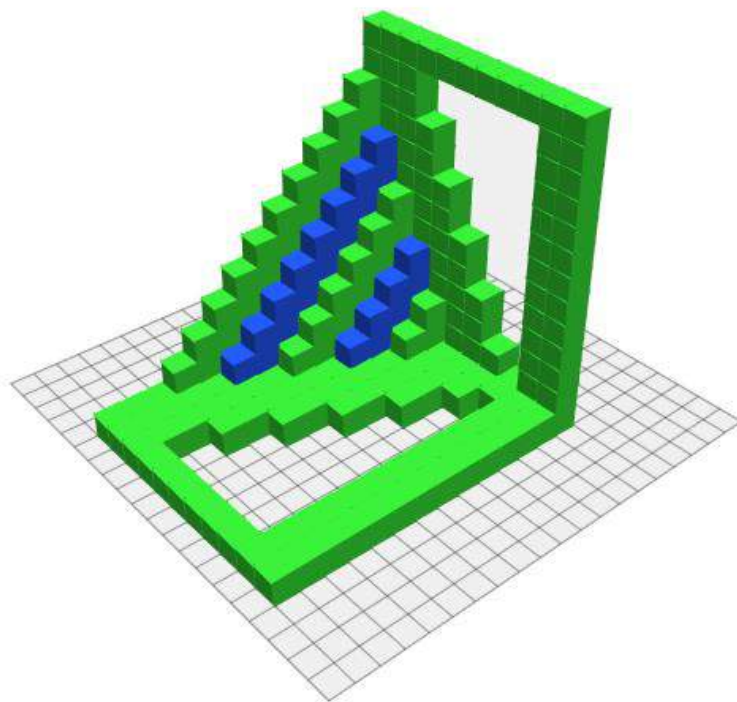


**Решения заданий второго тура отборочного этапа
Олимпиады «Ломоносов» по инженерным наукам 2018/2019
8-9 классы**

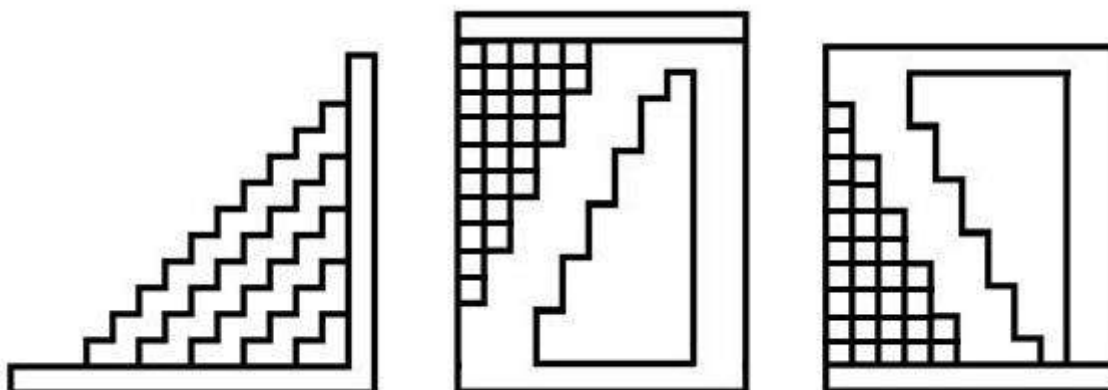
Задача 1 (15 баллов).

Выполните эскизы фронтальной, горизонтальной и профильной проекций фигуры, изображенной на рисунке.



Решение:

Одно из возможных решений задачи:



Задача 2 (15 баллов).

К 256 г раствора сульфата натрия добавили глауберову соль, содержащую $12,64 \cdot 10^{23}$ атомов кислорода, в результате чего получили 20% раствор соли. Определите концентрацию изначального раствора.

Решение:

1. Глауберова соль – $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$

2. Найдем количество кислорода: $\nu(\text{O}) = \frac{N(\text{O})}{N_A} \approx 2,1$ моль

3. $\nu(\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) : \nu(\text{O}) = 1 : 14$ $\nu(\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 0,15$ моль

4. Найдем массу сульфата натрия, который добавили в составе кристаллогидрата:

$\nu(\text{Na}_2\text{SO}_4) : \nu(\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 1 : 1 \Rightarrow \nu(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0,15$ моль \Rightarrow

$m_{\text{доб}}(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \nu(\text{Na}_2\text{SO}_4) \cdot \mu(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 21,3$ г

5. Найдем массу глауберовой соли:

$m_{\text{глауберовой соли}} = \nu(\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) \cdot \mu(\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 48,3$ г

6. Найдем массу конечного раствора:

$m_{\text{раствора}} = m_{\text{начального раствора}} + m_{\text{глауберовой соли}} = 304,3$ г

7. Найдем массу сульфата натрия, содержащуюся в начальном растворе:

$\omega_{\text{конечного раствора}}(\text{Na}_2\text{SO}_4)\% = \frac{m(\text{Na}_2\text{SO}_4)}{m_{\text{раствора}}} \cdot 100\% \Rightarrow$

$m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \omega_{\text{конечного раствора}}(\text{Na}_2\text{SO}_4)\% \cdot m_{\text{раствора}} : 100\% = 60,86$ г, значит,

$m(\text{Na}_2\text{SO}_4)_{\text{начальная}} = m(\text{Na}_2\text{SO}_4) - m_{\text{доб}}(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 39,56$ г.

8. Найдем концентрацию начального раствора:

$\omega_{\text{начального раствора}}(\text{Na}_2\text{SO}_4)\% = \frac{m(\text{Na}_2\text{SO}_4)_{\text{начальная}}}{m_{\text{раствора}}} \cdot 100\% \approx 15,45\%$.

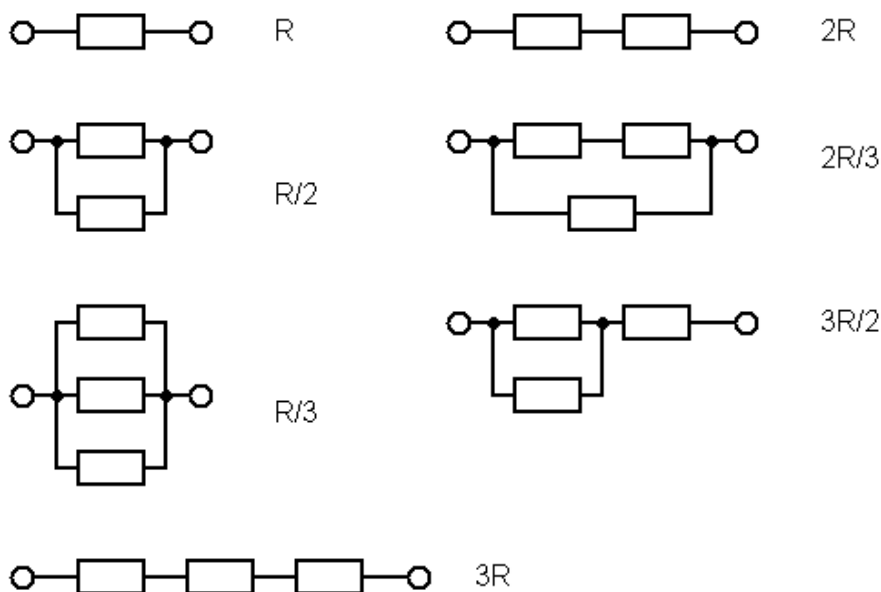
Ответ: 15,45%.

Задача 3 (15 баллов).

Конфорка электроплиты содержит три одинаковых нагревательных элемента, каждый из которых имеет сопротивление R. Сколько различных уровней мощности можно получить, подключая их к электросети с заданным напряжением? Ответ обоснуйте.

Решение:

Три элемента можно подключить к сети семью различными по выделяемой тепловой мощности способами (справа от схемы соединения указано получающееся сопротивление):



Ответ: семь.

Задача 4 (15 баллов).

Сколько воды при температуре $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ нужно налить в литровую бутылку, чтобы при охлаждении воды до $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ давление воздуха в бутылке не изменилось? Перед охлаждением бутылку плотно закрыли.

Решение:

Пусть V – объем бутылки, $V_{\text{воды}}$ – объем налитой в нее воды, T_0 – начальная температура, T_1 – конечная температура. Тогда начальный объем воздуха равен $V_0 = V - V_{\text{воды}}$. При замерзании объем воды увеличивается в $\eta \approx 1,09$ раза, поэтому объем, занятый воздухом, станет равным $V_1 = V - \eta V_{\text{воды}}$. Тогда давление воздуха станет равным $p_1 = p_0 \frac{V_0 T_1}{V_1 T_0} = p_0 \frac{V - V_{\text{воды}} T_1}{V - \eta V_{\text{воды}} T_0}$. Из требования $\frac{V - V_{\text{воды}} T_1}{V - \eta V_{\text{воды}} T_0} = 1$ получаем $V_{\text{воды}} = \frac{T_0 - T_1}{\eta T_0 - T_1} V \approx 0,44$ л.

Ответ: 0,44 л.

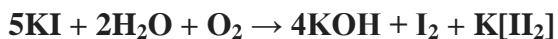
Задача 5 (20 баллов).

Лаборантка, разбираясь на полке, обнаружила плохо закрытую склянку с надписью «KI». Еще со школьных практикумов она помнила, что KI должен быть белого цвета. Каково же было ее удивление, когда она открыла склянку и увидела коричневый порошок. «Наверное, испортился!» – подумала она.

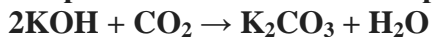
Что произошло с KI? Напишите уравнения химических реакций. Как правильно хранить данную соль? Ответ поясните.

Решение:

Со временем на воздухе йодид калия сыреет с разложением и выделением йода:



Гидроксид калия в свою очередь реагирует с углекислым газом, содержащимся в воздухе:



Хранить KI необходимо в плотно закрытом сосуде без доступа кислорода воздуха и водяных паров.

Задача 6 (20 баллов).

Взрослый бурый медведь Винни-Пух массой 250 кг решил организовать стартап по добыче меда из высоко висящих ульев диких пчел. Винни-Пух собирается подниматься к каждому улью на наполненных легким газом воздушных шариках. Руководитель компании по производству шариков Сова согласилась бесплатно поставлять ему незаполненные воздушные шарики массой 3 г, вмещающие до 50 л газа, в обмен на исправление Винни-Пухом грамматических ошибок в рекламе ее фирмы. Добывать мед наш герой собирается при температуре около 0 °С, когда пчелы не такие злые. После каждого подъема Винни-Пуха спускает на землю Пятачок, и они вместе идут к следующему улью. В качестве возможного наполнителя шариков Винни-Пух рассматривает водород (стоимость 345 руб./м³, плотность при н.у. 0,09 кг/м³), гелий (стоимость 1900 руб./м³, плотность при н.у. 0,18 кг/м³) или аммиак (стоимость 160 руб./кг, плотность при н.у. 0,73 кг/м³).

- Оцените наименьшее количество шариков, которое потребуется для поднятия Винни-Пуха в воздух.
- Оцените наименьшую стоимость добычи одного килограмма меда, если Винни-Пух в среднем добывает из улья 5 кг меда, а после каждого подъема ему приходится заново надуть 10% используемых для подъема шариков.
- Какой газ стоит использовать Винни-Пуху с точки зрения безопасности? Ответ поясните.

Решение:

а) Из закона Архимеда следует, что чем меньше плотность используемого газа, тем больший груз может поднять каждый шарик при фиксированном объеме. Отсюда Винни-Пуху понадобится меньше всего шариков для подъема в воздух, если он будет использовать в качестве наполнителя водород. На каждый шарик при этом действует выталкивающая сила $F_A = \rho_{\text{возд}} V_{\text{ш}} g$, где $\rho_{\text{возд}} = 1,29 \text{ кг/м}^3$ – плотность воздуха, $V_{\text{ш}} = 0,05 \text{ м}^3$ – объем одного надутого шарика. Для поднятия Винни-Пуха суммарная выталкивающая сила, действующая на шарики, должна превосходить силу тяжести, действующую на Винни-Пуха и шарики, то есть

$N \rho_{\text{возд}} V_{\text{ш}} g > (m_{\text{медв}} + N(m_{\text{об}} + \rho_{\text{в}} V_{\text{ш}})) g$, где N – количество шариков, $m_{\text{медв}} = 250 \text{ кг}$ – масса Винни-Пуха, $m_{\text{об}} = 0,003 \text{ кг}$ – масса оболочки шарика, $\rho_{\text{в}} = 0,09 \text{ кг/м}^3$ – плотность водорода. Отсюда $N > \frac{m_{\text{медв}}}{(\rho_{\text{возд}} - \rho_{\text{в}}) V_{\text{ш}} - m_{\text{об}}}$. Подставляя в это неравенство известные значения величин,

получаем, что наименьшее количество шариков равно 4386.

б) Из условия получаем, что на добычу 5 кг меда уходит в среднем 10% газа, используемого Винни-Пухом для подъема (затратами газа на первый подъем пренебрегаем, так как при большом числе подъемов они дают незначительный вклад в среднюю стоимость добычи меда).

По формуле, аналогичной выведенной в пункте (а), необходимое для подъема Винни-Пуха количество шариков $N \approx \frac{m_{\text{медв}}}{(\rho_{\text{возд}} - \rho)V_{\text{ш}} - m_{\text{об}}}$, где ρ – плотность используемого газа. Тогда используемый Винни-Пухом для подъема объем газа равен $NV_{\text{ш}}$, а стоимость 10% этого объема составляет $0,1NV_{\text{ш}}p$, где p – стоимость 1 м^3 соответствующего газа. Средняя стоимость добычи одного килограмма меда равна $\frac{0,1NV_{\text{ш}}p}{5} \approx \frac{0,02m_{\text{медв}}V_{\text{ш}}p}{(\rho_{\text{возд}} - \rho)V_{\text{ш}} - m_{\text{об}}}$. Подставляя в это выражение значения плотности и стоимости одного кубометра каждого наполнителя (стоимость аммиака равна $160 \text{ руб./кг} \cdot 0,73 \text{ кг/м}^3 = 116,8 \text{ руб./м}^3$), получаем, что средние затраты на добычу одного килограмма меда составляют:

1513 рублей, если использовать водород;

9048 рублей, если использовать гелий;

1168 рублей, если использовать аммиак.

Таким образом, наименьшая стоимость добычи 1 кг меда составляет 1168 рублей.

в) Так как аммиак ядовит, а водород в смеси с воздухом горюч, единственным безопасным наполнителем является гелий.

Ответ: а) 4386 шариков; б) 1168 рублей; в) гелий.