

Задания отборочного этапа
Олимпиады школьников СПбГУ «Инженерные системы»
8-9 класс

Задача №1

Вар. 1.

Соединение X содержит по массе 5,96% алюминия, 3,09% азота, 14,13% серы, 70,64% кислорода, 6,18% водорода.

1. Определите формулу соединения X.
2. Рассчитайте мольные доли элементов соединения X.
3. Запишите уравнение электролитической диссоциации соединения X.
4. Запишите уравнение реакции соединения X с гидроксидом натрия. Какая минимальная масса гидроксида натрия может полностью прореагировать с 10 мл раствора соединения X с концентрацией 1 моль/л?

Ответ:

1. алюмоаммонийные квасцы – $\text{AlNH}_4(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$.
2. 1,92% алюминия, 1,92% азота, 53,93% серы, 3,84% кислорода, 38,39% водорода.
3. $\text{AlNH}_4(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Al}^{3+} + \text{NH}_4^+ + 2\text{SO}_4^{2-} + 12\text{H}_2\text{O}$
4. массу необходимого количества гидроксида натрия: 1,6 грамм.

Вар 2.

Соединение X содержит по массе 11,62% железа, 2,9% азота, 13,28% серы, 66,39% кислорода, 5,81% водорода.

1. Определите формулу соединения X.
2. Рассчитайте мольные доли элементов соединения X.
3. Запишите уравнение электролитической диссоциации соединения X.
4. Запишите уравнение реакции соединения X с гидроксидом натрия. Какая минимальная масса гидроксида натрия может полностью прореагировать с 10 мл раствора соединения X с концентрацией 1 моль/л?

Ответ:

1. железоаммонийные квасцы – $\text{FeNH}_4(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$.
2. 1,94% железа, 1,94% азота, 3,89% серы, 38,42% кислорода, 53,8% водорода.
3. $\text{FeNH}_4(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{NH}_4^+ + 2\text{SO}_4^{2-} + 12\text{H}_2\text{O}$
4. масса необходимого количества гидроксида натрия: 1,6 грамм.

Задача 2.

Вар. 1.

Найдите три решения уравнения $2024n + nm + 2024m = 0$ в целых числах (без использования симметрии выражения относительно m и n , то есть ни для каких пар решений не могут совпадать значения n и m). Далее для каждого найденного решения запишите разложение числа $2024 \cdot |m| \cdot |n|$ на простые делители и найдите все представления числа $2024 \cdot |m| \cdot |n|$ в виде произведения квадрата натурального числа и куба другого натурального числа.

Ответ:

- 1) $n=2024, m=-1012, 2024 \cdot |m| \cdot |n| = 2^8 \cdot 11^3 \cdot 23^3 = 16^2 \cdot 253^3 = 2^2 \cdot 1012^3$,
- 2) $n=-1936, m=44528, 2024 \cdot |m| \cdot |n| = 2^{11} \cdot 11^5 \cdot 23^2 = 4048^2 \cdot 22^3 = 506^2 \cdot 88^3$
- 3) $n=-1978, m=87032, 2024 \cdot |m| \cdot |n| = 2^7 \cdot 11^2 \cdot 23^3 \cdot 43^2 = 1892^2 \cdot 46^3$

Вар. 2.

Найдите три решения уравнения $2025n + nm + 2025m = 0$ в целых числах (без использования симметрии выражения относительно m и n , то есть ни для каких пар решений не могут совпадать значения n и m). Далее для каждого найденного решения запишите разложение числа $2025 \cdot |m| \cdot |n|$ на простые делители и найдите все представления числа $2025 \cdot |m| \cdot |n|$ в виде произведения квадрата натурального числа и куба другого натурального числа.

Ответ:

- 1) $n=-2000, m=162000, 2025 \cdot |m| \cdot |n| = 2^8 \cdot 3^8 \cdot 5^8 = 810000^2 \cdot 1^3 = 30^2 \cdot 900^3$,
- 2) $n=-1980, m=89100, 2025 \cdot |m| \cdot |n| = 2^4 \cdot 3^{10} \cdot 5^5 \cdot 11^2 = 1980^2 \cdot 45^3$,
- 3) $n=-1944, m=48600, 2025 \cdot |m| \cdot |n| = 2^6 \cdot 3^{14} \cdot 5^4 = 437400^2 \cdot 1^3 = 54675^2 \cdot 4^3 = 2025^2 \cdot 36^3 = 16200^2 \cdot 9^3 = 75^2 \cdot 324^3 = 600^2 \cdot 81^3$.

Задача 3.

Вар. 1.

Плиточник Петя выкладывает за день 10 коробок плитки, причем 15% плитки он безвозвратно разбивает. плиточник Вася выкладывает за день 8 коробок плитки, причем разбивает он 10% плитки. Они вместе вышли на объект, где суммарно за время работы выложили 250 коробок плитки. Посчитайте, сколько плитки (в процентах) оказалось разбито?

Ответ: процент боя: $12\frac{7}{9}\%$

Вар-2

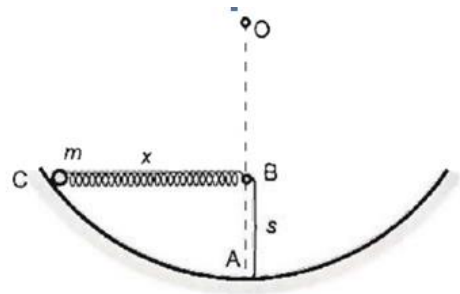
Плиточник Петя выкладывает за день 10 коробок плитки, причем 20% плитки он безвозвратно разбивает. плиточник Вася выкладывает за день 8 коробок плитки, причем разбивает он 15% плитки. Они вместе вышли на объект, где суммарно за время работы выложили 250 коробок плитки. Посчитайте, сколько плитки (в процентах) оказалось разбито?

Ответ: процент боя: $17\frac{7}{9}\%$

Задача 4.

Вар. 1.

В системе автоматизированного производства установлена шаровая камера, внутри которой находится сферическая оболочка без трения с радиусом $OA = 0,8\text{ м}$. В этой системе важно контролировать движение сферического груза (шара) для выполнения транспортировочных операций. Один конец пружины с длиной в расслабленном состоянии $L = 0,32\text{ м}$ и жесткостью $D = 75\text{ Н/м}$ закреплен в точке B , расположенной на $0,48\text{ м}$ ниже центра сферы. К другому концу пружины прикреплен груз массой $m = 3,2\text{ кг}$. В исходной конфигурации пружина растянута горизонтально до точки C , после чего груз отпускают. Считать $g = 10\text{ м/с}^2$.



- Определите скорость груза в момент, когда он пройдет самую удаленную точку оболочки.
- Рассчитайте нагрузку на сферическую оболочку в этой точке, чтобы спроектировать оболочку с учетом прочности.

Ответ: 67,3Н.

Вар. 2

Круговая трасса для тестирования грузов на новую модель автомобиля с радиусом $R = 32\text{ м}$ расположена в вертикальной плоскости. К трассе примыкает тангенциальный склон. Автомобиль начинает движение с вершины склона, спускается по нему и отрывается от трассы на высоте $h = \frac{3}{2}R$, измеренной от нижней точки.



- Найти высоту, с которой начинает движение автомобиль.
- Найти максимальную высоту, которую он достигнет после отрыва от трассы.

Предполагается, что автомобиль можно рассматривать как материальную точку. В расчетах пренебречь сопротивлением воздуха и трения.

Ответ: 54м.

Задача 5.

Вар. 1.

Стандартная упаковка имеет кубическую форму и вмещает (без зазоров) 27 кубических коробочек размером 10см x 10см x 10см. Плотность товара, упакованного в них равна 10гр./см³.

Если использовать для упаковки того же товара коробочки цилиндрической формы, диаметром 10см и высотой 10 см, то возможно ли разместить их в той же упаковке, сохранив общую массу товара.

Ответ: нельзя разместить товар в той же упаковке, сохранив общую массу товара. Потребуется упаковка большая по размеру.

Вар. 2.

Стандартная упаковка имеет кубическую форму и вмещает (без зазоров) 27 кубических коробочек размером 8см x 8см x 8см. Плотность товара, упакованного в них равна 10гр./см³.

Если использовать для упаковки того же товара коробочки цилиндрической формы, диаметром 8см и высотой 8 см, то возможно ли разместить их в той же упаковке, сохранив общую массу товара.

Ответ: нельзя разместить товар в той же упаковке, сохранив общую массу товара. Потребуется упаковка большая по размеру.

Задания оборочного этапа
Олимпиады школьников СПбГУ «Инженерные системы»
8-9 класс

Задача №1

Вар. 1.

Рассчитайте энтальпию перехода фуллерена C_{60} в алмаз, если известно, что средняя энергия связи в фуллерене C_{60} составляет 450 кДж/моль, стандартная энтальпия образования алмаза 1,83 кДж/моль, стандартная энтальпия образования одноатомного газообразного углерода 716,7 кДж/моль, а энтальпия перехода кристаллического фуллерена C_{60} в газообразный 184 кДж/моль.

1. Запишите термохимические уравнения представленных в условии процессов.
2. Рассчитайте стандартную энтальпию образования кристаллического фуллерена C_{60} .
3. Рассчитайте теплоту полного хлорирования кристаллического фуллерена C_{60} , считая стандартную энтальпию образования газообразного тетрахлорметана -102,9 кДж/моль.
4. Рассчитайте среднюю энергию связи в тетрахлорметане, если стандартная энтальпия образования одноатомного хлора составляет 121,3 кДж/моль.

Ответ:

1. искомая энтальпия перехода кристаллического фуллерена C_{60} в алмаз: **-36,8 кДж/моль.**
2. энтальпия образования кристаллического фуллерена: **2317,8 кДж/моль**
3. теплота полного хлорирования: -141,53 кДж/моль.
4. средняя энергия связи составляет **326 кДж/моль.**

Вар 2.

Рассчитайте энтальпию перехода фуллерена C_{60} в алмаз, если известно, что средняя энергия связи в фуллерене C_{60} составляет 450 кДж/моль, стандартная энтальпия образования алмаза 1,83 кДж/моль, стандартная энтальпия образования одноатомного газообразного углерода 716,7 кДж/моль, а энтальпия перехода кристаллического фуллерена C_{60} в газообразный 184 кДж/моль.

1. Запишите термохимические уравнения представленных в условии процессов.
2. Рассчитайте стандартную энтальпию образования кристаллического фуллерена C_{60} .

3. Рассчитайте теплоту полного фторирования кристаллического фуллерена C_{60} , считая стандартную энтальпию образования газообразного тетрафторметана -933 кДж/моль.

4. Рассчитайте среднюю энергию связи в тетрафторметане, если стандартная энтальпия образования одноатомного фтора составляет $79,5$ кДж/моль.

Решение

1. искомая энтальпия перехода кристаллического фуллерена C_{60} в алмаз: **$-36,8$ кДж/моль.**
2. энтальпия образования кристаллического фуллерена: **$2317,8$ кДж/моль**
3. теплота полного хлорирования: $-971,63$ кДж/моль.
4. средняя энергия связи составляет **$491,9$ кДж/моль.**

Задача №2

Блогер-математик во время стрима рассказывает подписчикам теорему: «Через вершины треугольника ABC проведены прямые AX, BY и CZ, пересекающие противоположные стороны (или их продолжения) в точках X, Y и Z. Если прямые AX, BY и CZ пересекаются в одной точке, то выполняется равенство $\frac{AY}{YC} + \frac{CX}{XB} + \frac{BZ}{ZA} = 1.$ »

Удастся ли блогеру закончить эфир демонстрацией треугольника, для которого выполняется приведенное утверждение?

Ответ: не сможет, такого треугольника не существует.

Задача №3

Программа случайным образом генерирует пять трехзначных чисел. Напишите программу, позволяющую определить, в каких разрядах и с какими из пяти чисел совпадает еще одно трехзначное число, введенное с клавиатуры.

Ответ: Программа должна содержать и выполнять описанные в задаче условия.

Задача 4.

Вар. 1.

Стандартная упаковка имеет кубическую форму и вмещает (без зазоров) 9 кубических коробочек размером $10\text{см} \times 10\text{см} \times 10\text{см}$. Плотность товара, упакованного в них равна 10гр./см^3 .

Если использовать коробочки цилиндрической формы, диаметром 10см и высотой 10 см то какой размер упаковки необходим для товара аналогичной массы?

Товар в упаковке должен располагаться в 3 ряда и как можно плотнее друг к другу. Основание коробки – квадрат.

Толщиной упаковки и коробочек можно пренебречь.

Ответ:

а) если считать, что товар должен полностью уместиться в коробочки цилиндрического вида то упаковки кубического вида, для всех коробочек, создать не возможно.

б) если считать, что товар может не полностью заполнять цилиндрическую коробочку то можно создать общую упаковку кубического вида и разместить в ней все коробочки. Например, размером 40х40х40см.

Вар. 2.

Стандартная упаковка имеет кубическую форму и вмещает (без зазоров) 9 кубических коробочек размером 8см х 8см х 8см. Плотность товара, упакованного в них равна 10гр./см³.

Если использовать коробочки цилиндрической формы, диаметром 8см и высотой 8 см то какой размер упаковки необходим для товара аналогичной массы?

Товар в упаковке должен располагаться в 3 ряда и как можно плотнее друг к другу. Основание коробки – квадрат.

Толщиной упаковки и коробочек можно пренебречь.

Ответ:

а) если считать, что товар должен полностью уместиться в коробочки цилиндрического вида то упаковки кубического вида, для всех коробочек, создать не возможно.

б) если считать, что товар может не полностью заполнять цилиндрическую коробочку то можно создать общую упаковку кубического вида и разместить в ней все коробочки. Например, размером 32х32х32см.

Задача 5.

Вар. 1.

Графит и алмаз - это две аллотропные модификации углерода. Графит – черный материал, хорошо отражающий свет и проводящий электричество.

Алмаз – прозрачный материал, который обладает высоким удельным сопротивлением. Известно, что теплоты полного сгорания $H_{гор}^0$,

пересчитанные для комнатной температуры, равны $393.5 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$ для -графита и

$395.4 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$ для алмаза. Известно, что молярный объем графита (5.3 см^3) значительно больше молярного объема алмаза (3.4 см^3).

1. *Определите, какая из аллотропных модификаций является более термодинамически устойчивой? Рассчитайте теплоту перехода между двумя модификациями ($C_{\alpha-\text{гр}} \rightarrow C_{\text{алм}}$).*
2. *Можно ли из графита получить алмазы и при каких условиях?*

Ответ:

1. графит устойчивее алмаза при комнатной температуре, тепловой эффект перехода составляет $-1.9 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$.
2. Да, можно. Для этого в промышленности используются высокие давления.

Вар. 2.

Олово – это элемент, который может существовать в двух разных кристаллических формах: белой и серой. Белое олово ($\beta - \text{Sn}$)– металл, обладающий высокой пластичностью и электропроводностью, в то время как серое олово ($\alpha - \text{Sn}$)– полупроводник с хрупкой кристаллической структурой. При стандартных условиях теплота конденсации паров олова в серое олово ($\alpha - \text{Sn}$) равна $-303.2 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$, а в белое олово ($\beta - \text{Sn}$) $-301.1 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$:

1. *Определите, какая аллотропная форма олова является более термодинамически устойчивой при стандартных условиях. Рассчитайте теплоту перехода $\alpha - \text{Sn} \rightarrow \beta - \text{Sn}$.*
2. *Можно ли превратить белое олово в серое олово и наоборот?*

Ответ:

1. при нормальных условиях белое олово ($\beta - \text{Sn}$) является более термодинамически устойчивой формой.
2. Да, можно. При соответствующем подборе условий можно перевести олово, как и любое другое кристаллическое тело, из одной модификации в другую. Подобные переходы между разными кристаллическими фазами называются фазовыми переходами.