

**Время выполнения заданий – 240 минут.**

**Задачи друг от друга отделяйте чертой, а номер задачи обведите, чтобы ее не пропустили при проверке.**

**Пишите разборчиво. В работе не должно быть никаких пометок, не относящихся к ответам на вопросы.**

**Если Вы не знаете ответа, ставьте прочерк.**

**Не нужны многословные пояснения; но они должны быть написаны так, чтобы было понятно, что Вы разобрались в сути вопроса. Ответ для расчетной задачи должен быть с тем же количеством знаков после запятой, что и значения, приведенные в условии этой задачи. Не забывайте о размерности величин.**

**Не оцениваются ответы без решений; оценивается существенно более низким баллом подбор с проверкой вместо реального расчета. Фантазии на тему решения проверяющими читаются, но эффект (количество баллов) от такого чтения может быть разным, в зависимости от близости этой фантазии к реальной химии.**

**Черновики проверяются только если Вы просите об этом в решении задачи: "см. черновик", где эта задача отделена чертой и виден ее номер.**

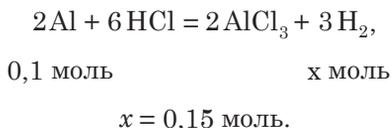
**Задачи разной сложности, и оцениваются по-разному, от 6 до 14 баллов. Максимальное количество баллов — 100.**

1. Два кубика одинакового размера, один из которых изготовлен из алюминия, а другой из магния, растворили в соляной кислоте. Объем газа, выделившегося в первом случае, оказался в два раза больше, чем во втором. Какова плотность магния, если плотность алюминия  $2,7 \text{ г/см}^3$ ?

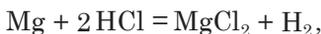
**Решение.**

Пусть объем кубиков будет  $1 \text{ см}^3$ , тогда при массе алюминия  $2,7 \text{ г}$  его количество будет  $2,7/27 = 0,1$  (моль).

Уравнение реакции растворения алюминия:



Уравнение реакции растворения магния:

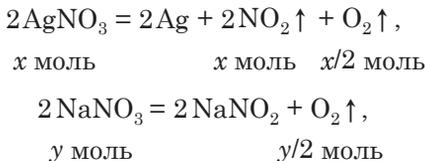


При растворении магния выделяется  $0,15/2$  (по условию)  $= 0,075$  моль водорода. Из уравнения реакции следует, что масса магниевого кубика равна  $0,075 \cdot 24 = 1,8$  (г). Таким образом, плотность магния (объем кубика, напомним, принят за  $1 \text{ см}^3$ ) равна  $1,8 \text{ г/см}^3$ .

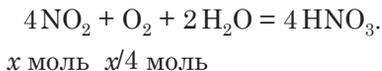
2. Смесь нитратов натрия и серебра прокалили, а выделившиеся газы пропустили через воду. При этом объем газов уменьшился в 3 раза. Определите массовый состав исходной смеси.

**Решение.**

Уравнения реакций:



При пропускании  $\text{NO}_2$  и  $\text{O}_2$  через воду оксид азота(IV) поглощается полностью (так как кислород, согласно уравнениям реакции, в избытке):



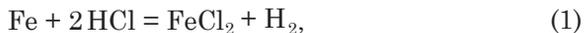
Первоначально было  $(x + x/2 + y/2)$  моль газа, затем  $(x + x/4)$  моль поглотилось. Отсюда  $x + x/4 = 2/3(x + x/2 + y/2)$  или  $y = 3/4x$ .

Итак, в смеси было  $170x \text{ г AgNO}_3$  и  $85 \cdot 3/4x = 63,75x \text{ г NaNO}_3$ , что составляет  $72,72\% \text{ AgNO}_3$  и  $27,28\% \text{ NaNO}_3$ .

3. Смесь газообразных хлора и хлороводорода объемом 22,4 л пропустили над нагретыми железными опилками. Масса опилок увеличилась при этом на 42,6 г. Определите состав исходной смеси.

**Решение.**

Возможные реакции:



Пусть  $x$  моль – количество хлора,  $(1 - x)$  моль – количество HCl в смеси. Тогда  $71x$  г – масса хлора, а  $36,5(1 - x)$  г – масса хлороводорода. Поскольку масса железных опилок при прокаливании в смеси хлора и хлороводорода увеличилась на 42,6 г, можно записать следующее соотношение:

$$71x + 36,5(1 - x) - (1 - x) = 42,6.$$

Отсюда  $x = 0,2$  моль хлора (4,48 л), а хлороводорода было  $1 - x = 0,8$  моль (17,92 л). Поскольку в избытке в смеси хлороводород (а не хлор), то реакция (3) не идет. Реально, конечно, какое-то количество  $\text{FeCl}_3$  образуется, но в задачах, как правило, считают, что реакции идут количественно.

4. Могут ли растворы двух солей, образованных одной и той же кислотой, изменять фиолетовую окраску лакмуса: одна в синий, другая – в красный цвет? Дайте мотивированный ответ и обсудите возможные варианты с конкретными примерами.

**Решение.**

На Всесоюзной олимпиаде 1974 г, откуда взята данная задача, предлагалось простое решение – фосфат и дигидрофосфат натрия. Первый гидролизует, давая щелочной раствор, второй – кислый (кстати, почему?).

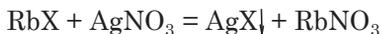
Но есть и другие варианты, такие, как ацетат натрия и ацетат алюминия и др. сочетания слегка кислая – слегка щелочная среда после гидролиза, ведь речь идет о лакмусе с его расширенным рН перехода красного цвета в синий между 5 и 8.

5. Эквимолярную смесь двух галогенидов рубидия массой 4,49 г обработали избытком нитрата серебра. При этом образовался осадок массой 2,87 г. Определить, какие галогениды присутствовали в смеси.

**Решение.**

Арифметическая подсказка: *масса осадка меньше массы смеси*, и это означает, что осадок образует только один из галогенидов. Значит, одна из солей, не образующих осадок – фторид рубидия RbF (AgF растворим в воде).

Пусть RbF было  $a$  моль, его масса  $a \cdot (85+19)$  г, тогда другого галогенида также было  $a$  моль, и его масса  $a \cdot (85+x)$  г, где  $x$  – молярная масса галогенида X.



$(x + 85)$  г галогенида образуют  $(108 + x)$  г осадка,

$a \cdot (x + 85)$  г галогенида образуют 2,87 г осадка,

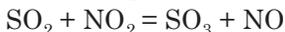
$$a = \frac{2,87}{108 + x}$$

Масса смеси:  $a \cdot (85 + x) + a \cdot (85 + 19) = 4,49$ . Подставляя  $a$ , находим  $x = 35,5$ . Значит, другая соль – хлорид рубидия RbCl.

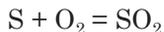
6. Как, имея в своем распоряжении только серу, нитрат серебра и воду, можно получить серную кислоту? Приведите необходимые уравнения реакций и укажите условия, в которых они происходят.

**Решение.**

Тема «производство серной кислоты». Нужно получить диоксид серы и окислить его до триоксида. Катализатора по условию нет, значит, вспоминаем другой способ – «нитрозный»:



$\text{SO}_2$  получаем из серы и кислорода, образовавшегося при разложении нитрата серебра:



Дальше – по учебнику: триоксид серы вовсе не растворяем в воде, а поливаем душем из разбавленной серной кислоты (начальная порция – из прямого растворения  $\text{SO}_3$  в воде, но с последующими – только так), получаем олеум, который при необходимости разбавляется водой до серной кислоты нужной концентрации.



8. Сосуд, наполненный диоксидом углерода, при н.у. весит 372 г. Этот же сосуд, наполненный аргоном при н.у., весит 370 г. Определите массу пустого сосуда.

**Решение:**

Разница в массах колбы, заполненной диоксидом углерода и аргоном, определяется только разницей масс этих газов.

Масса газа в колбе объемом  $V$  л при н.у. равна  $M \cdot V/22,4$ ,

где  $M$  – масса 1 моля газа. Найдем объем сосуда:

$$V = \frac{(372 - 370)22,4}{44 - 40} = 11,2 \text{ (л)}$$

Тогда масса  $\text{CO}_2$  в сосуде

$$\frac{44}{22,4} \cdot 11,2 = 22 \text{ (г)}$$

а масса сосуда:  $372 - 22 = 350$  (г).

9. При растворении магния в растворе азотной кислоты не наблюдалось выделения газов. Напишите уравнение этой реакции. Укажите стехиометрические коэффициенты уравнения и условия проведения этой реакции.

**Решение:**

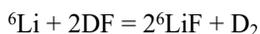
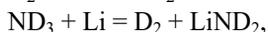
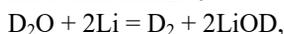


Реакция протекает в очень разбавленной азотной кислоте.

10. В результате некоторой реакции образовались два вещества с молекулярными массами 4 и 25. Напишите уравнение проведенной реакции. Рассмотрите возможность различных вариантов ответа. Не забудьте о существовании изотопов.

**Решение:** Какой-то не слишком большой выбор веществ с молекулярной массой 4 предоставляет Периодическая система: гелий, дейтерий, HT, где T – тритий. Смоделируем реакции, продуктами которых являются: – гелий и что-то с молекулярной массой 25: не очень получается; даже с таблицами Туровой (см. ссылку в "Перечне и содержании тем" олимпиады) ничего, кроме десорбции гелия из нитрида бора не придумывается, но это, строго говоря, не является химической реакцией.

– с дейтерием получше; если принять, что вещество с молекулярной массой 4 – это дейтерий, то 25 могут быть  $\text{LiOD}$ ,  $\text{LiND}_2$  и  $\text{LiF}$ , но последний – с изотопом лития-6:



– Получение HT:  ${}^6\text{LiT} + \text{HF} = {}^6\text{LiF} + \text{HT}$