решение:



Представить ре потенциометр в виде двух отдельных резисторов с сопротивлениями  $R_1$  и  $R_2$ , переписать схему:



Пусть в цепи течет ток  $2I$ . Тогда закон Ома - Кен-зи принимает следующий вид (для всей цепи):

$$1) \quad Q = \frac{2U^2}{R} \quad Q = \frac{U_2^2}{R} + \frac{U_2^2}{R_2} + \frac{U_1^2}{R_1}, \quad \text{где } U_2 - \text{напряжение}$$

на лампочке и на второй части потенциометра;

а  $U_1$  - напряжение на первой части потенциометра.

$$\text{Входящая мощность цепи: } P_0 = 2UI = \frac{U^2}{\frac{R-R_2}{R+R_2} + R_1}.$$

$$\text{При } l = \frac{2}{3}l_0, \quad R_1 = \frac{2}{3}R, \quad R_2 = \frac{1}{3}R.$$

| Общий балл | Дата | Ф.И.О. Жюри | Подпись |
|------------|------|-------------|---------|
|            |      |             |         |
| Шифр       |      |             |         |

Задача 5.

Подставим найденные  $R_1$  и  $R_2$  в формулу  
для общей мощности:

$$2) P_{\text{общ}} = \frac{U^2}{\frac{R \cdot \frac{1}{3}R}{R + \frac{1}{3}R} + \frac{2}{3}R} = \frac{U^2}{\frac{\frac{1}{3}R}{\frac{4}{3}} + \frac{2}{3}R} = \frac{U^2}{\frac{R^{\frac{1}{3}}}{4} + \frac{2^{\frac{4}{3}}}{3}R} = \frac{U^2}{\frac{3R + 8R}{12}} =$$

$$= \frac{12U^2}{11R}$$

$$\eta = \frac{P_{\text{н}}}{P_{\text{о}}} \cdot 100\% ; P_{\text{н}} = \frac{U^2}{R}$$

$$R_1 + R_2 = R$$

$$1) Q = \frac{U^2}{\frac{R \cdot R_2}{R + R_2} + R_1}$$

$$P = \frac{U^2}{\frac{R \cdot R_2}{R + R_2} + R_1} ;$$

$$\eta(l) = \frac{U^2}{\frac{R^2 \cdot R_2}{R + R_2} + RR_1}$$

При увеличении  $l$  растет  $R_1$  и падает  $R_2$ .