

Межрегиональная олимпиада школьников
«БУДУЩИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ – БУДУЩЕЕ НАУКИ» 2025/26 уч.г.
ОЧНЫЙ ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ТУР. *Время выполнения 180 минут*

8 класс

Задача 8-1

Какое количество вещества оксида металла MetO_2 нужно добавить к 268.5 г нитрата того же металла $\text{Met}(\text{NO}_3)_2$, чтобы массовая доля азота в этой смеси составила 7.93 %? Число нейтронов, содержащихся в атоме металла, отличается от числа протонов на 5 единиц. Атомную массу металла округляйте до целого числа. Количество вещества оксида в смеси в 2 раза отличается от количества вещества нитрата.

Определите формулы нитрата и оксида металла. Найдите их количества веществ. Составьте уравнение одностадийного получения $\text{Met}(\text{NO}_3)_2$ из MetO_2 .

Решение

Под описание числа нейтронов и протонов подошли бы Mn, Cu, Zn, но степени окисления +2 в нитрате и +4 в оксиде может иметь только либо Mn ($\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$ и MnO_2).

$n[\text{Mn}(\text{NO}_3)_2] = 268.5/179 = 1.5$ моль.

Пусть $n(\text{MnO}_2) = x$ моль. Тогда $\omega(\text{N}) = 0.0793 = 1.5 \cdot 28 / (268.5 + 87x)$ $268.5 + 87x = 529.63$

Значит $x = 3$. Состав смеси: **1.5 моль $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$ и 3 моль MnO_2 .**

$\text{MnO}_2 + \text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{HNO}_3 \rightarrow \text{Mn}(\text{NO}_3)_2 + \text{O}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ или:

$\text{MnO}_2 + \text{NaNO}_2 + 2\text{HNO}_3 \rightarrow \text{Mn}(\text{NO}_3)_2 + \text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

Разбалловка

За 2 формулы и 2 количества: 1.5 моль $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$ и 3 моль MnO_2 по 5 б. 20 б.

За уравнение реакции 5 б.

Всего: 25 б.

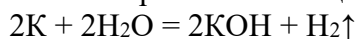
Задача 8-2

Известно, что некоторые металлы способны реагировать с водой при обычных условиях. При растворении 1.20 г некоторого металла, атом которого содержит 4 электронных уровня, в воде при комнатной температуре выделяется 672 мл газа (измерено при нормальных условиях). Некоторый галоген массой 0.95 г без остатка реагирует с 1.00 г того же металла. Определите металл и галоген. Запишите уравнения реакций.

Решение

С водой при обычных условиях реагируют щелочные и щелочноземельные металлы.

Вариант №1 со щелочным металлом 4 периода таблицы Менделеева калием.

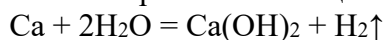


Количество водорода $n(\text{H}_2) = 0.672/22.4 = 0.03$ моль.

Количество металла $n(\text{K}) = 1.2/39 = 0.031$ моль, но по уравнению должно быть 0.06 моль.

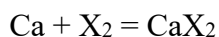
Значит, калий не является ответом.

Вариант №2 со щелочноземельным металлом кальцием:



Количество водорода $n(\text{H}_2) = 0.672/22.4 = 0.03$ моль.

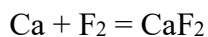
Количество металла $n(\text{Ca}) = 1.2/40 = 0.03$ моль. $n(\text{H}_2) = n(\text{Ca})$. Вариант верный. **Металл – Ca.**



Количество кальция в реакции галогенирования: $n(\text{Ca}) = 1.00/40 = 0.025$ моль.

Количество галогена $n(\text{X}_2) = n(\text{Ca}) = 0.025$ моль.

Молярная масса галогена $M(\text{X}_2) = 0.95/0.025 = 38$ г/моль. Галоген – это **фтор**.



Разбалловка

За утверждение, что металл не относится к щелочным	5 б.
За определение кальция и фтора по 5 б.	10 б.
За 2 уравнения по 5 б.	10 б.
Всего:	25 б.

Задача 8-3

*Там нити переплетаются,
Попробуй, найди свою!
Одна за другою тянутся,
Друг друга не узнают...*

В этом отрывке пролога рок-оперы «Орфей» зашифровано соединение A_xB_y переходных элементов 4 периода.

Заряд ядра А отличается от заряда ядра В на 6 единиц. Коэффициенты x и y – натуральные числа, лежащие в интервале от 1 до 3. Определить формулу соединения, если массовая доля А составляет 44.86 %, В – 55.14 %. Молярные массы веществ округляйте до целых чисел.

Запишите уравнения реакций, протекающих при взаимодействии A_xB_y с хлором, кислородом, соляной кислотой. Определите, во сколько раз объем газа, который может быть получен при взаимодействии соединения с соляной кислотой при нагревании, больше объема газа, получаемого при комнатной температуре. Какая из реакций лежит в основе применения A_xB_y при изготовлении имплантов и изделий медицинского назначения? Ответ обоснуйте.

Решение

Переходные элементы 4-го периода – это элементы от Sc до Zn. Исключая все другие разности зарядов, кроме 6 единиц, остаются пары элементов: Sc – Co, Ti – Ni, V – Cu и Cr – Zn. С учетом отрывка, где в первой же строчке говорится о нитях и о том, что они переплетаются, вполне можно предположить пару Ni – Ti, то есть никелид титана, который представляет собой интерметаллид, в котором «NiTi» переплетаются, то есть никель и титан образуют одну кристаллическую решетку, где они «переплетаются» между собой. Проверим это предположение на основе массовых долей элементов А и В в соединении. Поскольку неизвестно, какой из металлов А, а какой В, рассмотрим оба варианта.

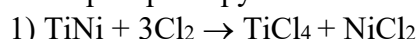
Пусть масса A_xB_y составляет 100 г.

Если А – это никель, а В – титан, тогда $n(\text{A}) = 44.86/59 = 0.7603$ моль, $n(\text{B}) = 55.14/48 = 1.1488$ моль. $n(\text{A}): n(\text{B}) = 0.7603:1.1488 = 1:1.51$, получено нецелое число.

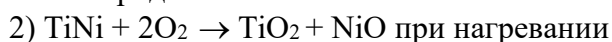
Если А – это титан, а В – это никель, тогда $n(\text{A}) = 44.86/48 = 0.9346$ моль, $n(\text{B}) = 55.14/59 = 0.9346$ моль. $n(\text{A}): n(\text{B}) = 0.9346:0.9346 = 1:1$. Получены целые числа, соответствующие никелиду титана.

С учетом мнемонической подсказки, а также применимости соединения в медицине, A_xB_y – это интерметаллид – никелид титана или нитинол.

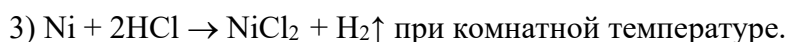
С хлором реагируют оба металла:



С кислородом



С соляной кислотой:



При комнатной температуре реагирует только никель, поскольку титан покрыт оксидной пленкой TiO_2 и будет пассивирован.

При нагревании реагируют оба металла: никель по реакции (3), а титан (4):

4) $\text{Ti} + 4\text{HCl} \rightarrow \text{TiCl}_4 + 2\text{H}_2\uparrow$, также допустимо $2\text{Ti} + 6\text{HCl} \rightarrow 2\text{TiCl}_3 + 3\text{H}_2$;

При комнатной температуре из 1 моля TiNi получается 1 моль H_2 , а при нагревании – 3 моль (или 2.5 с учетом второго варианта реакции). Значит объем газа, который может быть получен при взаимодействии соединения с соляной кислотой при нагревании, больше объема газа, получаемого при комнатной температуре в 3 (или 2.5) раза.

В основе широкого применения никелида титана в медицине лежит реакция с кислородом. Высокая коррозионная стойкость изделий из нитинола обусловлена тем, что после имплантации в организм на поверхности сплава образуется прочная оксидная плёнка TiO_2 , препятствующая выходу ионов металлов в окружающие ткани.

Разбалловка

Определение А и В 2 по 3 б.	6 б.
Формула вещества с подтверждением расчетом	4 б.
Уравнения реакций 4 по 2 б.	8 б.
Отношение объемов	2 б.
Выбор и обоснование реакции (2 б. и 3 б.)	5 б.
Всего	25 б.

Задача 8-4

Ацетилцистеин – лекарственное вещество, применяемое при заболеваниях дыхательных путей. Он помогает разжижать мокроту, облегчает её отхождение, а также обладает выраженными антиоксидантными свойствами.

Препарат выпускается в виде ампул с раствором ацетилцистеина с концентрацией 200 мг/мл ($\rho = 1.05$ г/мл).

Для лечения раствор препарата распыляют с помощью ингалятора.

При химическом анализе чистого ацетилцистеина были установлены массовые доли составляющих его элементов: С – 36.81 %; Н – 5.52 %; N – 8.59 %; S – 19.63 %; О – 29.45 %. Молекулярная масса ацетилцистеина, найденная экспериментально, находится в диапазоне 160 – 170 г/моль.

1) Определите простейшую (эмпирическую) и молекулярную формулу ацетилцистеина на основе данных о массовых долях элементов. Запишите ее в стандартном виде $\text{C}_x\text{H}_y\text{N}_z\text{O}_v\text{S}_k$.

2) Рассчитайте массовую долю (%) ацетилцистеина в растворе.

3) Для однократной ингаляции требуется 0.0038 моль ацетилцистеина. Какой объём (в мл) раствора нужно поместить в ингалятор? Ответ округлите до первого знака после запятой.

4) В упаковке препарата 10 ампул по 5 мл раствора. Стандартный курс лечения – 8 дней по 2 ингаляции в день. Хватит ли упаковки препарата на весь курс?

Для расчёта молярной массы ацетилцистеина используйте значения атомных масс из таблицы Менделеева, округляя их до целых чисел.

Все результаты расчётов округляйте до двух знаков после запятой, если не установлено иное.

Решение

1. Определим число моль каждого элемента в 100 г соединения:

$n(\text{C}) = 36.81/12 = 3.07$ моль, $n(\text{H}) = 5.52/1 = 5.52$ моль, $n(\text{N}) = 8.59/14 = 0.61$ моль, $n(\text{S}) = 19.63/32 = 0.61$ моль, $n(\text{O}) = 29.45/16 = 1.84$ моль.

Далее разделим на наименьшее и получим:

$n(\text{C}): n(\text{H}): n(\text{N}): n(\text{S}): n(\text{O}) = 5:9:1:1:3$.

Таким образом, простейшая формула соединения – $\text{C}_5\text{H}_9\text{NO}_3\text{S}$.

Определим молекулярную формулу.

Вычислим молярную массу соединения в соответствии с простейшей формулой:
 $M = 12 \cdot 5 + 9 + 14 + 16 \cdot 3 + 32 = 163$ г/моль. Эта величина попадает в диапазон значений, указанных в условии, значит молекулярная формула совпадает с простейшей.

2) Найдем массовую долю ацетилцистеина в растворе:

$\omega = m_{\text{ацц}}/m_{\text{р-ра}} \cdot 100\%$. В 1 мл содержится 0.20 г вещества, $m_{\text{р-ра}} = \rho_{\text{р-ра}} \cdot V_{\text{р-ра}} = 1.05 \text{ г/мл} \cdot 1 \text{ мл} = 1.05 \text{ г}$, отсюда $\omega = 0.20/1.05 \cdot 100\% = 19.05 \%$.

3) Найдем объём раствора для ингаляции (0.0038 моль ацетилцистеина)

Для ингаляции требуется $m_{\text{ацц}} = 0.0038 \text{ моль} \cdot 163 \text{ г/моль} = 0.62 \text{ г}$. В 1 мл содержится 0.20 г вещества, а в x мл – 0.62 г, значит для ингаляции потребуется $V = 0.62 \text{ г} \cdot 1 \text{ мл} / 0.2 \text{ г} = 3.10 \text{ мл}$.

4) В одной упаковке препарата содержится 10 ампул $\cdot 5 \text{ мл} = 50 \text{ мл}$ раствора. На одну ингаляцию расходуется 3.10 мл препарата, на весь курс $3.10 \text{ мл} \cdot 2 \cdot 8 = 49.60 \text{ мл}$. Следовательно, упаковки препарата как раз хватит на курс ингаляций.

Разбалловка

Молекулярная формула вещества	8 б.
Массовая доля препарата	5 б.
Объём раствора для одной ингаляции	6 б.
Расчет упаковок препарата на курс	6 б.
Всего	25 б.