

Олимпиада школьников по физике Центра "Вега"
2023 г., II этап (2 часа)

8 класс (всего 40 баллов)

Задача №1.

Металлический брусок массой 800 г имеет форму прямоугольного параллелепипеда. Если класть брусок на горизонтальную поверхность поочередно тремя разными гранями, то он будет оказывать на нее давления: $p_1 = 1,6$ кПа, $p_2 = 5 p_1$ и $p_3 = p_2 / 2$ соответственно. Определите плотность ρ материала бруска. Ответ выразите в г/см^3 . Ускорение свободного падения примите равным $g=10 \text{ м/с}^2$. **(10 баллов)**

II.1. Давления, оказываемые бруском на горизонтальную поверхность, $p_i = \frac{F}{S_i}$, где $F = mg$ – сила тяжести, действующая на

брусок, S_i – площади поверхностей его граней ($i = 1, 2, 3$). Имеем

$S_1 = ab$, $S_2 = bc$, $S_3 = ac$. Таким образом $p_1 = \frac{mg}{ab}$,

$p_2 = \frac{mg}{bc} = 5 p_1 = 5 \frac{mg}{ab}$ и $p_3 = \frac{mg}{ac} = \frac{p_2}{2} = \frac{5 p_1}{2} = \frac{5 mg}{2 ab}$. Отсюда следует,

что $a = 5c$, $b = \frac{5}{2}c$ и $a = 2b$. Поэтому можно записать, что

$p_1 = \frac{mg}{ab} = \frac{mg}{2b \cdot b}$. Отсюда находим, что $b = \sqrt{\frac{mg}{2p_1}} = \sqrt{\frac{0,8 \cdot 10}{2 \cdot 1600}} = 0,05 \text{ м}$.

Так как $p_2 = \frac{mg}{bc} = 5 p_1$, то $c = \frac{mg}{b \cdot 5 p_1} = \frac{0,8 \cdot 10}{0,05 \cdot 5 \cdot 1600} = 0,02 \text{ м}$. И, наконец,

из формулы $p_1 = \frac{mg}{ab}$ находим, что $a = \frac{mg}{b \cdot p_1} = \frac{0,8 \cdot 10}{0,05 \cdot 1600} = 0,1 \text{ м}$. Объем

такого бруска равен $V = abc = 0,1 \cdot 0,05 \cdot 0,02 = 0,0001 \text{ м}^3$. Следовательно,

плотность бруска $\rho = \frac{m}{V} = \frac{0,8}{0,0001} = 8000 \text{ кг/м}^3 = 8 \text{ г/см}^3$.

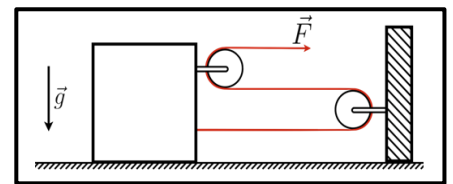
Ответ: $\rho = 8 \text{ г/см}^3$.

Критерии оценивания задачи:

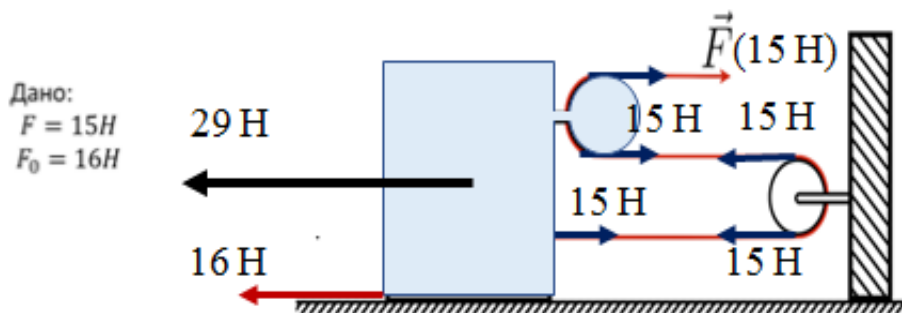
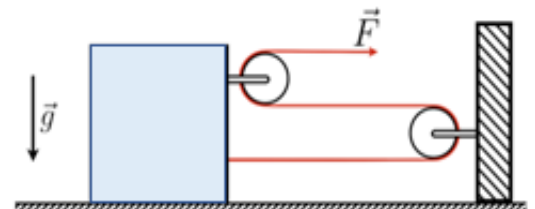
	Max - 10 баллов
Заданы площади граней бруска	1 балл
Записаны формулы, определяющие давления всех граней на поверхность	2 балла
По заданным условиям найдена связь между a, b и c	2 балла
Определены a, b и c	3 балла
Определен объем бруска	1 балл
Определена плотность бруска	1 балл

Задача №2.

"Черный ящик", привязанный через систему блоков и нитей к стенке, покоится на горизонтальной поверхности. Чтобы преодолеть трение и сдвинуть его с места, непосредственно к нему необходимо приложить горизонтальную силу чуть больше 16 Н. Какую минимальную силу надо прикладывать к "черному ящику", чтобы он оставался неподвижным, если к веревке приложена сила 15 Н? Ответ дать в Ньютонах, округлив до целых. Ускорение свободного падения примите равным $g=10 \text{ м/с}^2$. (10 баллов)



Задача 2. «Черный ящик», привязанный через систему блоков и нитей к стенке, покоится на горизонтальной поверхности. Чтобы преодолеть трение и сдвинуть его с места, непосредственно к нему необходимо приложить горизонтальную силу чуть больше 16 Н. Какую минимальную силу надо прикладывать к черному ящику, чтобы он оставался неподвижным, если к веревке приложена сила 15 Н? Ответ дать в Ньютонах, округлив до целых. Считать, что 10 м/с^2 .



1. Блоки – неподвижные, т.е. ...
2. Верхний блок и «ящик» – единое тело
3. Нити все натянуты одинаково с силой 15 Н, то вправо действует сила – 45Н

4. На ящик с блоком влево действует сила трения, равная 16 Н
5. Значит, минимальную силу, чтобы ящик оставался неподвижным надо приложить влево и она равна
 $45 \text{ Н} - 16 \text{ Н} = 29 \text{ Н}$

Ответ: 29 Н

Критерии оценивания задачи:

	Мах - 10 баллов
Определены силы натяжения нитей на обоих блоках	4 балла
Определена общая сила, действующая на ящик вправо	2 балла
Выделено направление силы трения	2 балла
Определена минимальная сила для неподвижности ящика	2 балла

Задача №3.

В чашке вместимостью $V = 200$ мл находится теплая вода при температуре $t_1 = 40^\circ\text{C}$. Кусочек льда, температура и масса которого составляют $t_2 = 0^\circ\text{C}$ и $m_{\text{л}} = 20$ г, опускают в чашку таким образом, что уровень воды поднимается до краев чашки, а лед плавает, не касаясь ее дна. Определите температуру воды в чашке после установления теплового равновесия. Удельная теплоемкость воды $c_{\text{в}} = 4200$ Дж/(кг·°C), удельная теплота плавления льда $\lambda_{\text{л}} = 3,35 \cdot 10^5$ Дж/кг. Теплоемкостью чашки и потерями теплоты пренебречь.

(10 баллов)

9. Решение. Так как уровень воды поднялся до краёв чашки, а лёд плавает, не касаясь её дна, то масса содержимого чашки равна $m = 200$ г. Следовательно, масса тёплой воды в чашке составляет $m_{\text{в}} = 180$ г. Пусть t – температура воды в чашке после установления теплового равновесия. Запишем уравнение теплового баланса

$$Q_{\text{отд}} = m_{\text{в}} c_{\text{в}} (t_1 - t) = Q_{\text{пол}} = m_{\text{л}} c_{\text{в}} (t - t_2) + m_{\text{л}} \lambda_{\text{л}}.$$

Отсюда для температуры t находим

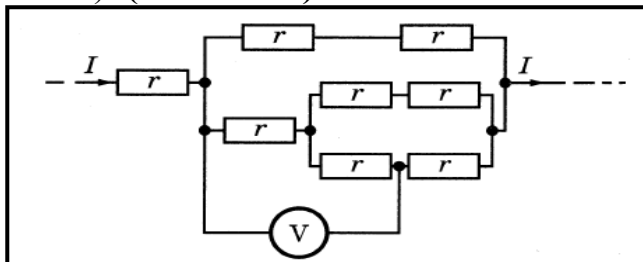
$$t = \frac{m_{\text{в}} c_{\text{в}} t_1 + m_{\text{л}} c_{\text{в}} t_2 - m_{\text{л}} \lambda_{\text{л}}}{c_{\text{в}} (m_{\text{в}} + m_{\text{л}})} \approx 28^\circ\text{C}.$$

Критерии оценивания задачи:

	Мах - 10 баллов
Правильно определена масса содержимого чашки	1 балл
Правильно определена масса теплой воды в чашке	1 балл
Правильно записана формула выделенного количества теплоты	2 балла
Правильно записана формула полученного количества теплоты	2 балла
Правильно составлено уравнение теплового баланса	2 балла
Правильно получена конечная формула и ответ	2 балла

Задача №4.

Восемь одинаковых резисторов с сопротивлением $r = 1 \text{ Ом}$ соединены в электрическую цепь, по которой течет ток $I = 8 \text{ А}$ (см. рисунок). Какое напряжение показывает вольтметр? Вольтметр считать идеальным (т.е. с большим сопротивлением). (10 баллов)

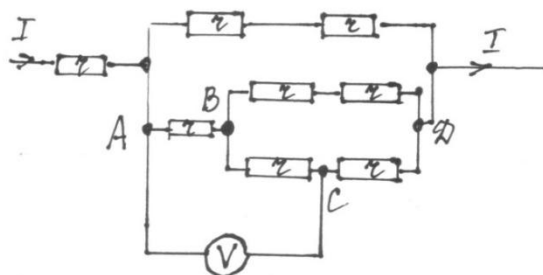


Дано:

$$r = 1 \text{ Ом}$$

$$I = 8 \text{ А}$$

$$U_{AC} = ?$$



Так как сопротивление участка BD равно r , то сопротивление участка AD равно $2r$. Значит, $I_{AD} = \frac{8 \text{ А}}{2} = 4 \text{ А} = I_{AB}$

На участке BD $I_{BD} = I_{BC} = 2 \text{ А}$

$$U_{AB} = I_{AB} \cdot r = 4 \text{ А} \cdot 1 \text{ Ом} = 4 \text{ В}$$

$$U_{BC} = I_{BC} \cdot r = 2 \text{ А} \cdot 1 \text{ Ом} = 2 \text{ В}$$

$$U_{AC} = 4 \text{ В} + 2 \text{ В} = 6 \text{ В}$$

Ответ: вольтметр показывает 6 В.

Критерии оценивания задачи:

	Мах - 10 баллов
Обозначены узлы буквами для удобных расчетов	1 балл
Найдено сопротивление нижней ветки в схеме	2 балла
Определена сила тока на участках параллельной ветки	2 балла
Определено напряжение на участке АВ	1 балл
Определено напряжение на участке ВС	2 балла
Определено напряжение, показываемое вольтметром	2 балла