



Межрегиональная олимпиада школьников  
"Будущие исследователи – будущее науки" 2021/22  
Химия. Очный отборочный тур - 90 минут.

Вариант 1.

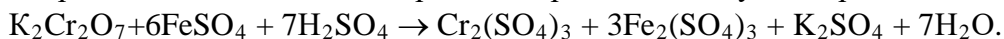
8 класс

Задача 8-1

Титриметрия – это классический метод анализа, широко используемый в химии. В этом методе к известному объему анализируемого раствора небольшими порциями приливают раствор реагента известной концентрации (стандартный раствор), то есть титруют. Процесс титрования заканчивают в тот момент, когда количество прилитого реагента становится эквивалентным количеству определяемого вещества. Этот момент фиксируют с помощью специально подобранного индикатора.

Рассчитайте, какую массу бихромата калия  $K_2Cr_2O_7$  необходимо взять для приготовления 1 литра стандартного раствора с концентрацией 0.01 моль/л. Какова массовая доля бихромата калия в этом растворе, если плотность раствора 1 г/мл.

Вычислите массу железа (II), находящегося в 250 мл раствора сульфата железа (II), если на титрование 10 мл этого раствора потребовалось 15 мл стандартного раствора бихромата калия, а в ходе титрования протекает следующая реакция:



Решение

1 л 0.01 моль/л бихромата калия содержит  $0.01 \text{ моль/л} \cdot 1 \text{ л} = 0.01 \text{ моль } K_2Cr_2O_7$ . Его масса равна  $0.01 \text{ моль} \cdot 294 \text{ г/моль} = 2.94 \text{ г}$ . Массовая доля бихромата калия равна  $2.94 \text{ г} / 1000 \text{ г} = 0.00294$ .

Из уравнения реакции видно, что с 1 моль  $K_2Cr_2O_7$  реагирует 6 моль  $FeSO_4$ .

В 15 мл стандартного раствора бихромата калия содержится  $0.01 \text{ моль/л} \cdot 0.015 \text{ л} = 0.00015 \text{ моль } K_2Cr_2O_7$ , который реагирует с  $0.00015 \cdot 6 = 0.0009 \text{ моль } FeSO_4$ . Концентрация раствора сульфата железа равна  $0.0009 \text{ моль} / 0.01 \text{ л} = 0.09 \text{ моль/л}$ . В 250 мл этого раствора содержится 1.26 г железа (II):

$$0.09 \text{ моль/л} \cdot 0.25 \text{ л} \cdot 56 \text{ г/моль} = 1.26 \text{ г}.$$

Разбалловка

За расчет массы навески	5 б
За расчет массовой доли	5 б
За расчет массы железа	15 б

**Итого 25 баллов**

### Задача 8-2

Одним из компонентов воздуха является газ озон  $O_3$ . Хотя его объемная доля чрезвычайно мала, он защищает живую природу от «жесткого» ультрафиолетового излучения. В последнее время ученые сообщают об уменьшении концентрации этого газа и образовании «озоновых дыр». Молекулы озона разрушаются при взаимодействии с атомами хлора, образующимися в атмосфере при разложении фреонов – соединений углерода с фтором и хлором (эти соединения используют в холодильной технике, аэрозольных упаковках). Атомы хлора, образующиеся при разложении 2.09 г соединения с формулой  $CF_3Cl$ , могут разрушить 960 г озона.

Определите, сколько молекул озона разрушает один атом хлора.

Простое вещество хлор состоит из двухатомных молекул. Что имеет большую массу – 3 молекулы хлора или 4 молекулы озона?

Где содержится больше атомов – в 1 л хлора или 1 л озона при одинаковых условиях? Во сколько раз?

Все ответы подтвердите соответствующими расчетами.

### Решение

Найдем количество вещества  $CF_3Cl$  в 2.09 г и  $O_3$  в 960 г:

$$n(CF_3Cl) = 2.09 / 104.5 = 0.02 \text{ моль}; \quad n(O_3) = 960 / 48 = 20 \text{ моль};$$

Число молекул можно найти, умножив количество вещества на число Авогадро:

$$N(Cl) = N(CF_3Cl) = 0.02 \text{ моль} \cdot N_A; \quad N(O_3) = 20 \text{ моль} \cdot N_A.$$

Следовательно, 1 атом Cl может разрушить  $N(O_3)/N(Cl) = 20 \text{ моль} \cdot N_A / 0.02 \text{ моль} \cdot N_A = 1000$  молекул  $O_3$ .

Найдем массы 3 молекул  $Cl_2$  и 4 молекул  $O_3$ :

$$m(Cl_2) = 3 \cdot 71 \text{ г/моль} / N_A = 213 / N_A; \quad m(O_3) = 4 \cdot 48 \text{ г/моль} / N_A = 192 / N_A.$$

Три молекулы хлора имеют большую массу, чем четыре молекулы озона.

Найдем число атомов хлора и озона в 1 л:

$$N(Cl) = 2 \cdot 1 \text{ л} \cdot N_A / 22.4 \text{ л/моль};$$

$$N(O) = 3 \cdot 1 \text{ л} \cdot N_A / 22.4 \text{ л/моль};$$

Таким образом, в 1 л озона больше атомов кислорода, чем в 1 л хлора атомов хлора в 1.5 раза:

$$N(O) : N(Cl) = 3 : 2 = 1.5.$$

### Разбалловка

За расчет числа молекул озона, которые разрушит один атом хлора	8 б
За сравнение масс 3 молекул хлора и 4 молекул кислорода	8 б
За расчет соотношения атомов кислорода и хлора	9 б

**Итого 25 баллов**

### Задача 8-3

Изотоп  $^{10}\text{B}$  обладает уникальной эффективностью поглощать тепловые нейтроны в атомных реакторах (обладает сверхвысоким сечением захвата тепловых нейтронов, примерно в 4000 выше, чем у многих других элементов). Вычислите массовые доли бора в двух твердых веществах  $\text{H}_3^{10}\text{BO}_3$  (борная кислота) и  $\text{Na}_2^{10}\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  (бура). Сделайте вывод, какое из них будет более эффективно поглощать тепловые нейтроны, если масса каждого по 1 г. Известно, что  $\text{H}_3\text{BO}_3$  можно получить из  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ , и наоборот, с помощью водных растворов  $\text{HCl}$  или  $\text{NaOH}$ . Составьте уравнения 2 реакций взаимопревращения.

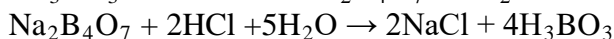
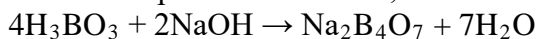
### Решение

Найдем молярные массы веществ:  $M(\text{H}_3^{10}\text{BO}_3) = 3+10+48=61$  г/моль.  
 $M(\text{Na}_2^{10}\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 46+40+112+180 = 378$  г/моль.

Найдем массовые доли бора в них:  $\omega(\text{B в H}_3^{10}\text{BO}_3) = 10/61 = 0.1639$  (16.39%).

$\omega(\text{B в Na}_2^{10}\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 40/378 = 0.1058$  (10.58%).

Вывод: борная кислота будет более эффективно поглощать тепловые нейтроны, если взять равные массы их, в том числе по 1 г.



### Разбалловка

За определение массовой доли бора в 2 веществах по 5б

10 б

За вывод, что борная кислота более эффективна

5 б

За 2 уравнения по 5б

10 б

**Итого 25 баллов**

### **Задача 8-4**

Для изготовления солонины 10 кг сырого мяса засыпали 1 кг поваренной соли, длительно выдерживали в герметичной емкости при 5°C, затем отделили остатки твердой соли (100 г) и образовавшийся рассол (соленая вода, 8 кг). В полученной солонине массовое соотношение соли и воды составило 1:12, а в слитом рассоле 1:9. Какова масса воды в полученных рассоле и солонине? Какова масса соли в солонине? Какова масса сухого вещества в свежем мясе? Какова масса солонины? Почему в процессе засолки мясо теряет воду? Почему мясо без соли не хранится?

### **Решение**

Зная массу рассола 8 кг и массовое соотношение соли и воды в нем 1:9, можно вычислить массу соли в рассоле 800 г и массу воды в рассоле 7200 г. Масса соли в солонине составляет  $1000 - 800 - 100 = 100$  г, а масса воды в солонине в 12 раз больше и равна 1200 г. Общая масса воды составляет  $7200 + 1200 = 8400$  г. Масса сухого вещества в свежем мясе равна:  $10000 - 8400 = 1600$  г. Масса солонины равна  $11000 - 8000 - 100 = 2900$  г.

Если внутриклеточный раствор с низкой концентрацией соли отделен полупроницаемой клеточной мембраной от более концентрированного раствора (рассол), то вода начнет просачиваться из клетки в рассол сквозь мембрану вследствие явления осмоса. Соль является консервантом и не дает развиваться бактериям.

### **Разбалловка**

За расчет массы воды в рассоле 7200 г	4 б
За расчет массы соли в солонине 100 г	4 б
За расчет массы воды в солонине 1200 г	4 б
За расчет массы сухого вещества в свежем мясе 1600 г	4 б
За расчет массы солонины 2900 г	4 б
За знание явления осмоса	3 б
За знание консервирующего действия соли	2 б

**Итого 25 баллов**



Межрегиональная олимпиада школьников  
"Будущие исследователи – будущее науки" 2021/22  
Химия. Очный отборочный тур - 90 минут.

Вариант 2.  
8 класс

Задача 8-1

За определенной группой соединений закрепилось тривиальное название «сода». Ниже в таблице приведены данные о содержании (в массовых долях) натрия и кислорода в содах.

элемент	сода			
	питьевая	кристаллическая	кальцинированная	каустическая
Na	27	16	43	57.5
O	57	73	45	40

С чем связано общее название этой группы соединений?

Запишите формулы соединений, соответствующих упомянутому тривиальным названиям. Учтите, что, кроме указанных в таблице элементов, питьевая, кристаллическая и каустическая соды содержат также самый распространенный в галактике элемент, а питьевая, кристаллическая и кальцинированная – элемент, по которому определяют возраст археологических находок.

Запишите уравнения таких взаимопревращений этих соединений, которые возможно реализовать в одну стадию.

Как в домашних условиях доказать, что определенный раствор не содержит ни одной из сод?

Решение

1. Все соединения содержат элемент натрий (лат. sodium).
2. Самый распространенный в галактике элемент – водород, H. Элемент, по которому определяют возраст археологических находок – углерод, C. Формулы сод:

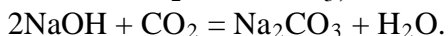
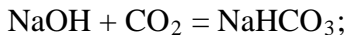
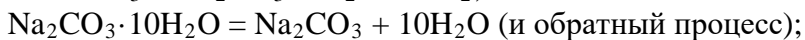
питьевая –  $\text{NaHCO}_3$ ,

кристаллическая –  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ,

кальцинированная –  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ;

каустическая –  $\text{NaOH}$ .

3. Запишем уравнения взаимопревращений:



4. Качественной реакцией на катионы натрия является окраска пламени в интенсивный желтый цвет. В домашних условиях такую реакцию можно провести следующим образом: медную проволоку выжигают в пламени газовой плитки, смачивают анализируемым раствором и снова вносят в пламя. Появление желтого окрашивания пламени свидетельствует о наличии катионов натрия в анализируемом растворе. В противном случае делаем вывод, что испытываемый раствор не содержит ни одной из сод.

Разбалловка

За объяснение названия сод	2 б
За установление химических формул соединений по 2 б	8 б
За написание уравнений реакций по 3 б	12 б
За способ идентификации сод в домашних условиях	3 б

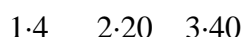
**Итого 25 баллов**

**Задача 8-2**

Благородными или инертными газами называют элементы главной подгруппы VIII группы: гелий He, неон Ne, аргон Ar, криптон Kr, ксенон Xe и радон Rn. Каждый благородный газ завершает соответствующий период в Периодической системе и имеет устойчивый, полностью заверченный внешний энергетический уровень. По этой причине благородные газы чрезвычайно химически инертны.

Определите массу газовой смеси объемом 1 литр, содержащей гелий, аргон и неон, если в смеси на один атом гелия приходится два атома неона и три атома аргона.

**Решение**



Найдем молярную массу смеси:

$$M = \varphi(\text{He}) \cdot M(\text{He}) + \varphi(\text{Ne}) \cdot M(\text{Ne}) + \varphi(\text{Ar}) \cdot M(\text{Ar})$$

$$\varphi(\text{He}) = 1/(1+2+3) = 0.1667;$$

$$\varphi(\text{Ne}) = 2/(1+2+3) = 0.3333;$$

$$\varphi(\text{Ar}) = 3/(1+2+3) = 0.5000.$$

$$M = 0.1667 \cdot 4 + 0.3333 \cdot 20 + 0.5000 \cdot 40 = 27.3328 \text{ г/моль.}$$

Один моль газовой смеси весит 27.3328 г и при нормальных условиях он занимает 22.4 л газа. Следовательно, 1 л газа весит  $27.3328/22.4 = 1.22$  г.

**Разбалловка**

За правильный ход решения и расчеты

10 б

За нахождение массы

15 б

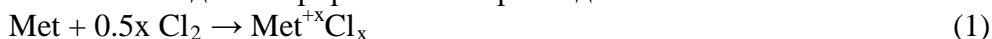
**Итого 25 баллов**

### Задача 8-3

Порошок металла массой 8.1 г прокалили в присутствии 21.3 г хлора до окончания экзотермической реакции. Полученную твердую смесь, содержащую 0.2 моль хлорида металла, полностью растворили в избытке разбавленной серной кислоты, при этом выделился водород (0.3 г) и получился раствор сульфата и хлорида металла. Определите металл (он имеет фиксированную степень окисления в солях), напишите уравнения реакций описанных процессов.

### Решение

На стадии хлорирования хлор в недостатке.



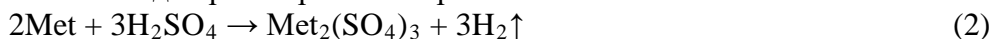
Найдем количество прореагировавшего хлора:

$$n(\text{Cl}_2) = 21.3/71 = 0.3 \text{ моль.}$$

Количество хлорида металла равно 0.2 моль, значит  $n_1(\text{Met}) = 0.2$  моль. Это в 1.5 раза меньше  $n(\text{Cl}_2)$ , значит металл трехвалентен.

Формулы солей  $\text{MetCl}_3$  и  $\text{Met}_2(\text{SO}_4)_3$ .

Стадия растворения в серной кислоте:



Найдем количество выделившегося водорода на 2 стадии:

$$n(\text{H}_2) = 0.3/2 = 0.15 \text{ моль.}$$

Количество водорода по уравнению должно быть в 1.5 раза больше количества металла, значит  $n_2(\text{Met}) = 0.15/1.5 = 0.1$  моль.

Найдем общее колич. Met:  $n(\text{Met}) = n_1(\text{Met}) + n_2(\text{Met}) = 0.2 + 0.1 = 0.3$  моль.

Отсюда найдем  $M(\text{Met}) = 8.1/0.3 = 27$ . Металл – алюминий.



### Разбалловка

За опр. степени окисления металла	3 б
За опр. количеств $\text{H}_2$ , $\text{Cl}_2$ по 2б	4 б
За опр. $n_1(\text{Met})$ , $n_2(\text{Met})$ , $n(\text{Met})$ по 3б	9 б
За опр. алюминия	3 б
За 2 уравнения реакций по 3б	6 б

**Итого 25 баллов**

#### Задача 8-4

Водный раствор хлорида кальция используется в качестве охлаждающей жидкости промышленных химических реакторов. Раствор, приготовленный растворением 66.7 г безводной соли в 100 г воды, имеет плотность в 1.396 раз больше, чем вода при 4°C. Он не замерзает даже при -50°C. Какую массу кристаллогидрата  $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  потребуется использовать, чтобы приготовить 1 л такого же раствора?

#### Решение

Массовая доля  $\text{CaCl}_2$  в растворе равна  $66.7/166.7 = 0.400$ . Для 1 л раствора  $m(\text{р-ра}) = 1396$  г. Масса безводной соли:  $m(\text{CaCl}_2) = 1396 \cdot 0.400 = 558.4$  г.  $n(\text{CaCl}_2) = 558.4/111 = 5.03$  моль =  $n(\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O})$ .  $m(\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = 5.03 \cdot 219 = 1102$  г.

#### Разбалловка

За расчет массовой доли $\text{CaCl}_2$	5 б
За расчет массы 1 л водного р-ра	5 б
За расчет массы безводной соли	5 б
За расчет $n(\text{CaCl}_2)$ в 1 л раствора	5 б
За расчет $m(\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O})$	5 б

**Итого 25 баллов**