

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

9 класс

Задача 9-1

Приготовлена твердая смесь 1 моль нитрата металла $\text{Met}(\text{NO}_3)_2$ с некоторым количеством его оксида. Степень окисления металла в оксиде в 2 раза отличается от степени окисления металла в нитрате. Количество оксида в смеси в 2 раза отличается от количества нитрата. Массовая доля азота в указанной смеси равна 5.88 %, а мольная доля азота равна 13.33 %.

Определите формулы нитрата и оксида металла. Найдите количество вещества оксида в смеси. Составьте уравнения получения из металла указанных нитрата и оксида, укажите условия.

Решение

Представим состав смеси: 1 моль $\text{Met}(\text{NO}_3)_2$ + x моль Met_2O_y . $x = 2$ или 0.5; $y = 1$ или 4.

Определим x и y из известной мольной доли азота:

$$\chi(\text{N}) = 0.1333 = \frac{2}{(9+2x+xy)} \quad 15 = 9+2x+xy \quad 6 = x(2+y)$$

Вариант 1: пусть $x = 2$, значит $y = 1$. Этот вариант подходит.

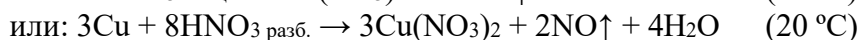
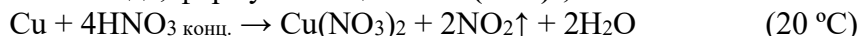
Вариант 2: пусть $x = 0.5$, значит $y = 10$. Этот вариант не подходит.

Представим уточненный состав смеси как 1 моль $\text{Met}(\text{NO}_3)_2$ + 2 моль Met_2O .

Определим металл из известной массовой доли азота:

$$\omega(\text{N}) = 0.0588 = \frac{28}{(M+124+4M+32)} = \frac{28}{(5M+156)} \quad \text{Отсюда } M = 64.$$

Met = медь, формулы веществ **$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$, Cu_2O** .



Разбалловка

За определение $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ и Cu_2O по 5 б. 10 б.

За определение $x = 2$ 5 б.

За 2 уравнения по 5 б. 10 б.

Всего: 25 б.

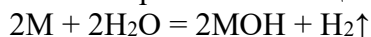
Задача 9-2

При растворении 1.20 г металла в воде при комнатной температуре выделилось 672 мл газа (измерено при нормальных условиях). Некоторый галоген массой 0.95 г без остатка реагирует с 1.00 г того же металла с образованием соли. Определите металл и галоген. Запишите уравнения реакций.

Решение

С водой при обычных условиях реагируют щелочные и щелочноземельные металлы.

Вариант №1 со щелочным металлом.

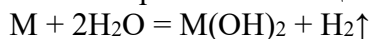


Количество водорода $n(\text{H}_2) = 0.672/22.4 = 0.03$ моль.

Количество металла по уравнению должно быть: $n(\text{M}) = 2n(\text{H}_2) = 0.06$ моль.

Молярная масса металла $M = 1.20/0.06 = 20$ г/моль. Нет такого металла

Вариант №2 со щелочноземельным металлом:



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

Количество металла по уравнению должно быть: $n(M) = n(H_2) = 0.03$ моль.
 Молярная масса металла $M = 1.20/0.03 = 40$ г/моль. **Металл – Ca.** Вариант верный.
 $Ca + X_2 = CaX_2$
 Количество кальция $n(Ca) = 1.00/40 = 0.025$ моль.
 Количество галогена по уравнению должно быть: $n(X_2) = n(Ca) = 0.025$ моль.
 Молярная масса галогена $M(X_2) = 0.95/0.025 = 38$ г/моль. Это **фтор** F_2 .
 $Ca + 2H_2O = Ca(OH)_2 + H_2\uparrow$
 $Ca + F_2 = CaF_2$

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 9-3

*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 A отличается от заряда ядра B на 6 единиц. Коэффициенты x и y – натуральные числа, лежащие в интервале от 1 до 3. Определить формулу соединения, если массовая доля A составляет 44.86 %, B – 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 A и B в соединении. Поскольку неизвестно, какой из металлов A , а какой B , рассмотрим оба варианта.

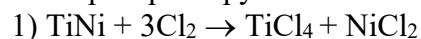
Пусть масса A_xB_y составляет 100 г.

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

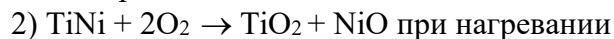
Если A – это титан, а B – это никель, тогда $n(A) = 44.86/48 = 0.9346$ моль, $n(B) = 55.14/59 = 0.9346$ моль. $n(A):n(B) = 0.9346:0.9346 = 1:1$. Получены целые числа, соответствующие никелиду титана.

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

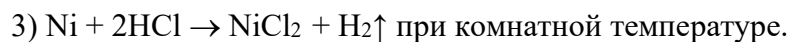
С хлором реагируют оба металла:



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):



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 9-4

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

При полном сгорании 326.0 мг образца чистого ацетилцистеина получено 162.0 мг H_2O и газовая смесь, содержащая диоксид углерода, диоксид серы и 22.4 мл газа А с плотностью по воздуху 0.9655. При пропускании газовой смеси через раствор гидроксида натрия 22.4 мл (н.у.) газа остались непоглощенными, а полученный раствор содержал только кислые соли общей массой 1048 мг. Количество углекислого газа в 5 раз больше количества диоксида серы.

Раствор для ингаляций готовят из лиофилизированного порошка ацетилцистеина и воды для инъекций. Один флакон лиофилизата содержит 1.2 г ацетилцистеина, который растворяют в 6.00 мл воды. Одна упаковка содержит 5 флаконов лиофилизата препарата. Для ингаляции используют небулайзер со скоростью распыления 5 мкл/с. Пациенту назначено применять 0,0038 моль ацетилцистеина за одну процедуру.

1) Установите молекулярную формулу ацетилцистеина $\text{C}_x\text{H}_y\text{A}_z\text{O}_v\text{S}_k$, если известно, что его молярная масса находится в диапазоне 150–170 г/моль.

2) Запишите уравнения реакций образования кислых солей и реакции горения ацетилцистеина в избытке кислорода с учетом того, что непоглощенный газ в условиях сгорания не окисляется.

3) Рассчитайте молярную концентрацию (моль/л) приготовленного раствора ацетилцистеина.

4) Определите объём раствора (в мл), необходимый для одной ингаляции.

5) Рассчитайте продолжительность ингаляции (в минутах) с точностью до десятых.

6) На сколько дней хватит упаковки препарата, если пациенту назначено две ингаляции в день?

Решение

1) Установим природу непоглощенного газа.

$M(A) = D_{\text{воз}} \cdot 29 = 0.9655 \cdot 29 = 27.9995 \approx 28$ г/моль. Это N_2 , поскольку речь идет о лекарственном веществе. Азот не поглощается щелочью. Это не может быть CO , поскольку сгорание полное. Объем $N_2 = 22.4$ мл = 0.0224 л при н.у., отсюда $n(N_2) = 0.0224/22.4 = 0.001$ моль и $n(N) = 0.002$ моль.

Найдем количество водорода: $n(H_2O) = 0.1620/18 = 0.009$ моль и $n(H) = 0.018$ моль.

Далее запишем уравнения реакций CO_2 и SO_2 со щелочью:



Пусть $n(SO_2) = x$ моль, тогда $n(CO_2) = 5x$ моль.

Масса солей (г) составит: $84 \cdot 5x + 104x = 524x$, а по условию $524x = 1.048$, тогда $x = 0.002$ моль.

То есть, $n(SO_2) = 0.002$ моль, $n(S) = 0.002$ моль, $n(CO_2) = 0.01$ моль, $n(C) = 0.01$ моль.

Найдем массу кислорода в навеске: $m(O) = 0.326 - 12 \cdot 0.01 - 0.018 \cdot 1 - 0.002 \cdot 14 - 0.002 \cdot 32 = 0.096$ г.

Тогда количество кислорода составит $n(O) = 0.096/16 = 0.006$ моль.

Найдем соотношения количеств веществ: 0.01: 0.018:0.002:0.002:0.006, поделим на 0.002 и получим 5:9:1:1:3.

Простейшая формула: $C_5H_9NO_3S$, молярная масса вещества составит: $M_{\text{АЦЦ}} = 5 \cdot 12 + 9 \cdot 1 + 14 + 3 \cdot 16 + 32 = 163$ г/моль, что попадает в диапазон 150–170 г/моль, значит молекулярная формула совпадает с найденной простейшей.

2) Уравнение реакции сгорания: $4C_5H_9NO_3S + 27O_2 \rightarrow 20CO_2 + 18H_2O + 2N_2 + 4SO_2$

1) Найдем количество вещества АЦЦ в растворе, полученном при растворении содержимого одного флакона в воде для инъекций $n = 1.2/163 = 0.0074$ моль. Тогда молярная концентрация АЦЦ составит: $C = 0.0074/0.006 = 1.23$ моль/л.

4) Переведем скорость распыления в л/с: $= 5 \text{ мкл/с} = 5 \cdot 10^{-6}$ л/с.

На одну ингаляцию нужно $n = 0.0038$ моль вещества. Молярная концентрация раствора известна, тогда: $V_{\text{р-ра}} = 0.0038 / 1.23 \approx 3.10$ мл.

5) Время ингаляции: $t = V_{\text{р-ра}} / v = 3.10 \cdot 10^{-3} \text{ л} / 5 \cdot 10^{-6} \text{ л/с} \approx 620 \text{ с} \approx 10.3$ мин.

6) В одной ингаляции 0.0038 моль АЦЦ, в одном флаконе 0.0074 моль, значит одного флакона хватит на $0.0074/0.0038 \approx 2$ ингаляции. В день как раз необходимо две ингаляции, значит упаковки препарата хватит на 5 дней.

Разбалловка

Молекулярная формула вещества	8 б.
Реакции газов 2 по 1 б.	2 б.
Реакция сгорания	4 б.
Молярная концентрация	2 б.
Объем раствора для одной ингаляции и	3 б.
Продолжительность ингаляции	3 б.
Расчет упаковки	3 б.
Всего	25 б.