

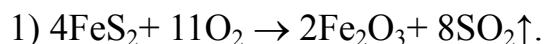
**БИБН 2014-15**  
**Заочный отборочный тур**  
**8-9 класс**

**Задание 9-1**

Первый шаг в промышленном производстве концентрированной серной кислоты включает в себя обжиг сульфидных руд, например пирита, в обогащенном кислородом воздухе. Полученный диоксид серы окисляют в присутствии катализатора, а продукты окисления растворяют в разбавленной серной кислоте. Остаточный газ, как правило, выбрасывают в атмосферу. Предельно допустимая концентрация  $\text{SO}_2$  в воздухе составляет  $0.050 \text{ мг/м}^3$ .

- 1) напишите уравнение химической реакции, отражающей обжиг пирита.
- 2) рассчитайте объем диоксида серы (600 К и 108 кПа), образующегося при окислении 100 тонн руды, содержащей 78%  $\text{FeS}_2$ , предполагая, что 5.0% серы и 8.0% (масс.) железа остаются непрореагировавшими.
- 3) рассчитайте объем ( $0^\circ\text{C}$  и 1 атм) обогащенного кислородом воздуха (60% (объемн.)  $\text{O}_2$ ), необходимого в пункте 2), учитывая, что остаточный газ содержит 6.0% (объемн.)  $\text{O}_2$ .
- 4) вычислите массу диоксида серы, выбрасываемого в атмосферу в расчете на каждые 100 тонн руды, при концентрации  $\text{SO}_2$  в остаточном газе превышающей предельно допустимую концентрацию в 5 раз.

**Решение:**



2)  $M(\text{FeS}_2) = 120 \text{ г/моль}$ .

Количество  $\text{FeS}_2$ , содержащееся в 100 т пиритной руды, равно  $100 \text{ т} \cdot 0.78 = 78 \text{ т} = 78 \cdot 10^6 \text{ г}$ , или  $78 \cdot 10^6 / 120 = 65 \cdot 10^4$  моль.

Поскольку 8% железа и 5% серы остается непрореагировавшими, то количества серы и железа, которые окислились, можно найти по следующим соотношениям:

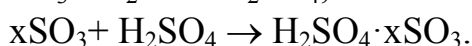
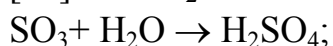
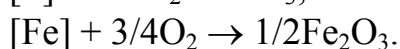
$$65 \cdot 10^4 (1.0 - 0.08) = 59.8 \cdot 10^4 \text{ моль Fe};$$

$$2 \cdot 65 \cdot 10^4 \cdot (1.0 - 0.05) = 123.5 \cdot 10^4 \text{ моль S}.$$

Количество вещества  $\text{SO}_2$ , полученного при окислении руды, равно  $123.5 \cdot 10^4$  моль. Объем этого диоксида серы при 600 К и 108 кПа равен:

$$nRT/p = 123.5 \cdot 10^4 \cdot 8.314 \cdot 600 / 108 = 57.0 \cdot 10^6 \text{ л} = 57 \cdot 10^3 \text{ м}^3.$$

3) Реакции:



Из пункта 2) мы знаем, что 100 т руды содержит  $59.8 \cdot 10^4$  моль Fe и  $123.5 \cdot 10^4$  моль S. В соответствии с уравнениями химических реакций для

окисления этих количеств серы и железа требуется  $(3/4 \cdot 59.8 \cdot 10^4 + 3/2 \cdot 123.5 \cdot 10^4) = 230 \cdot 10^4$  моль  $O_2$ .

Пусть объем обогащенного кислородом воздуха, необходимого для сжигания 100 тонн руды равен  $x$  л. Объем  $N_2$  в исходной газовой смеси ( $0.4x$ ) не изменяется в ходе реакции, тогда как объем  $O_2$  уменьшается. Остаточный газ содержит 94.0%  $N_2$  по объему, в то время как остальные 6.0% приходятся на  $O_2$ . Общий объем остаточного газа равен:

$0.4x/0.940 = 0.4255x$  л, из которых  $0.4x$  л это  $N_2$  и остальное кислород.

Следовательно, объем кислорода в остаточном газе  $0.4255x - 0.4x = 0.0255x$  л.

Объем кислорода, прореагировавшего с пиритом  $0.6x - 0.0255x = 0.5745x$ .

С другой стороны, мы знаем, что объем кислорода, требуемого сжигания  $(22.4 \text{ л/моль})(230 \cdot 10^4 \text{ моль}) = 5.152 \cdot 10^7$  л  $O_2$ .

Таким образом, мы имеем уравнение  $5.152 \cdot 10^7 = 0.5745x$ .

Откуда находим  $x = 5.152 \cdot 10^7 / 0.5745 = 8.97 \cdot 10^7$  л =  $89.7 \cdot 10^3$  м<sup>3</sup> воздуха, обогащенного кислородом.

4) Объем остаточного газа, выделяющегося в атмосферу:

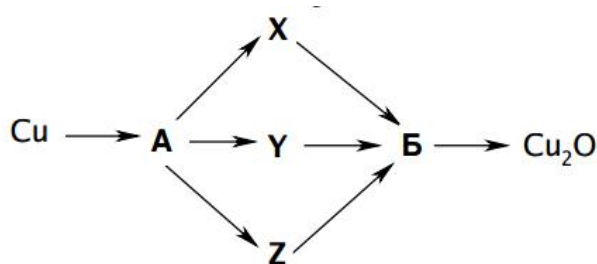
$0.4255 \cdot 8.97 \cdot 10^7 = 38.17 \cdot 10^6$  л =  $38.17 \cdot 10^3$  м<sup>3</sup>.

Концентрация  $SO_2$  в этой смеси  $0.050 \cdot 5 = 0.25$  мг/м<sup>3</sup>.

Таким образом, масса  $SO_2$ , попадающего в атмосферу из каждых 100 т руды  $38.17 \cdot 10^3 \cdot 0.25 = 9.54 \cdot 10^3$  мг = 9.54 г.

### Задание 9-2

Каждая химическая реакция в следующей схеме может быть проведена в одну стадию:



1) идентифицируйте соединения А, В, Х, Y и Z;

2) напишите уравнения химических реакций, которые отражают приведенные выше превращения, и укажите особенности их протекания.

### **Решение:**

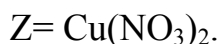
1) Задание может содержать более чем одно решение. Один из возможных вариантов следующий:

A = CuO;

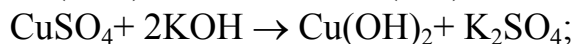
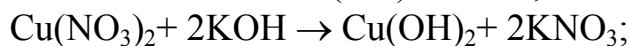
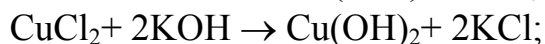
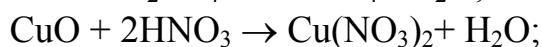
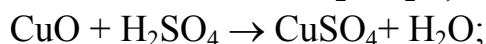
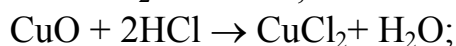
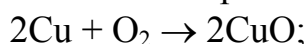
B = Cu(OH)<sub>2</sub>;

X = CuCl<sub>2</sub>;

Y = CuSO<sub>4</sub>;



2) Химические реакции, соответствующие схеме:

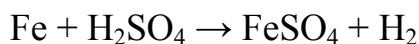


Первая реакция требует высокой температуры; следующие три реакции протекают в горячей кислоте; реакция с KOH протекает в растворе; последняя реакция протекает при условии, что гидроксид меди нагревается с альдегидом в присутствии винной кислоты.

### Задание 9-3

Немецкий пассажирский дирижабль “Граф Цеппелин”, построенный в 1928 г, мог нести полезную нагрузку до 55 т и пролетать до 10000 км без дозаправки. Его оболочка объемом 105000 м<sup>3</sup> включала на 70% герметичные отсеки для несущего газа водорода, а на 30% отсеки с мешками, заполненными газообразным топливом “блау-газ” для питания моторов. В состав блау-газа входили водород (45% по объему), CO (44%), азот (6%) и CO<sub>2</sub> (5%). По мере расходования блау-газа рабочие заполняли освободившиеся мешки забортным воздухом и сбрасывали часть балласта (мешки с песком) за борт, так что дирижабль сохранял высоту полета неизменной. Определите массу железа, потраченного на реакцию с серной кислотой при заполнении водородных отсеков дирижабля. Условия примите за нормальные. Вычислите массу балласта, сброшенного к моменту израсходования половины запаса блау-газа. Напишите уравнения горения компонентов этого газа.

### **Решение:**



Определим количество водорода:  $n(\text{H}_2) = (105000 \cdot 0.7) / 22.4 = 3281$  кмоль.

$n(\text{Fe}) = n(\text{H}_2) = 3281$  кмоль.  $m(\text{Fe}) = 3281 \cdot 56 = 183736$  кг = 183.736 т.

Определим среднюю молярную массу блау-газа:

$$\begin{aligned} M(\text{смеси газов}) &= M_1\varphi_1 + M_2\varphi_2 + M_3\varphi_3 + M_4\varphi_4 = \\ &= 2 \cdot 0.45 + 44 \cdot 0.05 + 28 \cdot 0.44 + 28 \cdot 0.06 = 17.1 \text{ г/моль.} \end{aligned}$$

Определим количество сожженного блау-газа:

$$n(\text{газа}) = (105000 \cdot 0.3 \cdot 0.5) / 22.4 = 703 \text{ кмоль.}$$

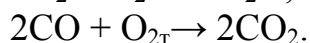
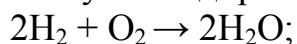
Определим разность молярных масс воздуха и блау-газа:

$$\Delta M = M_1 - M_2 = 29 - 17.1 = 11.9 \text{ г/моль.}$$

Значит разность масс 703 кмоль газов составит

$$\Delta m = 11.9 \cdot 703000 = 8366000 \text{ г} = 8.366 \text{ т.}$$

Такова должна быть масса сброшенного балласта для сохранения массы и плавучести дирижабля.



### Задание 9-4

В 7 пробирках налиты растворы следующих веществ: гидроксида натрия, гидроксида аммония, хлорида бария, нитрата серебра, серной кислоты, сульфата меди и сульфата никеля. Расставьте их в необходимом порядке, если известно, что: № 3 образует осадки с №№ 5, 6 и 7, а при больших концентрациях – со всеми остальными. Все осадки растворимы в избытке №7.

№ 6 образует нерастворимые в любых растворах осадки с №№ 1, 2, 4.

№№ 1 и 2 образуют осадки с №№ 5 и 7.

Осадки № 1 с №№ 5 и 7 растворимы в избытке №№ 5 и 7.

Осадки № 2 с №№ 5 и 7 растворимы в избытке № 7.

### **Решение:**

1 –  $\text{CuSO}_4$ ;

2 –  $\text{NiSO}_4$ ;

3 –  $\text{AgNO}_3$ ;

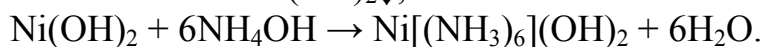
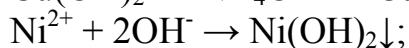
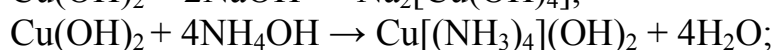
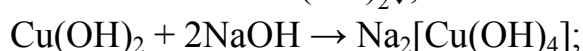
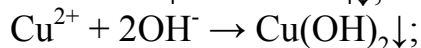
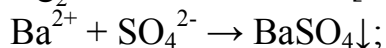
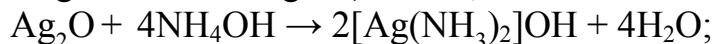
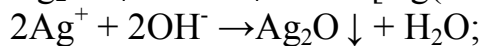
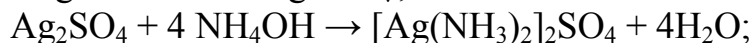
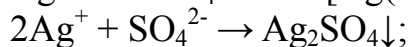
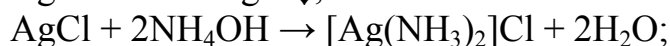
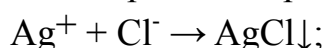
4 –  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ;

5 –  $\text{NaOH}$ ;

6 –  $\text{BaCl}_2$ ;

7 –  $\text{NH}_4\text{OH}$ .

Уравнения реакций:



**БИБН 2014-15**  
**Заочный отборочный тур**  
**10 класс**

**Задание 10-1**

При сгорании вещества А образовалось 736 мл (н.у.)  $\text{CO}_2$  и 296 мг  $\text{H}_2\text{O}$ . Соединение А содержит 63.2% углерода по массе. Гидролиз А в присутствии кислоты приводит к образованию определенного бифункционального соединения В и нейтрального соединения С. Соединение В плохо растворимо в воде и имеет меньшую температуру кипения, чем его изомеры, отличающиеся от В положением двух функциональных групп. В результате реакции В с уксусным ангидридом образуется соединение D. Соединения А и D используются как нестероидные противовоспалительные препараты.

- 1) определите графические формулы соединений А - D. Представьте свои рассуждения.
- 2) напишите уравнения всех представленных химических реакций.
- 3) определить массу исходного образца А.
- 4) какие причины объясняют, что соединение В характеризуется более низкой температурой кипения, чем его изомеры?

**Решение:**

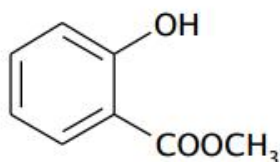
1) В результате сгорания соединения А образуется  $736/22.4=32.8$  ммоль  $\text{CO}_2$  и  $296/18=16.4$  ммоль  $\text{H}_2\text{O}$ .

Это позволяет предположить, что соединений А содержит углерод, водород и кислород (поскольку массовая доля углерода слишком мала для углеводорода). Следовательно, отношение числа атомов углерода к числу атомов водорода в формульной единице равно 1:1. Это позволяет написать общую формулу соединения А в следующем виде:  $\text{C}_x\text{H}_x\text{O}_y$ . В этом случае можно записать:

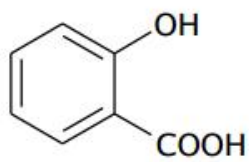
$$0.632=12 \cdot x / (12 \cdot x + 1 \cdot x + 16 \cdot y), \text{ откуда получаем, что } 3 \cdot x = 8 \cdot y.$$

Таким образом, эмпирическая формула А имеет вид  $\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_3$ .

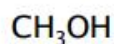
Указание на его медицинское использование предполагает следующие структуры:



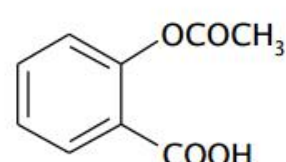
A



B

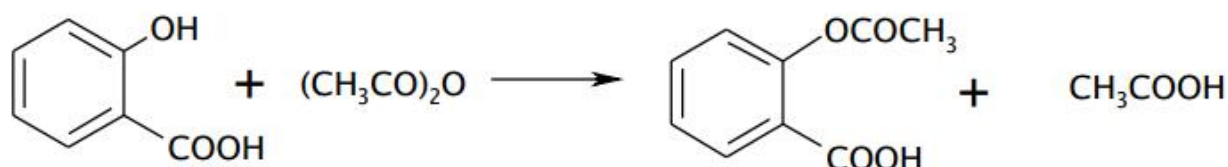
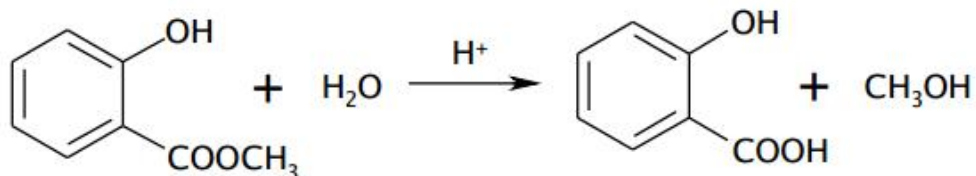
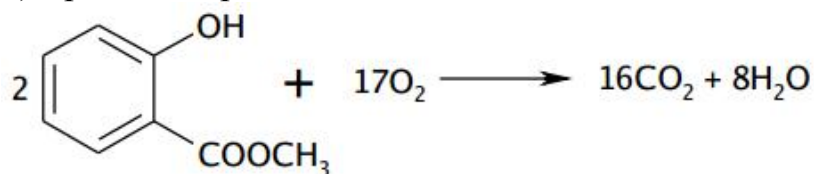


C



D

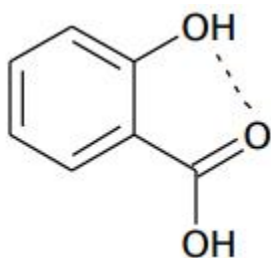
2) Уравнения реакций:



3)  $M(\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_3) = 152 \text{ г/моль}$ . Количество вещества А в 8 раз меньше количества вещества  $\text{CO}_2$ . Следовательно масса образца А равна:

$$m(\text{A}) = 152 \cdot 32 \cdot 8 \cdot 10^{-3} / 8 = 0.623 \text{ г.}$$

4) Соединение В – это ортогидроксibenзойная (салициловая) кислота. Она имеет более низкую температуру кипения, чем мета- и пара- изомеры, поскольку образует предпочтительнее внутримолекулярные, а не межмолекулярные водородные связи:



### Задание 10-2

Ниже приводится лабораторный способ получения индивидуального соединения теллура. Смесь 100 г порошка теллура и 200 г кристаллического  $\text{KNO}_3$  тщательно перетирают в ступке, переносят в керамический тигель и прокаливают при температуре  $430^\circ\text{C}$  в течение 1 часа. После охлаждения реакционную смесь обрабатывают горячим ( $80\text{-}90^\circ\text{C}$ ) раствором щелочи, содержащем 90 г  $\text{KOH}$  в 900 мл воды, и затем фильтруют. Фильтрат нагревают до  $100^\circ\text{C}$  и добавляют 10-20 мл азотной кислоты (25-30%) до тех пор, пока значение pH не достигнет 3.5 и остается неизменным в течение не менее 20 минут. Полученный осадок отфильтровывают и промывают дистиллированной водой для удаления нитрат-ионов. Промытые кристаллы нагревают при  $170^\circ\text{C}$  в течение 3 часов. Таким образом получают 120 г

индивидуального соединения.

- 1) какое соединение теллура синтезируют по методике, приведенной в условии задачи?
- 2) напишите уравнения всех протекающих химических реакций.
- 3) рассчитайте практический выход индивидуального соединения.
- 4) предложите альтернативный метод получения индивидуального соединения с использованием тех же реагентов, что и в изложенном способе. Напишите уравнения предложенных реакций и условия их проведения.

### Решение:

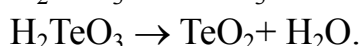
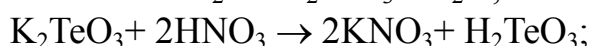
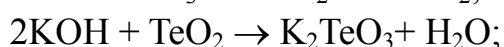
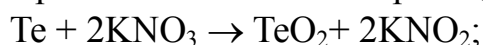
1)  $M(\text{KNO}_3) = 101 \text{ г/моль}$ .

$M(\text{Te}) = 128 \text{ г/моль}$ ;  $M(\text{KOH}) = 56 \text{ г/моль}$ .

$n(\text{KNO}_3) = 200/101 = 1.98 \text{ моль}$ ,  $n(\text{Te}) = 100/128 = 0.78 \text{ моль}$ ,  $n(\text{KOH}) = 1.61 \text{ моль}$ .

Соотношение составляет примерно 5 : 2. При нагревании реакционной смеси в результате окислительно-восстановительной реакции образуется оксид теллура. Он в водном растворе щелочи превращается в теллурид калия. Добавление  $\text{HNO}_3$  приводит к осаждению теллуристой кислоты, которая при нагревании разлагается до  $\text{TeO}_2$ . Таким образом, конечным продуктом является  $\text{TeO}_2$ .

2) Уравнения химических реакций:



3) Основываясь на расчетах, приведенных в пункте 1), теллур находится в недостатке.  $M(\text{TeO}_2) = 160 \text{ г/моль}$ .

Теоретически по представленной методике мы должны получить

$160 \text{ г/моль} \cdot 0.78 \text{ моль} = 124.8 \text{ г TeO}_2$ .

Таким образом, практический выход равен  $120/124.8 = 0.96$  или 96%.

4)  $\text{TeO}_2$  может быть также получен путем обработки тонкодисперсного металлического теллура горячей азотной кислотой, дальнейшим упариванием реакционной смеси и последующим прокаливанием полученного осадка при  $400^\circ\text{C}$ .

Общая реакция:  $\text{Te} + 4\text{HNO}_3 = \text{TeO}_2 + 4\text{NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ .

### Задание 10-3

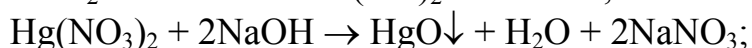
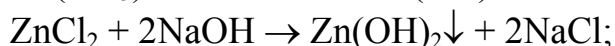
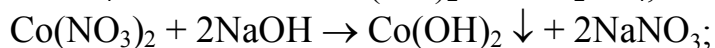
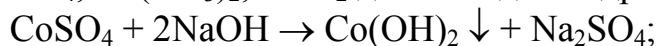
Идентифицируйте растворы следующих веществ:  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{ZnCl}_2$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{NH}_4\text{OH}$ ,  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{CoSO}_4$ ,  $\text{BaCl}_2$ . Известно, что растворы №№ 6 и 8 образуют осадки с №№ 1,2,3,4, растворимые в №7. Кроме того, осадок № 4 с №№ 6,8 растворим в избытке № 8, а осадки №№ 1,2 с №№ 6,8 растворимы в избытке № 6. Раствор № 1 образует осадок с № 5, не растворимый даже в избытке № 7. Раствор № 3 с №№ 4 и 5 образует слабый электролит, при

действию на который № 6 выпадает осадок, растворимый в № 7. Рассуждения подтвердите уравнениями химических реакций.

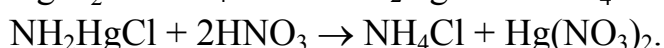
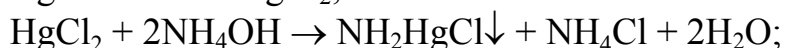
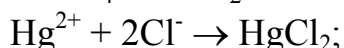
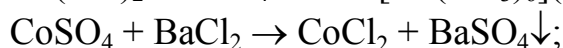
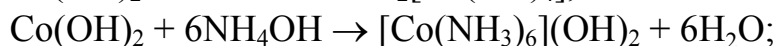
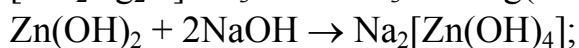
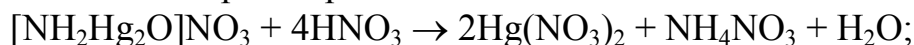
**Решение:**

№ 1 –  $\text{CoSO}_4$ ;    № 2 –  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ ;    № 3 –  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ ;    № 4 –  $\text{ZnCl}_2$ ;  
№ 5 –  $\text{BaCl}_2$ ;    № 6 –  $\text{NH}_4\text{OH}$ ;    № 7 –  $\text{HNO}_3$ ;    № 8 –  $\text{NaOH}$ .

$\text{CoSO}_4$ ,  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{ZnCl}_2$  дают осадки гидроксидов с  $\text{NaOH}$  и  $\text{NH}_4\text{OH}$ :



Все эти осадки растворимы в азотной кислоте:



**Задание 10-4**

Воздушный шар диаметром 12 м наполнен теплым воздухом  $50^\circ\text{C}$ . Окружающий воздух имеет  $0^\circ\text{C}$  и 1 атм. Какова может быть максимальная масса оболочки шара и корзины, чтобы шар мог лететь?

**Решение:**

Сила тяжести легкого теплого воздуха в шаре при  $50^\circ\text{C}$  в сумме с силой тяжести корзины с оболочкой шара должны быть равны архимедовой выталкивающей силе, равной силе тяжести тяжелого холодного воздуха при  $0^\circ\text{C}$ , тогда шар сможет взлететь.

$$F(\text{тяж возд } 50^\circ\text{C}) + F(\text{тяж корз}) = F(\text{Архимеда}) = F(\text{тяж возд } 0^\circ\text{C}).$$

$$V(\text{шара}) = \frac{4}{3} \pi r^3 = 904 \text{ м}^3.$$

$$n(\text{возд } 50^\circ\text{C}) = \frac{PV}{R \cdot 323} = \frac{(101300 \text{ Па} \cdot 904 \text{ м}^3)}{(8.314 \cdot 323)} = 34101 \text{ моль} \approx 34.1 \text{ кмоль}.$$

$$m(\text{возд } 50^\circ\text{C}) = 34.1 \text{ кмоль} \cdot 29 \text{ кг/кмоль} = 989 \text{ кг}.$$

$$n(\text{возд } 0^\circ\text{C}) = \frac{PV}{R \cdot 273} = \frac{(101300 \text{ Па} \cdot 904 \text{ м}^3)}{(8.314 \cdot 273)} \approx 40.35 \text{ кмоль}.$$

$$m(\text{возд } 0^\circ\text{C}) = 40.35 \text{ кмоль} \cdot 29 \text{ кг/кмоль} = 1170 \text{ кг}. \quad \Delta m = 1170 - 989 = 181 \text{ кг}.$$

Ответ. Максимальная масса оболочки шара и корзины равна 181 кг.



**БИБН 2014-15**  
**Заочный отборочный тур**  
**11 класс**

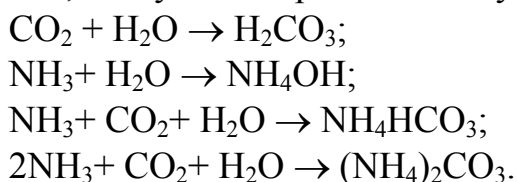
**Задание 11-1**

Газообразную смесь аммиака и углекислого газа полностью растворили в 200 мл воды при температуре 20°C. Полученный прозрачный раствор перенесли в мерную колбу объемом 500 мл и довели до метки дистиллированной водой. Аликвоту полученного раствора объемом 10.00 мл обработали избытком баритовой воды, в результате чего образовалось 29.6 мг белого осадка.

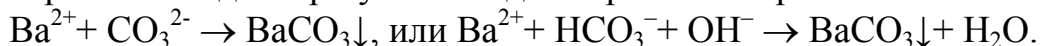
- 1) вычислите, каков объем исходной газовой смеси при 20°C и 105 кПа, учитывая, что число молекул одного реагента в 2.5 раза больше, чем другого?
- 2) какова плотность исходной газовой смеси при стандартных условиях?
- 3) рассчитайте массовые доли веществ в растворе, полученном путем растворения первоначальной газовой смеси в воде.
- 4) газовая смесь аналогичного качественного состава используется для производства белого кристаллического соединения X, содержание водорода в котором 7.74% по массе. Когда X нагревают в автоклаве при 100 атм и 150 °C, образуется соединение Y. Приведите графические формулы веществ X и Y; напишите химические реакции их получения.
- 5) какова плотность стехиометрической смеси газов, используемых для получения соединения X?

**Решение:**

1) В зависимости от соотношения аммиака и диоксида углерода в исходной смеси, следующие процессы могут происходить в растворе:



Независимо от вида образующихся солей аммония, в результате добавления баритовой воды образуется осадок карбоната бария:



$M(\text{BaCO}_3) = 197 \text{ г/моль}$ .

Количество  $\text{BaCO}_3$  равно  $29.6/197=0.150$  ммоль. Это означает, что начальная смесь содержит  $0.150 \cdot 500/10=7.50$  ммоль  $\text{CO}_2$ .

Задача имеет два альтернативных решения:

а) Если первоначальная смесь содержит избыток  $\text{CO}_2$ , то количество аммиака равно

$7.5/2.5=3.00$  ммоль. Объем первоначальной смеси может быть найден из уравнения Менделеева-Клапейрона:

$$V=nRT/P=(7.5+3) \cdot 8.314 \cdot (273+20)/105=244 \text{ мл}.$$

б) Если первоначальная смесь содержит избыток  $\text{NH}_3$ , то количество аммиака равно

$2.5 \cdot 7.5 = 18.75$  ммоль. В этом случае объем первоначальной газовой смеси равен:

$$V = nRT/P = (7.5 + 18.75) \cdot 8.314 \cdot (273 + 20) / 105 = 609 \text{ мл.}$$

2) Как видно из первой части, здесь также существует два альтернативных решения задачи. Плотность начальной газовой смеси при стандартных условиях может быть найдена из соотношения:

$m/V_m = \rho$ , где  $M$  – это средняя молярная масса смеси.

$$M(\text{NH}_3) = 17.0 \text{ г/моль.}$$

$$M(\text{CO}_2) = 44.0 \text{ г/моль.}$$

а) В избытке  $\text{CO}_2$ , тогда  $M = 44.0 \cdot 2.5 + 17.0 \cdot 1 / (2.5 + 1) = 36.3$  г/моль и отсюда  $\rho = M/V_m = 36.3 / 22.4 = 1.62$  г/л.

б) В избытке  $\text{NH}_3$ , тогда  $M = 17.0 \cdot 2.5 + 44.0 \cdot 1 / (2.5 + 1) = 24.7$  г/моль и отсюда  $\rho = M/V_m = 24.7 / 22.4 = 1.10$  г/л.

3) Также как и раньше, рассмотрим два альтернативных решения.

а) Если в избытке находится углекислый газ, то при растворении смеси в воде образуется гидрокарбонат аммония:

$$M(\text{NH}_4\text{HCO}_3) = 79 \text{ г/моль.}$$

$$\text{Масса соли равна } 79 \cdot 3.0 \cdot 10^{-3} = 0.237 \text{ г.}$$

Масса раствора равна  $(200 + 36.3 \cdot 10.5 \cdot 10^{-3}) = 200.38$  г, тогда массовая доля соли  $0.237 / 200.38 = 0.001182$  или  $0.1182\%$ .

б) Если в избытке находится аммиак, то образуется карбонат аммония:

$$M((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3) = 96 \text{ г/моль. Масса соли равна } 96 \cdot 7.5 \cdot 10^{-3} = 0.72 \text{ г.}$$

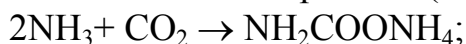
Общая масса раствора равна  $(200 + 24.7 \cdot 26.25 \cdot 10^{-3}) = 200.6$  г, а массовая доля соли  $0.72 / 200.6 = 0.00359$  или  $0.359\%$ .

4) Соединение  $X$  может содержать атомы  $\text{H}$ ,  $\text{C}$ ,  $\text{N}$ ,  $\text{O}$ . Предположим, что число атомов водорода равно  $x$ . Тогда молярная масса  $X$  равна

$$M = (1.008 / 0.0774)x = 13.0x \text{ г/моль.}$$

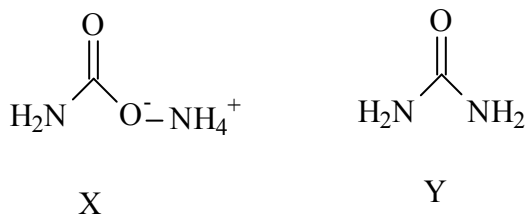
Основываясь на описании синтеза вещества  $X$ , можно заключить, что  $X$  – это карбамат аммония  $\text{NH}_2\text{COONH}_4$ .

При нагревании карбамат аммония теряет молекулу воды и превращается в соединение  $Y$  – карбамид (мочевину):



Графические формулы  $X$  и  $Y$  представлены ниже:

5) Стехиометрическое соотношение объемов  $\text{NH}_3$  и  $\text{CO}_2$  при синтезе мочевины



равно 2:1. Средняя молярная масса смеси равна

$$M = 44.0 \cdot 1 + 17.0 \cdot 2 / (1 + 2) = 26 \text{ г/моль и отсюда } \rho = M/V_m = 26 / 22.4 = 1.16 \text{ г/л.}$$

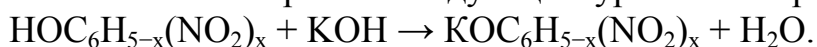
### Задание 11-2

Неизвестная кислота А может быть приготовлена путем нитрования фенола при соответствующих условиях. А это желтоватое кристаллическое соединение, которое содержит менее 40% углерода по массе. Титрование 229 мг образца требует 19.52 мл 0.05124 М КОН.

- 1) определите молекулярную формулу кислоты и нарисуйте ее графическую формулу.
- 2) каково название вещества А в соответствии с правилами IUPAC? Каково его тривиальное название?
- 3) соединение А частично растворимо в воде. В растворе А ведет себя как слабая кислота, однако, более сильная, чем фенол. Рассмотрите эти свойства А.
- 4) соединение А взрывается при определенных условиях. Напишите уравнение этой химической реакции.

#### **Решение:**

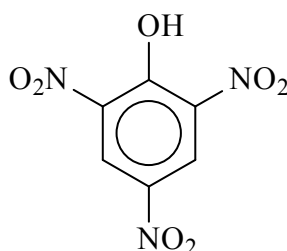
1) При нитровании фенола образуются моно-, ди- и тринитрофенолы. Общую формулу этих соединений можно представить следующим образом:  $\text{HOC}_6\text{H}_{5-x}(\text{NO}_2)_x$ , где  $x = 1, 2$  или  $3$ . Нейтрализацию нитрофенолов раствором КОН можно отобразить следующим уравнением реакции:



Из результатов титрования найдем количество КОН, необходимое для нейтрализации:  $19.52 \cdot 0.05124 = 1.000$  ммоль. Исходя из этих данных и уравнения реакции, найдем молярную массу кислоты  $0.229/0.001=229$  г/моль.

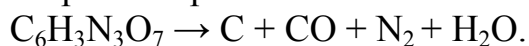
Следовательно,  $x=3$ , и молекулярная формула А имеет следующий вид  $\text{HOC}_6\text{H}_2(\text{NO}_2)_3$ .

2) Вещество А – это 2,4,6-тринитрофенол или пикриновая кислота:



3) Пикриновая кислота более сильная кислота, чем фенол, поскольку три электроноакцепторные нитро-группы уменьшают электронную плотность в бензольном кольце и поляризуют О–Н связь, тем самым облегчая ее ионизацию.

4) Взрыв пикриновой кислоты может привести к образованию ряда продуктов:

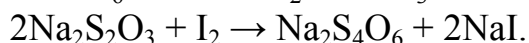
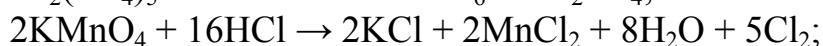
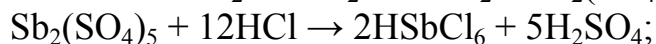
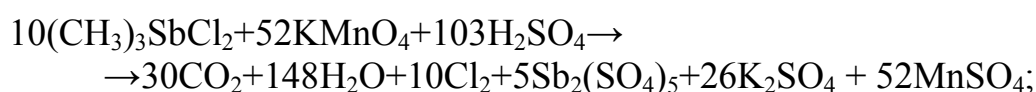


### Задание 11-3

Для определения содержания сурьмы в триметилдихлорсурьме

$(\text{CH}_3)_3\text{SbCl}_2$  0.2 г его минерализовали длительным нагреванием с избытком водного раствора перманганата калия в сернокислой среде, при этом выделился хлор. К полученному окрашенному раствору добавили избыток концентрированной  $\text{HCl}$  и нагревали до обесцвечивания раствора. В нем сурьма находится в форме комплексной кислоты с молярной массой 336 и массовой долей хлора 63.39%. Раствор разбавили водой, добавили 5 г твердого  $\text{KI}$  и титровали 0.1 молярным раствором тиосульфата натрия до исчезновения коричневой окраски. Определите формулу комплексной кислоты. Напишите уравнения всех реакций, лежащих в основе методики. Вычислите эквивалентный объем раствора тиосульфата натрия.

### Решение:



Найдем  $n[(\text{CH}_3)_3\text{SbCl}_2] = 0.2/238 = 0.8403$  моль.

$n[\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3] = 2n[(\text{CH}_3)_3\text{SbCl}_2] = 1.6806$  моль;  $V[\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3] = 1.6806/0.1 = 16.806$  мл.

Ответ. Кислота –  $\text{HSbCl}_6$ .  $V[\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3] = 16.806$  мл.

### Задание 11-4

Воздушный шар диаметром 12 м наполнен теплым воздухом  $50^\circ\text{C}$ . Окружающий воздух имеет  $0^\circ\text{C}$  и 1 атм. Какова может быть максимальная масса оболочки шара и корзины, чтобы шар мог лететь?

### Решение:

Сила тяжести легкого теплого воздуха в шаре при  $50^\circ\text{C}$  в сумме с силой тяжести корзины с оболочкой шара должны быть равны архимедовой выталкивающей силе, равной силе тяжести тяжелого холодного воздуха при  $0^\circ\text{C}$ , тогда шар сможет взлететь.

$$F(\text{тяж возд } 50^\circ\text{C}) + F(\text{тяж корз}) = F(\text{Архимеда}) = F(\text{тяж возд } 0^\circ\text{C}).$$

$$V(\text{шара}) = \frac{4}{3} \pi r^3 = 904 \text{ м}^3.$$

$$n(\text{возд } 50^\circ\text{C}) = \frac{PV}{R \cdot 323} = \frac{(101300 \text{ Па} \cdot 904 \text{ м}^3)}{(8.314 \cdot 323)} = 34101 \text{ моль} \approx 34.1 \text{ кмоль}.$$

$$m(\text{возд } 50^\circ\text{C}) = 34.1 \text{ кмоль} \cdot 29 \text{ кг/кмоль} = 989 \text{ кг}.$$

$$n(\text{возд } 0^\circ\text{C}) = \frac{PV}{R \cdot 273} = \frac{(101300 \text{ Па} \cdot 904 \text{ м}^3)}{(8.314 \cdot 273)} \approx 40.35 \text{ кмоль}.$$

$$m(\text{возд } 0^\circ\text{C}) = 40.35 \text{ кмоль} \cdot 29 \text{ кг/кмоль} = 1170 \text{ кг}. \quad \Delta m = 1170 - 989 = 181 \text{ кг}.$$

Ответ. Максимальная масса оболочки шара и корзины равна 181 кг.

**БИБН 2014-15**  
**Очный отборочный тур**  
**8-9 класс**  
**Вариант 1**

**Задание 9-1**

Чему равна массовая доля серной кислоты в растворе, в котором число атомов водорода равно числу атомов кислорода?

**Решение:**

Обозначим количество  $H_2SO_4$  в растворе через  $n_1$ , а количество  $H_2O$  через  $n_2$ . Тогда число атомов водорода и кислорода в растворе будет определяться следующим соотношением:  $N(H)=(2n_1+2n_2) \cdot N_A$ ;  $N(O)=(4n_1+n_2) \cdot N_A$ .

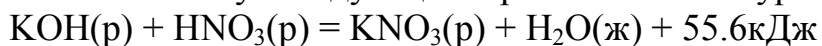
По условию:  $N(H)=N(O)$ , что выполняется при  $n_1=0.5n_2$  или  $n_2=2n_1$ .

Массовая доля серной кислоты в таком растворе равна:

$$\begin{aligned}\omega(H_2SO_4) &= m(H_2SO_4) / (m(H_2SO_4) + m(H_2O)) = \\ &= M(H_2SO_4) \cdot n_1 / (M(H_2SO_4) \cdot n_1 + M(H_2O) \cdot n_2) = 98n_1 / (98n_1 + 18n_2) = \\ &= 98n_1 / (98n_1 + 18 \cdot 2n_1) = 0.7313 \text{ или } 73.13\%.\end{aligned}$$

**Задание 9-2**

Используя следующее термохимическое уравнение:



рассчитайте, какое количество теплоты выделится при сливании 29.5мл 6.20% раствора KOH (плотность 1.055г/мл) и 60.2мл раствора HNO<sub>3</sub> (концентрация 2 моль/л, плотность 1.065г/мл).

**Решение:**

Найдем количество KOH и HNO<sub>3</sub>:

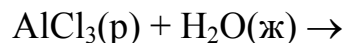
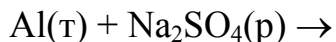
$$\begin{aligned}n(KOH) &= m(KOH) / M(KOH) = \omega \cdot \rho \cdot V / M(KOH) = 0.062 \cdot 1.055 \cdot 29.5 / 56 (\text{г/моль}) = \\ &= 0.03445 \text{ моль}; n(HNO_3) = C_M \cdot V = 2 \text{ моль/л} \cdot 0.0602 \text{ л} = 0.1204 \text{ моль}.\end{aligned}$$

Поскольку  $n(KOH) < n(HNO_3)$ , а коэффициенты при этих веществах одинаковы и равны единице, гидроксид калия находится в недостатке. Его количество определяет тепловой эффект реакции. Он равен:

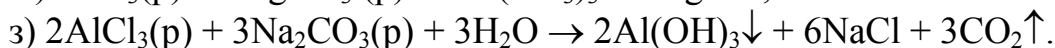
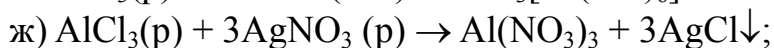
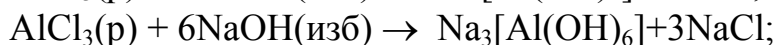
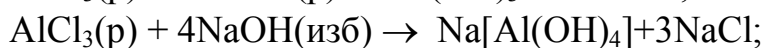
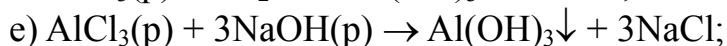
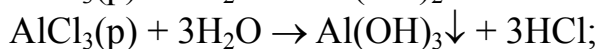
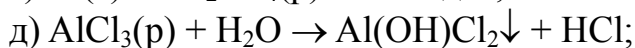
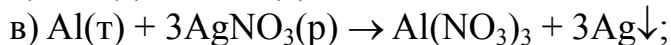
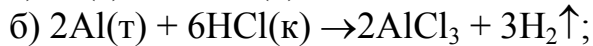
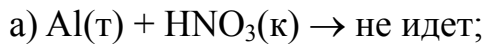
$$Q = 55.6 \text{ кДж/моль} \cdot 0.03445 \text{ моль} = 1.915 \text{ кДж}.$$

**Задание 9-3**

Закончите уравнения реакций, протекание которых возможно, расставьте коэффициенты:



### Решение:



### Задание 9-4

В какую сторону сместится равновесие реакции:



при понижении температуры, понижении давления, введении катализатора, введении дополнительного количества кислорода, введении аргона при постоянном объеме?

### Решение:

а) влево;

б) не смещается;

в) не смещается;

г) вправо;

д) не смещается.

**БИБН 2014-15**  
**Очный отборочный тур**  
**8-9 класс**  
**Вариант 2**

**Задание 9-1**

Вычислите массу бромид-ионов, которые попадут в организм с 10 мл медицинской микстуры, в 200 мл которой содержится по 2 г бромида натрия и бромида калия.

**Решение:**

Найдем количество бромида натрия и бромида калия, содержащихся в 200 мл микстуры:  $n(\text{NaBr})=2/103=0.0194$  моль,  $n(\text{KBr})=2/119=0.0168$  моль. В 200 мл раствора всего находится  $0.0194+0.0168=0.0362$  моль бромид-ионов. В 10 мл содержится в 20 раз меньше, т.е.  $0.0362/20=0.00181$  моль или  $0.00181 \cdot 80=0.1448$  г бромид-ионов.

**Задание 9-2**

Пользуясь имеющимися у Вас знаниями периодической таблицы Д.И. Менделеева предположите, какое нерадиоактивное простое вещество представляет:

- |                           |                           |
|---------------------------|---------------------------|
| - самый активный металл   | - самый активный металл   |
| - самый активный неметалл | - самый легкий металл     |
| - самый легкий неметалл   | - самый тяжелый неметалл  |
| - металл с низшей т.пл.   | - неметалл с низшей т.пл. |

**Решение:**

Самый активный металл – Cs, но для водных растворов в соответствии с электрохимическим рядом напряжения – Li.

Самый активный неметалл – F<sub>2</sub>. Самый легкий металл – Li (0.534 г/куб. см).

Самый легкий неметалл – H<sub>2</sub> (22.4 л весят 2 г при н.у.).

Самый тяжелый неметалл – I<sub>2</sub> (4.94 г/куб. см).

Металл с низшей т.пл. – Hg (-39°C). Неметалл с низшей т.пл. – He (-271°C).

**Задание 9-3**

Даны четыре пронумерованных пробирки с растворами следующих веществ: хлорида натрия, нитрата серебра, фосфата натрия, азотной кислоты. В какой пробирке какой раствор содержится неизвестно, но установлено, что: 1) при сливании растворов из 2-ой и 4-ой пробирок получается осадок, растворяющийся при добавлении раствора из 1-ой пробирки; 2) при сливании

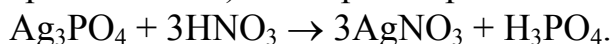
растворов из 2-ой и 3-ей пробирок получается осадок, не растворяющийся при добавлении раствора из 1-ой пробирки. Определите, какие растворы находятся в 1, 2, 3 и 4-ой пробирках. Напишите уравнения соответствующих реакций.

### Решение:

№1 –  $\text{HNO}_3$ ; №2 –  $\text{AgNO}_3$ ; №3 –  $\text{NaCl}$ ; №4 –  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ .

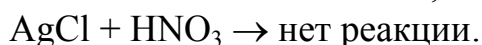
При сливании растворов №2  $\text{AgNO}_3$  и №4  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  образуется бледно-желтый осадок фосфата серебра:  $3\text{AgNO}_3 + \text{Na}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{Ag}_3\text{PO}_4\downarrow + 3\text{NaNO}_3$ .

Фосфат серебра – это труднорастворимая соль фосфорной кислоты (кислоты средней силы) и она растворяется в более сильных минеральных кислотах:



При сливании №2  $\text{AgNO}_3$  и №3  $\text{NaCl}$  выпадает белый осадок хлорида серебра:  $\text{AgNO}_3 + \text{NaCl} \rightarrow \text{AgCl}\downarrow + \text{NaNO}_3\downarrow$ .

Так как  $\text{HNO}_3$  и  $\text{HCl}$  кислоты приблизительно одинаковой силы, то  $\text{HNO}_3$  не вытесняет  $\text{HCl}$  из ее солей, и  $\text{AgCl}$  не растворяется в  $\text{HNO}_3$ :



### Задание 9-4

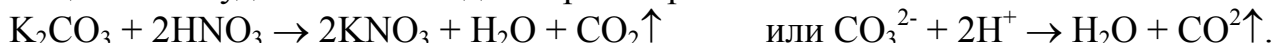
Запишите в молекулярном и ионном виде уравнения только тех реакций, которые протекают практически до конца: а) хлорид железа(II) + нитрат бария; б) карбонат калия + азотная кислота; в) нитрат натрия + хлороводородная кислота; г) сульфат алюминия + нитрат свинца; д) ацетат натрия + серная кислота.

### Решение:

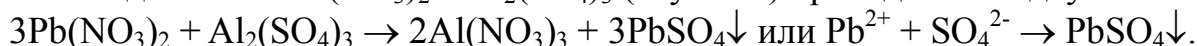
Среди реакций ионного обмена практически до конца протекают те, в которых образуется малорастворимое, малодиссоциированное или газообразное вещество.

Реакции между  $\text{FeCl}_2$  и  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  (а), а также между  $\text{NaNO}_3$  и  $\text{HCl}$  (в) не протекают, поскольку возможные продукты взаимодействия хорошо растворимы в воде и не уходят из сферы реакции. Ни молекулярного, ни ионного уравнений в этом случае не записывают.

Реакция между  $\text{K}_2\text{CO}_3$  и  $\text{HNO}_3$  (б) протекает практически до конца, поскольку один из образующихся продуктов (углекислый газ) является газообразным веществом и удаляется из водного раствора:



Взаимодействие  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  и  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  (случай г) приводит к осадку:



При взаимодействии  $\text{CH}_3\text{COONa}$  и  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (д) образуется уксусная кислота, которая является слабым электролитом:





**БИБН 2014-15**  
**Очный отборочный тур**  
**10 класс**  
**Вариант 1**

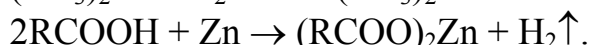
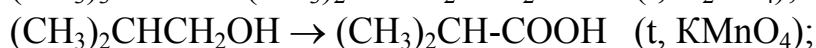
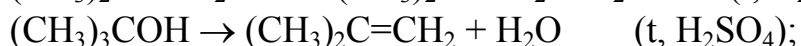
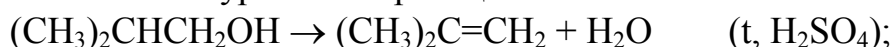
**Задание 10-1**

При окислении предельного одноатомного спирта получена карбоновая кислота с выходом 80%. При действии на эту кислоту избытка цинка выделилось 4.48 л водорода (н.у.). Какая кислота и в каком количестве была получена? Сколько граммов и какого спирта потребовалось, если известно, что при его дегидратации получается 2-метилпропен-2.

**Решение:**

Изобутилен может быть получен дегидратацией первичного изобутилового спирта  $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{OH}$ , который способен окисляться до 2-метилпропановой (изомасляной) кислоты, либо дегидратацией третично-бутилового спирта  $(\text{CH}_3)_3\text{COH}$ , который не окисляется без разрушения углеродного скелета. Следовательно, был взят изобутиловый спирт, при окислении которого образуется изомасляная кислота:

Запишем уравнения реакций:



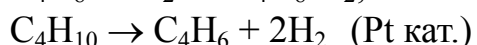
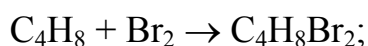
Для получения 4.48 л водорода (0.2 моль) необходимо 0.4 моль изомасляной кислоты, или  $0.4 \cdot 88 = 35.2$  г. Чтобы получить такое количество кислоты с выходом 80% необходимо взять  $0.4/0.8 = 0.5$  моль или  $0.5 \cdot 74 = 37$  г изобутилового спирта.

**Задание 10-2**

Бутан-бутеновая углеводородная смесь используется в качестве сырья для производства бутадиена-1,3 и затем каучука. Запишите схему таких превращений. Как из бутан-бутеновой смеси выделить бутан?

**Решение:**

Для выделения бутана из газообразной смеси с бутеном можно использовать бромную воду. Бутан не реагирует с бромной водой, а бутен поглотится:

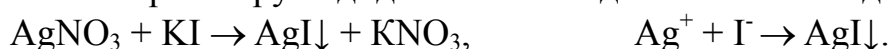


### Задание 10-3

В четырех пробирках находятся водные растворы KI, KCl, KNO<sub>3</sub> и KOH. Водный раствор какого индивидуального вещества можно использовать для их распознавания? Укажите признаки протекающих реакций и составьте необходимые химические уравнения. Различие запаха при распознавании веществ не используйте.

#### **Решение:**

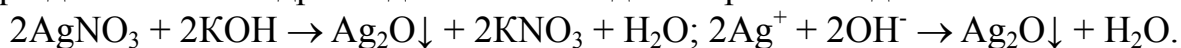
Искомый реактив – водный раствор нитрата серебра. При добавлении его к раствору нитрата калия никаких изменений не происходит. При добавлении реактива к раствору иодида калия выпадает желтый осадок:



В растворе хлорида калия образуется белый осадок:



При добавлении гидроксида калия выпадает черный осадок:



$\text{AgNO}_3 + \text{KNO}_3 \rightarrow$  нет реакции. Различие наблюдаемых явлений позволяет однозначно идентифицировать вещества.

### Задание 10-4

Согласно известному способу стирки с отбеливанием белье замачивают в холодном растворе Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, добавляют фенолфталеин до малиновой окраски, пероксид водорода и нагревают до кипения. Какую роль выполняют соль и пероксид? Предположите, почему при замене фосфата на дигидрофосфат натрия малиновая окраска не появляется, качество стирки и отбеливания ухудшается?

#### **Решение:**

Фосфат натрия служит для создания щелочной среды (результат гидролиза):  $\text{Na}_3\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaOH} + \text{Na}_2\text{HPO}_4$ ;  $\text{PO}_4^{3-} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{OH}^- + \text{HPO}_4^{2-}$ .

В щелочной среде идет гидролиз жировых загрязнений, это облегчает очистку белья при стирке. Окраска фенолфталеина подтверждает щелочную среду. Пероксид водорода при катализе щелочью разлагается с выделением кислорода, который окисляет окрашенные загрязнения и оказывает отбеливающий эффект  $\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + (\text{O})$ . Водный раствор NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> имеет не щелочную, а слабокислую среду в результате диссоциации:  $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \rightarrow \text{Na}^+ + \text{H}_2\text{PO}_4^-$ ;  $\text{H}_2\text{PO}_4^- \rightarrow \text{H}^+ + \text{HPO}_4^{2-}$ ;  $\text{HPO}_4^{2-} \rightarrow \text{H}^+ + \text{PO}_4^{3-}$ . Фенолфталеин не окрашивается в кислой среде. Из-за отсутствия щелочной среды не идет щелочной гидролиз жиров, и стирка менее эффективна. В отсутствие щелочной среды H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> медленнее выделяет кислород, отбеливание менее эффективно.

**БИБН 2014-15**  
**Очный отборочный тур**  
**10 класс**  
**Вариант 2**

**Задание 10-1**

Эквимольную смесь этилена и пропилена разбавили бутином-2 так, что плотность образовавшейся смеси, измеренная при 172°C и давлении 0.82атм, стала равной 1 г/л. Сколько водорода (м<sup>3</sup>), измеренного при 32°C и давлении 760 мм рт. ст. потребуется для полного гидрирования 1м<sup>3</sup> этой смеси, измеренной при этих же условиях.

**Решение:**

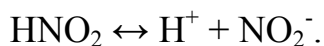
Из уравнений  $PV=(m/M)RT$  и  $P=nRT/M$  находим молярную массу смеси:  
 $M(\text{смеси})=nRT/P=1\text{г/л}\cdot(0.082\text{л}\cdot\text{атм/моль}\cdot\text{К})\cdot445\text{К}/0.82\text{атм}=44.5\text{г/моль}$ .  
Находим состав смеси:  $M(\text{смеси})=M_1\cdot\varphi_1+M_2\cdot\varphi_2+M_3\cdot\varphi_3$ , где  $\varphi_1$ ,  $\varphi_2$  и  $\varphi_3$  – объемные доли этилена, пропилена и бутина-2 соответственно.  $\varphi_1+\varphi_2+\varphi_3=1$ .  
Поскольку смесь этилена и пропилена эквимольная, то  $\varphi_1=\varphi_2$ .  
 $44.5=28\cdot\varphi_1+42\cdot\varphi_1+(1-2\cdot\varphi_1)54$  и  $\varphi_1=\varphi_2=0.25$ , а  $\varphi_3=0.5$ .  
Установим количество веществ, находящихся в 1м<sup>3</sup> смеси при температуре 32°C и давлении 1 атм:  $n=PV/(RT)=1\text{атм}\cdot1000\text{л}/(0.082\text{л}\cdot\text{атм/моль}\cdot\text{К}\cdot305\text{К})=40\text{моль}$ .  
Зная молярную долю каждого из веществ смеси, найдем их количества:  $n(\text{C}_4\text{H}_6)=n\cdot\varphi_3=40\text{моль}\cdot0.5=20\text{моль}$ ;  $n(\text{C}_2\text{H}_4)=n\cdot\varphi_1=40\text{моль}\cdot0.25=10\text{моль}$ ;  $n(\text{C}_3\text{H}_6)=n\cdot\varphi_2=40\text{моль}\cdot0.25=10\text{моль}$ .  
 $\text{C}_4\text{H}_6+2\text{H}_2\rightarrow\text{C}_4\text{H}_{10}$ ;       $\text{C}_2\text{H}_4+\text{H}_2\rightarrow\text{C}_2\text{H}_6$ ;       $\text{C}_3\text{H}_6+\text{H}_2\rightarrow\text{C}_3\text{H}_8$ .  
Из уравнений реакций видно, что для гидрирования смеси необходимо  $n(\text{H}_2)=40\text{моль}+10\text{моль}+10\text{моль}=60\text{моль}$  водорода (40моль на бутадиен (1:2); по 10 моль на пропилен и этилен (1:1)). Объем водорода равен  $V=nRT/P=60\text{моль}\cdot(0.082\text{л}\cdot\text{атм/моль}\cdot\text{К})\cdot305\text{К}/1\text{атм}=1500\text{л}(1.5\text{м}^3)$ .

**Задание 10-2**

Азотистая кислота диссоциирует в растворе на ионы не полностью. В 1 л раствора азотистой кислоты с концентрацией 0.1 моль/л содержится  $6.15\cdot10^{22}$  недиссоциированных молекул и образовавшихся ионов суммарно. Определите степень диссоциации кислоты в этом растворе и с учетом ответа отнесите азотистую к сильным или слабым кислотам.

**Решение:**

Азотистая кислота диссоциирует в соответствии с уравнением:



Обозначим количество продиссоциировавших молекул через  $X$  (моль). В соответствии с уравнением образовалось  $X$  моль  $\text{H}^+$ ,  $X$  моль  $\text{NO}_2^-$  и осталось  $(0.1-X)$  моль непродиссоциировавших молекул. Общее количество непродиссоциировавших молекул и образовавшихся ионов равно:

$(0.1-X)+X+X=(0.1+X)$  моль, а их число:  $(0.1+X) \cdot N_A = (0.1+X) \cdot 6.02 \cdot 10^{23}$  или по условию  $6.15 \cdot 10^{22}$ . Отсюда, количество распавшихся молекул  $X=0.00216$  моль.

Степень диссоциации азотистой кислоты в этом растворе равна:

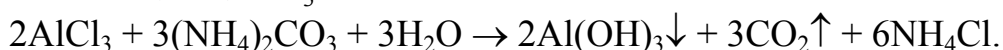
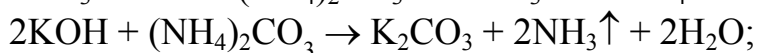
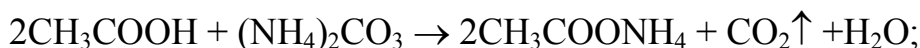
$\alpha = [(\text{количество распавшихся молекул}) / (\text{общее количество молекул})] \cdot 100\% = [0.00216 / 0.1] \cdot 100\% = 2.16\%$ . Азотистая кислота является слабой, поскольку степень диссоциации  $\ll 100\%$ .

### Задание 10-3

Приведите пример вещества, которое может необратимо реагировать в водном растворе с каждым из перечисленных соединений:  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{KOH}$ ,  $\text{AlCl}_3$ .

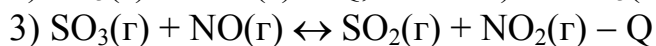
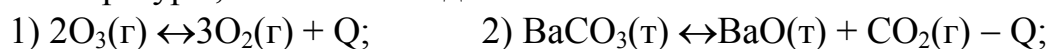
#### **Решение:**

Возможное вещество – карбонат аммония  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ .



### Задание 10-4

Для каждой из приведенных ниже реакций оценить возможность смещения равновесия в сторону образования продуктов повышением температуры, понижением давления.



#### **Решение:**

Согласно принципу Ле-Шателье повышение температуры приведет к смещению равновесия влево у экзотермической реакции 1 и вправо у эндотермических реакций 2 и 3. Понижение давления приведет к смещению равновесия вправо у реакций 1 и 2, сопровождающихся увеличением количества газообразных веществ, но не изменит равновесия реакции 3 (без изменения количества газов).

**БИБН 2014-15**  
**Очный отборочный тур**  
**11 класс**  
**Вариант 1**

**Задание 11-1**

Согласно известному способу стирки с отбеливанием белье замачивают в холодном растворе  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ , добавляют фенолфталеин до малиновой окраски, пероксид водорода и нагревают до кипения. Какую роль выполняют соль и пероксид? Предположите, почему при замене фосфата на дигидрофосфат натрия малиновая окраска не появляется, качество стирки и отбеливания ухудшается?

**Решение:**

Фосфат натрия служит для создания щелочной среды (результат гидролиза):  $\text{Na}_3\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaOH} + \text{Na}_2\text{HPO}_4$ ;  $\text{PO}_4^{3-} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{OH}^- + \text{HPO}_4^{2-}$ .

В щелочной среде идет гидролиз жировых загрязнений, это облегчает очистку белья при стирке. Окраска фенолфталеина подтверждает щелочную среду. Пероксид водорода при катализе щелочью разлагается с выделением кислорода, который окисляет окрашенные загрязнения и оказывает отбеливающий эффект:  $\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + (\text{O})$ .

Водный раствор  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  имеет не щелочную, а слабокислую среду в результате диссоциации:  $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \rightarrow \text{Na}^+ + \text{H}_2\text{PO}_4^-$ ;

$\text{H}_2\text{PO}_4^- \rightarrow \text{H}^+ + \text{HPO}_4^{2-}$ ;  $\text{HPO}_4^{2-} \rightarrow \text{H}^+ + \text{PO}_4^{3-}$ .

Фенолфталеин не окрашивается в кислой среде.

Из-за отсутствия щелочной среды не идет щелочной гидролиз жиров, и стирка менее эффективна. В отсутствие щелочной среды  $\text{H}_2\text{O}_2$  медленнее выделяет кислород, отбеливание менее эффективно.

**Задание 11-2**

Предложите способ доказательства того, что данное кристаллическое вещество является медным купоросом  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ . Приведите уравнения качественных реакций с выделением осадков красного, голубого, черного цветов. Запишите уравнения реакций.

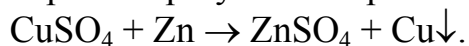
**Решение:**

Медный купорос представляет собой твердое вещество синего цвета, не имеющее запаха, растворимое в воде. Для доказательства состава необходимо показать наличие в нем ионов меди, сульфат-ионов и кристаллизационной воды.

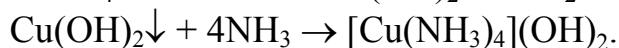
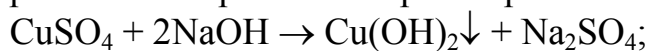
Нагревание медного купороса сопровождается отщеплением кристаллизационной воды, кристаллы постепенно теряют синюю окраску и становятся серовато-белыми. Пары воды могут быть сконденсированы в бесцветную жидкость без запаха:  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CuSO}_4 + 5\text{H}_2\text{O}$ .

При действии на водный раствор медного купороса раствором нитрата бария выпадает белый осадок, нерастворимый в азотной кислоте (качественная реакция на сульфат-ионы):  $\text{CuSO}_4 + \text{Ba}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{BaSO}_4 \downarrow$ .

При опускании цинковой или медной пластинки в раствор медного купороса образуется покрытие ярко-красного цвета (металлическая медь):



При действии щелочи на раствор медного купороса выпадает голубой осадок гидроксида меди, растворимый в водном растворе аммиака с образованием ярко-синего раствора:



При пропускании газообразного сероводорода через водный раствор медного купороса образуется черный осадок:  $\text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{CuS} \downarrow + \text{H}_2\text{SO}_4$ .

### Задание 11-3

При электролизе 9.17%-ного раствора нитрата калия массой 872 г на аноде выделилось 61 л кислорода ( $t=21^\circ\text{C}$ ,  $P=80.11$  кПа). Вычислите массовую долю нитрата калия в растворе после проведения электролиза.

#### **Решение:**

Запишем схему электролиза:

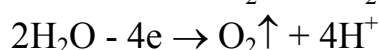
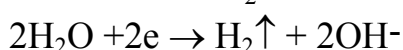
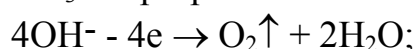
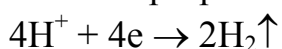


Катод (-)

Анод (+)

$\text{K}^+$  не разряжается

$\text{NO}_3^-$  не разряжается



Суммарная реакция в электролизере:  $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2 \uparrow + \text{O}_2 \uparrow$ .

При электролизе водного раствора  $\text{KNO}_3$  происходит электролитическое разложение воды, масса самой соли в растворе не изменяется, но уменьшается масса растворителя – воды, которая расходуется, и поэтому увеличивается концентрация растворенной соли. Сначала определим количество разложившейся воды, а затем пересчитаем концентрацию раствора.

Используя уравнение Менделеева-Клапейрона найдем количество вещества кислорода, выделившегося на аноде:

$$n(\text{O}_2) = PV/RT = 80.11 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot 61 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 / (8.314 (\text{Дж/моль} \cdot \text{К}) \cdot 294 \text{ К}) = 2 \text{ моль.}$$

Следовательно, электролитическому разложению подвергается 4 моль воды, т.е.  $4 \cdot 18 = 72 \text{ г H}_2\text{O}$ .

По определению массовой доли находим, что исходный раствор содержал  $0.0917 \cdot 872 = 80$  г  $\text{KNO}_3$ .

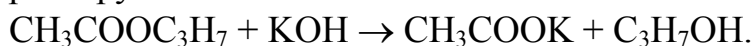
После электролиза массовая доля  $\text{KNO}_3$  составляет:  $\omega(\text{KNO}_3) = 80 / (872 - 72) = 0.10$ .

### Задание 11-4

К 20 г раствора этанола в изопропилацетате добавили 60 мл водного раствора гидроксида калия с концентрацией 6 моль/л. Полученную смесь упарили, а сухой остаток прокалили. Массовая доля калия в полученном остатке оказалась равной 58.7%. Вычислите массовую долю спирта в исходном растворе.

### **Решение:**

Водный раствор гидроксида калия реагирует с изопропилацетатом, но не реагирует с этанолом:



$n(\text{KOH}) = 0.06 \cdot 6 = 0.36$  моль – избыток, поскольку количество изопропилацетата не может превысить  $20.0 / 102 = 0.196$  моль. Пусть в водном растворе  $n(\text{CH}_3\text{COOC}_3\text{H}_7) = x$  моль, тогда после выпаривания в смеси содержалось  $x$  моль  $\text{CH}_3\text{COOK}$  и  $(0.36 - x)$  моль  $\text{KOH}$ .

При прокаливании протекает реакция:  $\text{CH}_3\text{COOK} + \text{KOH} \rightarrow \text{CH}_4 \uparrow + \text{K}_2\text{CO}_3$ .

Необходимо рассмотреть два случая:

Случай 1. В последней реакции  $\text{KOH}$  в избытке ( $0.36 - x > x$ ):

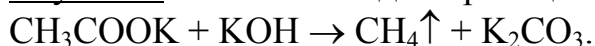
Тогда после прокаливания в смеси образуется  $x$  моль  $\text{K}_2\text{CO}_3$  ( $M = 138$  г/моль) и останется  $(0.36 - x) - x = (0.36 - 2x)$  моль  $\text{KOH}$  ( $M = 56$  г/моль). Масса этой смеси равна:  $m(\text{смеси}) = m(\text{K}_2\text{CO}_3) + m(\text{KOH}) = n(\text{K}_2\text{CO}_3) \cdot M(\text{K}_2\text{CO}_3) + n(\text{KOH}) \cdot M(\text{KOH}) = [x \cdot 138 + (0.36 - 2x) \cdot 56]$ .

В этой смеси находится  $n(\text{K}) = [2 \cdot n(\text{K}_2\text{CO}_3) + n(\text{KOH})] = [2 \cdot x + (0.36 - 2 \cdot x)]$  моль калия, масса которого равна:  $m(\text{K}) = [(2 \cdot x + (0.36 - 2 \cdot x)) \cdot 39]$  г.

Массовая доля калия в смеси равна:

$[(2 \cdot x + (0.36 - 2 \cdot x)) \cdot 39] / [x \cdot 138 + (0.36 - 2x) \cdot 56] = 0.587$ ; откуда  $x = 0.145$  моль. Масса изопропилацетата в исходном растворе равна  $0.145 \cdot 102 = 14.79$  г, а его массовая доля  $14.79 / 20 = 0.7395$ ; массовая доля спирта составляет  $\omega(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}) = 1 - 0.7395 = 0.2605$ .

Случай 2.  $\text{KOH}$  в последней реакции в недостатке ( $0.36 - x < x$ ):



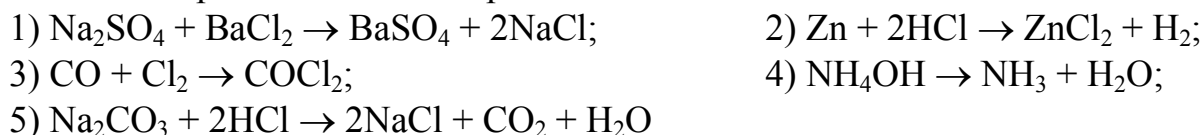
Тогда после прокаливания в смеси образуется  $(0.36 - x)$  моль  $\text{K}_2\text{CO}_3$  и останется  $(x - (0.36 - x)) = (2x - 0.36)$  моль  $\text{CH}_3\text{COOK}$  ( $M = 98$  г/моль). Массовая доля калия в смеси равна:  $[(2(0.36 - x) + (2x - 0.36)) \cdot 39] / [(0.36 - x) \cdot 138 + (2x - 0.36) \cdot 98] = 0.587$ ; откуда  $x = 0.164$  моль, что противоречит условию недостатка  $\text{KOH}$ . Этот вариант отпадает.

Ответ:  $\omega(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}) = 0.2605$  или 26.05%.

**БИБН 2014-15**  
**Очный отборочный тур**  
**11 класс**  
**Вариант 2**

**Задание 11-1**

К какому типу (присоединения, разложения, замещения, обмена) относятся приведенные ниже реакции:



**Решение:**

- 1) реакция обмена;                      2) реакция замещения; 3) реакция присоединения;  
4) реакция разложения;              5) сумма двух реакций – обмена и разложения.

**Задание 11-2**

В 50 кг какого из удобрений содержится большая масса азота: в аммиачной селитре  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  или карбамиде  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ? Ответ подтвердите соответствующими расчетами.

**Решение:**

Найдем количество вещества нитрата натрия и карбамида по формуле:  $n=m/M$ ;  $n(\text{NH}_4\text{NO}_3)=50000/80=625$  моль. В соответствии с химической формулой количество атомов азота в два раза больше количества вещества:  $n(\text{N})=2 \cdot n(\text{NH}_4\text{NO}_3)=2 \cdot 625=1250$  моль. Масса азота в 50 кг аммиачной селитры равна:  $m(\text{N})=1250 \cdot 14=17500$  г=17.5 кг.

Аналогичные расчеты проведем для карбамида.

$n(\text{CO}(\text{NH}_2)_2)=50000/60=833$  моль;  $n(\text{N})=2 \cdot n(\text{CO}(\text{NH}_2)_2)=2 \cdot 833=1666$  моль;  
 $m(\text{N})=1666 \cdot 14=23324$  г=23.324 кг.

Таким образом, больше азота содержится в 50 кг карбамида.

**Задание 11-3**

1202 л газообразного фтороводорода (20°C, 1 атм.) поглотили пропусканием через 1 л воды в стеклянном цилиндре. Полученный раствор имеет плотность 1.155 кг/л. Вычислите массовую долю фтороводорода в растворе и молярную концентрацию этого раствора. Вскоре цилиндр с кислотой потерял прозрачность. По какой причине?



### Решение:

$PV=nRT$   $n(\text{HF})=1202 \cdot 101.3 / 8.314 \cdot 293 = 50$  моль.  $m(\text{HF})=50 \cdot 20 = 1000$  г.  
 $m(\text{p-ра HF})=2000$  г.  $\omega(\text{HF})=1000/2000=0.50$  (50%).  
 $V(\text{p-ра HF})=2000/1.155=1732$  мл = 1.732 л.  $C(\text{HF})=50 \text{ моль} / 1.732 \text{ л} = 28.87$  моль/л.  
Стекло разъедается плавиковой кислотой и мутнеет:  
 $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot (\text{SiO}_2)_6 + 28\text{HF} \rightarrow \text{Na}_2\text{SiF}_6 + \text{CaSiF}_6 + 4\text{SiF}_4 \uparrow + 14\text{H}_2\text{O}$ .

### Задание 11-4

Многоатомный фенол, не имеющий заместителей в кольце, обработали избытком щелочного металла; объем выделившегося газа составил 672 мл. Такую же порцию исходного соединения сожгли, продукты сгорания пропустили через трубку с оксидом фосфора(V). Вышедший из трубки газ смешали с 896 мл водорода. Плотность полученной газовой смеси составила 1.496 г/л (все объемы измерены при нормальных условиях). Установите состав исходного соединения и предложите возможную структуру.

### Решение:

Запишем уравнение реакции горения в следующем виде:



Пусть  $n(\text{фенол})=a$  моль. Поскольку вода поглощается в трубке с  $\text{P}_2\text{O}_5$ , с водородом смешали только углекислый газ. По уравнению реакции (1):  
 $n(\text{CO}_2)=6n(\text{фенол})=6a$ .

Вычислим количество вещества добавленного водорода по формуле:

$$n(\text{H}_2)=V(\text{H}_2)/V_m; n(\text{H}_2)=0.896/22.4=0.04 \text{ моль}.$$

Средняя молярная масса полученной газовой смеси равна

$M_{\text{cp}}=\rho \cdot V_m=1.496 \cdot 22.4=33.5$  г/моль. Воспользуемся формулой для расчета средней молярной массы через количества веществ газов:

$$M_{\text{cp}}=[M(\text{H}_2) \cdot n(\text{H}_2)+M(\text{CO}_2) \cdot n(\text{CO}_2)]/[n(\text{H}_2)+n(\text{CO}_2)];$$

$$[2 \cdot 0.04+44 \cdot 6a]/[0.04+6a]=33.5; \text{откуда } a=0.02 \text{ моль}.$$

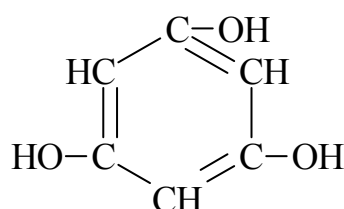
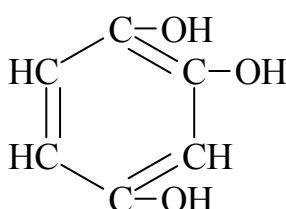
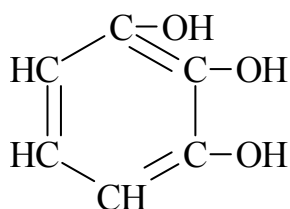
Запишем в общем виде уравнение реакции, протекающей между многоатомным фенолом и натрием:  $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_x + x\text{Na} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{6-x}\text{O}_x\text{Na}_x + 0.5x\text{H}_2 \uparrow$ . (3)

Количество вещества водорода, выделившееся в этой реакции, равно:

$$n(\text{H}_2)=0.672/22.4=0.03 \text{ моль}. \text{ В соответствии со стехиометрией реакции (3):}$$

$$n(\text{H}_2)=0.5x \cdot n(\text{фенола}); \text{ т.е. } 0.03=0.5x \cdot 0.02; \text{ откуда } x=3. \text{ Формула } \text{C}_6\text{H}_3(\text{OH})_3.$$

Фенол имеет одну из нижеприведенных структур:



**БИБН 2014-15**  
**Исследовательский тур**  
**8 класс**

**Задание 8-1**

В двух запаянных ампулах установились равновесия:  
 $A \leftrightarrow B + CO_2$  и  $C \leftrightarrow D + O_2$ , где A, B, C и D - твердые вещества. Куда сместится равновесие после вскрытия ампулы на воздухе? Ответ поясните.

**Решение:**

Содержание  $CO_2$  в атмосфере незначительно, поэтому равновесие при вскрытии первой ампулы сместится вправо, в результате улетучивания продукта реакции –  $CO_2$ . Реакция станет необратимой.

Парциальное давление кислорода в атмосфере значительно и равно 0.21 атм пропорционально содержанию кислорода в атмосфере (21% объемн.). Смещение равновесия при вскрытии второй ампулы будет определяться равновесным давлением кислорода. При  $P_{равн} > 0.21$  атм равновесие сместится вправо, при  $P_{равн} < 0.21$  атм - влево. При  $P_{равн} = 0.21$  атм равновесие не сместится.

**Задание 8-2**

Вещества АБ, ВГ и ДЕ являются представителями важнейших классов неорганических соединений. Все частицы А - Е содержат по 10 электронов. Запишите химические формулы частиц А - Е и соединений АБ, ВГ и ДЕ. Запишите электронные формулы частиц А – Е.

Одинаковы ли радиусы частиц? Если нет, то какая частица имеет наибольший радиус, а какая наименьший?

Что происходит при действии воды на вещества АБ, ВГ и ДЕ? Напишите необходимые уравнения реакций, укажите условия их протекания.

**Решение:**

1). Частицы, содержащие 10 электронов - атом Ne, ионы  $Na^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $F^-$ ,  $O^{2-}$ ,  $N^{3-}$ . Соединений неона не получено. А – Na; Б – F; В – Mg; Г – O; Д – Al; Е – N.

2). Электронные формулы ионов  $Na^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $F^-$ ,  $O^{2-}$  и  $N^{3-}$  одинаковые -  $1s^2 2s^2 2p^6$

3). Радиусы частиц с одинаковым электронным строением с ростом заряда ядра уменьшаются. Наибольший радиус имеет ион  $N^{3-}$ , наименьший -  $Al^{3+}$ .

4). NaF в воде растворяется, но с ней не реагирует.  $MgO + H_2O \rightarrow Mg(OH)_2$  (при комнатной температуре очень медленно, быстро идет при кипячении)

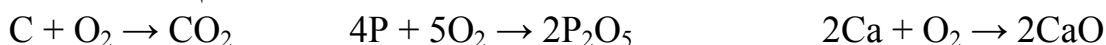
$AlN + 3H_2O \rightarrow Al(OH)_3 + NH_3$

**Задание 8-3**

Смесь порошков угля 4.8 г, фосфора 6.2 г и кальция 20 г прокалили в герметичном сосуде массой 200 г, содержащем 32 г кислорода. По окончании экзотермической реакции сосуд охладили до комнатной температуры и взвесили (m). Затем откачали газообразные O<sub>2</sub> и CO<sub>2</sub> и сосуд вновь взвесили (251г). Запишите уравнения образования оксидов и возможных реакций между ними. Вычислите количества вещества твердых продуктов реакций, значение m.

### Решение:

Найдем количество исходных веществ.  $n(\text{C})=4.8/12=0.4$  моль.  $n(\text{P})=6.2/31=0.2$  моль.  $n(\text{Ca})=20/40=0.5$  моль.  $n(\text{O}_2)=32/32=1$  моль. Общая масса сосуда с простыми веществами 263г.



Остаток кислорода составляет  $1-0.4-0.25-0.25=0.1$  моль. Масса его 3.2 г.

Найдем количество образовавшихся оксидов.  $n(\text{CO}_2)=n(\text{C})=0.4$  моль.  $n(\text{P}_2\text{O}_5)=0.5n(\text{P})=0.1$  моль.  $n(\text{CaO})=n(\text{Ca})=0.5$  моль.

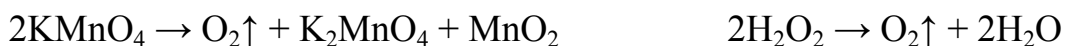
После реакции общая масса сосуда с веществами не изменится,  $m=263$ г по закону сохранения массы.  $\text{CaO} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 \quad 3\text{CaO} + \text{P}_2\text{O}_5 \rightarrow \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$   
После удаления газов масса сосуда снизилась с 263г до 251г. Понижение составило 12г и включает весь непрореагировавший кислород 3.2 г и остальные 8.8г - часть образовавшегося углекислого газа (0.2 моль).

Найдем количество образовавшихся солей.  $n[\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2]=n(\text{P}_2\text{O}_5)=0.1$  моль. При этом израсходовалось 0.3 моль CaO. Оставшиеся 0.2 моль CaO прореагировали с 0.2 моль CO<sub>2</sub> с образованием 0.2 моль CaCO<sub>3</sub>.

### Задание 8-4

Вычислите массу твердого перманганата калия, нагревание которого может обеспечить заполнение 10 медицинских кислородных подушек, вмещающих по 35.2г кислорода каждая. Найдите объем 10-молярного водного раствора пероксида водорода, достаточный для заполнения 10 подушек. Напишите уравнения упомянутых реакций. Каков объем одной подушки при нормальных условиях?

### Решение:



Определим количество кислорода в 10 подушках, содержащих 352г кислорода:

$n(\text{O}_2)=352/32=11$  моль. Тогда  $n(\text{KMnO}_4)=2n(\text{O}_2)=22$  моль;

$m(\text{KMnO}_4)=158 \cdot 22=3476$ г. Определим количество пероксида водорода: в 10

подушках:  $n(\text{H}_2\text{O}_2)=2n(\text{O}_2)=22$  моль;  $V(\text{раствора H}_2\text{O}_2)=22/10=2.2$ л. Объем

подушки равен:  $V(\text{O}_2)=1.1 \cdot 22.4=24.64$ л.

**БИБН 2014-15**  
**Исследовательский тур**  
**9 класс**

**Задание 9-1**

К смеси SO<sub>2</sub> и CO<sub>2</sub>, соотношение объемов которых 1:4, добавили неизвестный газ. Его объем был таким же, что и объем начальной смеси. После добавления этого газа средняя молярная масса смеси уменьшилась на 10 ± 0.2 г/моль.

1. Определите интервал, в котором находится значение молярной массы неизвестного газа.
2. Приведите не менее двух газов, отвечающих условию задачи.
3. Приведите уравнения реакций каждого из предложенных вами газов с O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> и укажите условия проведения этих реакций.

**Решение:**

- 1) Молярная масса исходной смеси:

$$M_{\text{ср1}} = \varphi(\text{CO}_2) \cdot M(\text{CO}_2) + \varphi(\text{SO}_2) \cdot M(\text{SO}_2)$$

$$M_{\text{ср1}} = 0.8 \cdot 44 + 0.2 \cdot 64 = 48 \text{ г/моль}$$

После разбавления молярная масса смеси изменяется в интервале от 48-10.2=37.8 г/моль до 48-9.8=38.2 г/моль.

При этом молярная масса определяется следующим соотношением:

$$M_{\text{ср2}} = \varphi(\text{CO}_2) \cdot M(\text{CO}_2) + \varphi(\text{SO}_2) \cdot M(\text{SO}_2) + \varphi(\text{X}) \cdot M(\text{X})$$

$$M_{\text{ср2}} = 0.4 \cdot 44 + 0.1 \cdot 64 + 0.5 \cdot M(\text{X}) = 24 + 0.5 \cdot M(\text{X})$$

Из этого соотношения найдем, в каком интервале изменяется молярная масса неизвестного газа:

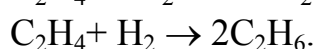
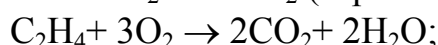
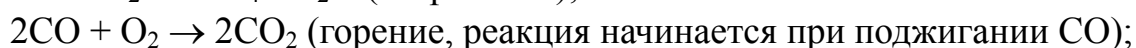
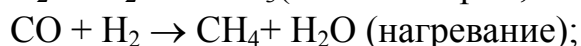
$$(38.2 - 24) / 0.5 = 28.4 \text{ г/моль}$$

$$(37.8 - 24) / 0.5 = 27.6 \text{ г/моль}$$

Таким образом, молярная масса неизвестного газа изменяется в интервале от 27.6 г/моль до 28.4 г/моль.

- 2) Пример газов: азот N<sub>2</sub>, угарный газ CO, этилен C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>

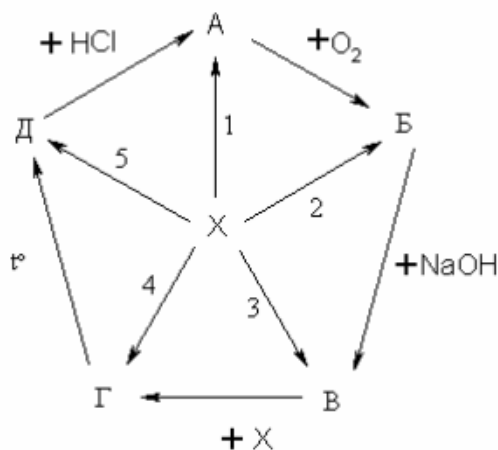
- 3) N<sub>2</sub> + O<sub>2</sub> = 2NO (катализатор Pt какой-либо другой, нагревание или электрический разряд);



**Задание 9-2**

Молодой алхимик Альтер исследовал химические свойства простого

вещества X желтого цвета. Его целью было создание уникального метода получения любого вещества, которое содержит элемент X, на основе пяти соединений, которые также можно было бы взаимно превращать. После десятков лет, проведенных над решением этой задачи, опытному, но уже старому алхимику таки удалось систематизировать свои работы. Но Альтер желал, чтобы его дело было продолжено и не рассказал своим ученикам об этих соединениях, а вместо этого дал им схему, на которой были приведены взаимопревращения и некоторые сведения об этих веществах.



Известно, что вещества А, В и Д – бинарные. Массовая доля кислорода в соединении В составляет 50%. Количество атомов элемента X в формульной единице соединения Д в 2.5 раза больше количества атомов другого элемента, а массовая доля X в этом соединении составляет 77.7%. Вещество Г является солью, массовая доля кислорода в котором равна 30.38%. Каждое из преобразований 1-5 происходит в одну стадию.

Расшифруйте вещества X, А, Б, В, Г и Д.

Предложите вещества для превращений 1-5.

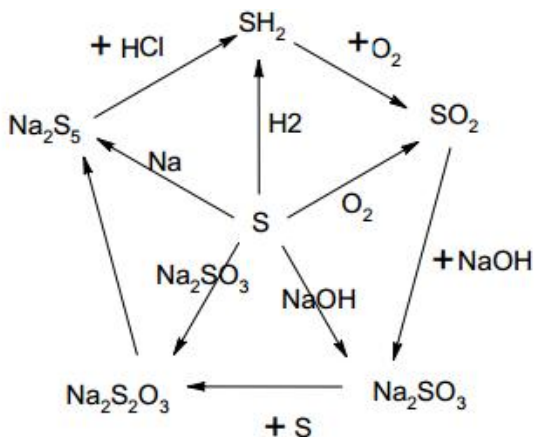
Напишите уравнения всех реакций, о которых идет речь в задаче.

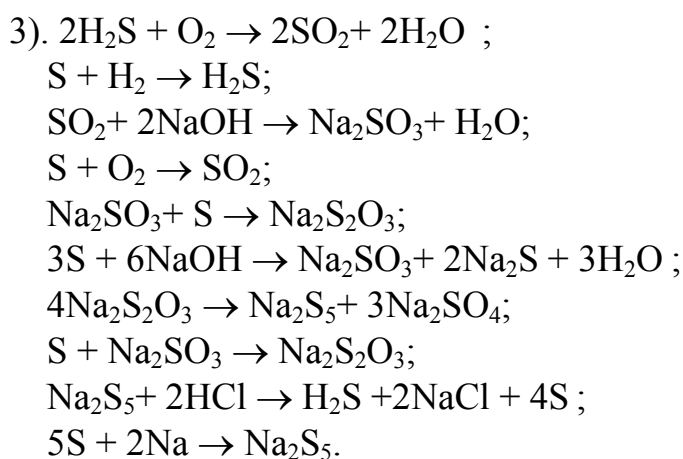
### Решение:

1). X – S; А – H<sub>2</sub>S; Б – SO<sub>2</sub>; В – Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>; Г – Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; Д – Na<sub>2</sub>S<sub>5</sub>

2).

- 1: H<sub>2</sub>
- 2: O<sub>2</sub>
- 3: NaOH
- 4: Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>
- 5: Na





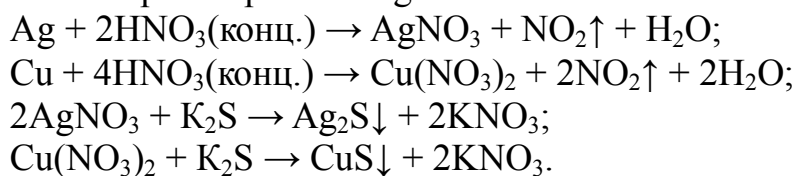
### Задание 9-3

Драгоценную монету массой 16.00г не удалось растворить в соляной кислоте. В царской водке она растворилась лишь частично. Но в концентрированной азотной кислоте при нагревании монета растворилась целиком с образованием раствора синего цвета и выделением газа темной окраски. Полученный раствор перелили в мерную колбу, довели водой объем ровно до 1 л. Затем отобрали 200мл полученного раствора и к нему прибавляли сульфид калия до прекращения выпадения черного осадка массой 3.759г.

Определите качественный и количественный состав монеты, которая является сплавом 2 металлов. Атомные массы металлов берите с точностью до десятых после запятой. Что называется царской водкой? Почему один из металлов в ней не растворяется? Составьте уравнения реакций растворения металлов в азотной кислоте, осаждения сульфидов металлов.

### **Решение:**

Царская водка — смесь концентрированных  $\text{HNO}_3$  и  $\text{HCl}$ . Синяя окраска раствора свидетельствует о наличии в монете меди. Медь растворяется в царской водке. Второй металл не растворяется в царской водке, это — серебро, которое предохраняется от окисления за счет образующейся поверхностной пленки не растворимого  $\text{AgCl}$ .



Примем за  $x$  массовую долю  $\text{Cu}$  и за  $(1-x)$  массовую долю  $\text{Ag}$  в сплаве. Тогда количества  $\text{Cu}$  и  $\text{Ag}$  будут:  $n(\text{Cu})=16x/63.5$  моль.  $n(\text{Ag})=16(1-x)/108$  моль.

Найдем количество и массы сульфидов металлов с учетом, что лишь 20% раствора комплексов взяли на реакцию с ацетиленом:

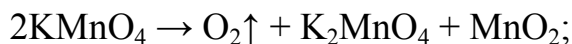
$$\begin{aligned}
n(\text{CuS}) &= 0.2 \cdot n(\text{Cu}) = 3.2x/63.5 = 0.0504x \text{ моль}; \quad m(\text{CuS}) = 95.5 \cdot n(\text{CuS}) = 4.813x \text{ г.} \\
n(\text{Ag}_2\text{S}) &= 0.2 \cdot 0.5 \cdot n(\text{Ag}) = 1.6(1-x)/108 \text{ моль}; \quad m(\text{Ag}_2\text{S}) = 248 \cdot n(\text{Ag}_2\text{S}) = 3.674(1-x) \text{ г.} \\
m(\text{CuS}) + m(\text{Ag}_2\text{S}) &= 3.759 = 4.813x + 3.674(1-x) = 3.674 + 1.139x \quad 0.085 = 1.139x
\end{aligned}$$

Отсюда находим  $x=0.075$ . Массовая доля меди в монете 7.5%, массовая доля серебра в монете 92.5%.

### Задание 9-3

Вычислите массу твердого перманганата калия, нагревание которого может обеспечить заполнение 10 медицинских кислородных подушек объемом 24.64л каждая (н.у.). Найдите объем 10-молярного водного раствора пероксида водорода, достаточный для заполнения 20 подушек. Определите, сколько подушек можно заполнить кислородом, если соединить вычисленные количества перманганата калия и пероксида водорода друг с другом и перемешивать без нагревания? Напишите уравнения упомянутых реакций.

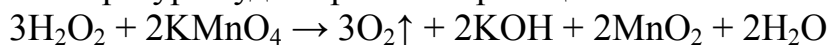
### **Решение:**



Определим количество кислорода в 10 подушках (246.4л):  
 $n(\text{O}_2)=246.4/22.4=11$  моль. Тогда  $n(\text{KMnO}_4)=2n(\text{O}_2)=22$  моль;  
 $m(\text{KMnO}_4)=158\cdot 22=3476\text{г}$ .

Определим количество пероксида водорода: в 20 подушках  $n(\text{O}_2)=22$  моль;  
 $n(\text{H}_2\text{O}_2)=2n(\text{O}_2)=44$  моль;  $V(\text{раствора H}_2\text{O}_2)=44/10=4.4\text{л}$ .

При перемешивании 44 моль  $\text{H}_2\text{O}_2$  и 22 моль  $\text{KMnO}_4$  при комнатной температуре будет протекать реакция:



Перманганат калия окажется в недостатке.  $n(\text{O}_2)=1.5n(\text{KMnO}_4)=33$  моль.

$V(\text{O}_2)=33\cdot 22.4=739.2\text{л}$ , этого хватит для заполнения  $739.2/24.6=30.05$  подушек.

**БИБН 2014-15**  
**Исследовательский тур**  
**10 класс**

**Задание 10-1**

Римский историк Плиний Старший в своих произведениях упоминал об использовании газа для уничтожения инфекции и насекомых. В поэме Гомера «Одиссея» рассказывается, как Одиссей, король Итаки, один из героев Троянской войны, окуривал этим газом помещение, чтобы побороть врагов, которые завладели его домом и хотели жениться на его супруге Пенелопе, пока он путешествовал.

Бинарный газ А при окислении раствором азотной кислоты превращается в кислоту Б. Реакция проходит с выделением газа. При растворении некоторого неактивного металла М в концентрированной кислоте Б образуется газ А, а растворение в концентрированной азотной кислоте приводит к образованию газа В. Молекулы газов А и В имеют одинаковое геометрическое строение, но лишь один из них способен димеризоваться. Оба газа растворимы в растворе щелочи. При взаимодействии газа А с кипящей водой образуется кислота Б и желтое твердое вещество Г. Присутствие в воздухе газа А вызывает кислотные дожди.

Определите неизвестные вещества А-Г и возможный металл М. Может ли М быть железом? Объясните ответ.

Напишите уравнения реакций.

Какой из двух газов (А или В) способен димеризоваться? Объясните почему.

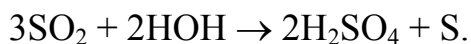
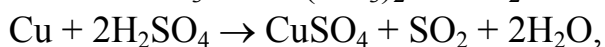
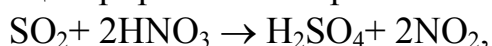
Объясните, почему А является причиной кислотных дождей.

Напишите уравнение окислительно-восстановительной реакции газа А с  $\text{KMnO}_4$  в водном растворе (среда нейтральная).

Напишите уравнения взаимодействия очень разбавленного раствора азотной кислоты с металлом М.

**Решение:**

А –  $\text{SO}_2$ , Б –  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , В –  $\text{NO}_2$ , Г – S, М – неактивный металл, например, Cu. Металл М не может быть железом, поскольку железо пассивируется концентрированной серной кислотой.

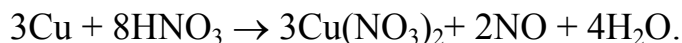
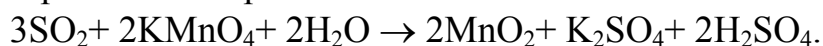


К димеризации способен  $\text{NO}_2$ , поскольку его молекула имеет неспаренный электрон.

Кислотный дождь – это вид осадков с пониженным значением pH. Сернистый



газ при окислении образует  $\text{SO}_3$ , что в присутствии влаги дает серную кислоту, которая снижает pH.



### Задание 10-2

Довольно распространенный бинарный газ А при определенных условиях взаимодействует с хлором, образуя несколько продуктов. Продукты реакции направили на ректификационную колонну и получили чистые жидкости (в порядке уменьшения температуры кипения) в таком количестве: 5 кг Б, 15 кг В, 25 кг Г. Оставшуюся газовую смесь пропустили через 500 л воды, затем направили на ловушку с сухим льдом, где конденсировалась определенная жидкость Д, а масса ловушки выросла на 10 кг. В конце остался исходный газ в количестве 10% от первоначального.

Определите зашифрованные вещества. Приведите уравнения реакций.

Рассчитайте начальный объем газа (н.у.).

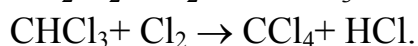
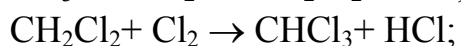
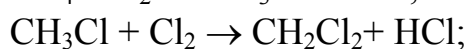
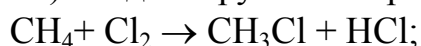
При тщательном исследовании в смеси можно обнаружить следы других продуктов, среди них такого вещества, которое образуется при взаимодействии А с хлором, но хлора не содержит.

Назовите это вещество, приведите механизм его образования.

Объясните, почему его количество мало.

### **Решение:**

1). Газ А – метан. Метан взаимодействует с хлором при облучении с образованием ряда соединений замещения водорода на хлор по свободнорадикальному цепному механизму. Соответственно, Б, В, Г, Д – это тетрахлорметан, хлороформ, дихлорметан, хлорметан. В ловушке (температура  $78^\circ\text{C}$ ) конденсируется хлорметан (т. кип.  $-24^\circ\text{C}$ ).

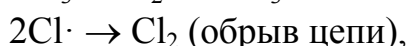
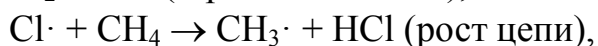


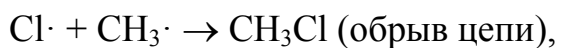
2) По уравнениям реакций имеем:

$$n(\text{CH}_4) = (10/50.5 + 25/85 + 15/119.5 + 5/154) \text{ кмоль} = 0.65 \text{ кмоль},$$

что составляет 90% от начального количества метана. Следовательно, объем метана  $(22.4 \cdot 0.65 / 0.9) \text{ м}^3 = 16.2 \text{ м}^3$ .

3). Этан. Механизм реакции:





Концентрация радикальных частиц очень мала, вероятность встречи двух  $\text{CH}_3$ -радикалов еще меньше, поэтому на процесс хлорирования и на состав продуктов наличие этана не влияет.

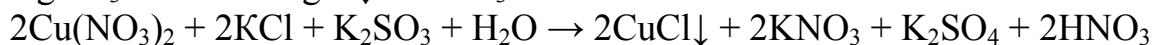
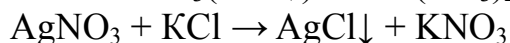
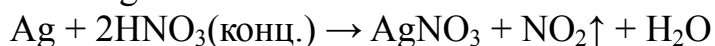
### Задание 10-3

Драгоценную монету массой 16.00г не удалось растворить в соляной кислоте. В царской водке она растворилась лишь частично. Но в концентрированной азотной кислоте при нагревании монета растворилась целиком с образованием раствора синего цвета и выделением газа темной окраски. К раствору прибавили избыток хлорида калия, в результате чего выпал белый осадок хлорида металла А, а окраска раствора осталась прежней. Затем к раствору добавляли сульфит калия до тех пор, пока не прекратилась окислительно-восстановительная реакция и выпадение белого осадка хлорида металла Б, при этом раствор обесцветился. Далее осадки хлоридов двух металлов смешали, растворили в избытке нашатырного спирта ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ). Полученный бесцветный прозрачный раствор перелили в мерную колбу, довели водой объем ровно до 1 л. Затем отобрали 200мл полученного раствора и через него пропускали ацетилен до прекращения выпадения окрашенного осадка, представляющего смесь ацетиленидов двух металлов массой 3.5747г.

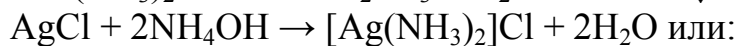
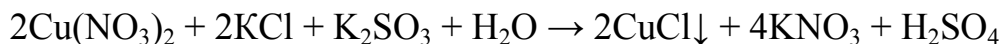
Определите качественный и количественный состав монеты, которая является сплавом 2 металлов. Атомные массы металлов берите с точностью до десятых после запятой. Что называется царской водкой? Почему один из металлов в ней не растворяется? Составьте уравнения реакций растворения металлов в азотной кислоте, осаждения хлоридов металлов, растворения хлоридов, осаждения ацетиленидов металлов.

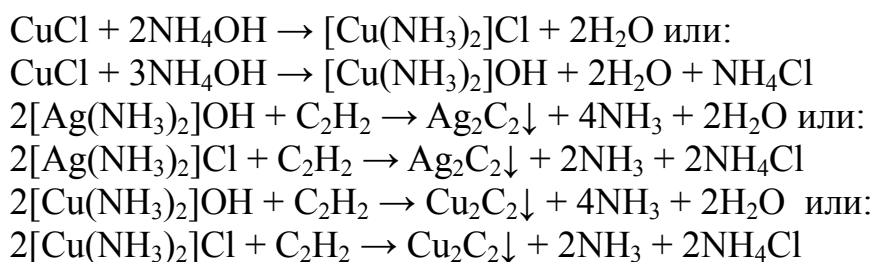
### **Решение:**

Царская водка – смесь концентрированных  $\text{HNO}_3$  и  $\text{HCl}$ . Синяя окраска раствора свидетельствует о наличии в монете меди. Медь растворяется в царской водке. Второй металл не растворяется в царской водке, это — серебро, которое предохраняется от окисления за счет образующейся поверхностной пленки  $\text{AgCl}$ .



или:





Примем за  $x$  массовую долю  $\text{Cu}$  и за  $(1-x)$  массовую долю  $\text{Ag}$  в сплаве. Тогда количества  $\text{Cu}$  и  $\text{Ag}$  будут:  $n(\text{Cu})=16x/63.5$  моль.  $n(\text{Ag})=16(1-x)/108$  моль.

Найдем количество и массы ацетиленидов металлов с учетом, что лишь 20% раствора комплексов взяли на реакцию с ацетиленом:

$$n(\text{Cu}_2\text{C}_2)=0.2 \cdot 0.5 \cdot n(\text{Cu})=1.6x/63.5=0.0252x \text{ моль;}$$

$$m(\text{Cu}_2\text{C}_2)=151 \cdot n(\text{Cu}_2\text{C}_2)=3.805x \text{ г.}$$

$$n(\text{Ag}_2\text{C}_2)=0.2 \cdot 0.5 \cdot n(\text{Ag})=1.6(1-x)/108 \text{ моль; } m(\text{Ag}_2\text{C}_2)=240 \cdot n(\text{Ag}_2\text{C}_2)=3.556(1-x) \text{ г.}$$

$$m(\text{Cu}_2\text{C}_2) + m(\text{Ag}_2\text{C}_2) = 3.5747 = 3.805x + 3.556(1-x) \quad 0.0187=0.249x$$

Отсюда находим  $x=0.075$ . Массовая доля меди в монете 7.5%, массовая доля серебра в монете 92.5%.

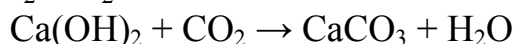
### Задание 10-4

При сжигании 33 мл жидкого вещества А с плотностью 0.8 г/мл образуются 32.4г воды и газообразный продукт, способный при пропускании через известковую воду выделить 150г осадка. Вещество А не может окисляться перманганатом калия без разрушения углеродного скелета. Оно при нагревании с серной кислотой образует два изомерных углеводорода Б и Б1. Основной изомер Б дегидрируется на Pt катализаторе до соединения В, которое в результате полимеризации приводит к высокомолекулярному продукту Г. Побочный изомер Б1 при нагревании с газообразным  $\text{HBr}$  в присутствии пероксидов дает галогенуглеводород Д, который при действии натрия превращается в углеводород Е, имеющий плотность паров по воздуху 4.897.

Составьте структурные формулы указанных соединений и назовите их, напишите уравнения реакций.

### **Решение:**

Вещество А может содержать С, Н, О, так как при горении дает только  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ .



Найдем массу сгоревшей жидкости А:

$$m(\text{A})=33 \cdot 0.8=26.4 \text{ г.}$$

Найдем количество  $\text{CO}_2$ :

$$n(\text{CO}_2)=n(\text{CaCO}_3)=150/100=1.5 \text{ моль.}$$

Найдем массу углерода в веществе А:  $n(\text{C})=1.5$  моль.  $m(\text{C})=1.5 \cdot 12=18 \text{ г.}$

Найдем количество  $\text{H}_2\text{O}$ :

$$n(\text{H}_2\text{O})=32.4/18=1.8 \text{ моль.}$$

Найдем массу водорода в веществе А:  $n(\text{H})=3.6$  моль.  $m(\text{H})=1 \cdot 3.6=3.6$  г.

Суммарная масса углерода и водорода составляет:  $18+3.6=21.6$  г.

Остальная масса приходится на кислород:  $m(\text{O})=26.4-21.6=4.8$  г.

$n(\text{O})=4.8/16=0.3$  моль.

Простейшая формула вещества А:  $n(\text{C}):n(\text{H}):n(\text{O}) = 1.5:3.6:0.3 = 5:12:1$   $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$

Это предельный третичный спирт, так как не окисляется перманганатом калия без разрушения углеродного скелета и дегидратируется при нагревании с серной кислотой.

$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}(\text{CH}_3)_2\text{OH} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CH}_3\text{CH}=\text{C}(\text{CH}_3)_2$  2-Метилбутен-2, основной изомер (Б)

$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}(\text{CH}_3)_2\text{OH} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CH}_2$  2-Метилбутен-1, побочный изомер (Б1)

$\text{CH}_3\text{CH}=\text{C}(\text{CH}_3)_2 \rightarrow \text{H}_2 + \text{CH}_2=\text{CHC}(\text{CH}_3)=\text{CH}_2$  (на Pt) Изопрен (В)

$n\text{CH}_2=\text{CHC}(\text{CH}_3)=\text{CH}_2 \rightarrow (-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{C}(\text{CH}_3)-\text{CH}_2-)_n$  Полиизопрен (Г)

$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CH}_2 + \text{HBr} \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CH}_2\text{Br}$  1-Бром-2-метилбутан (Д) (реакция в присутствии пероксидов, против правила Марковникова)

$2\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CH}_2\text{Br} + 2\text{Na} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{C}_2\text{H}_5 + 2\text{NaBr}$  3,6-Диметилоктан (Е)

Молярная масса диметилоктана должна составлять  $M(\text{C}_{10}\text{H}_{22})=142$ , это подтверждается известной плотностью по воздуху  $M=29 \cdot 4.897=142$  г/моль.

$\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O} + 15\text{O}_2 \rightarrow 5\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ .

**БИБН 2014-15**  
**Исследовательский тур**  
**11 класс**

**Задание 11-1**

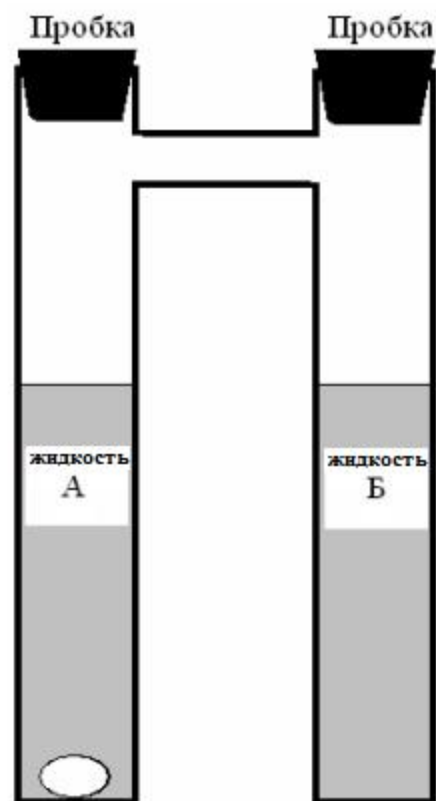
Факир поставил на стол прибор, состоящий из двух стеклянных цилиндров, соединенных трубкой. В левом цилиндре содержится жидкость А, в правом - жидкость Б. Уровень жидкости ниже трубки, соединяющей цилиндры. В левый цилиндр факир бросил белый камень массой  $m$ , который он подобрал с земли, мгновенно закрыл пробку и закрыл прибор черным платком на несколько минут. Когда факир снял платок, камень переместился в правый цилиндр, но теперь он находится в раздробленном виде! Если аккуратно выделить белое вещество из правого цилиндра, окажется, что его масса точно равна массе камешка, который исчез в левом цилиндре.

*Подсказка:* Камень, который использовал факир, состоит из одного чистого вещества Х. Если такой же камушек прокалить на воздухе при  $1000\text{ }^\circ\text{C}$  и бросить после этого в чистую воду, образуется раствор, который налит в один из цилиндров. А в другой цилиндр налит раствор «духа солей», который можно получить при взаимодействии купоросного масла (массовая доля  $\omega(\text{O}) = 65.25\%$ ) с кухонной солью. Каждая из жидкостей А и Б является водным раствором, содержащим только одно растворенное вещество (разумеется, в растворах А и Б эти вещества разные).

Приведите формулу соединения Х и состав жидкостей в каждом из двух цилиндров.

Напишите уравнения химических реакций, описанных в условии задачи (включая подсказку)

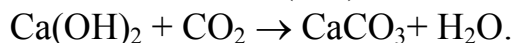
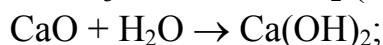
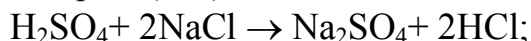
Выведите формулу, связывающую минимальную массу растворенного в жидкости Б вещества, необходимую, чтобы фокус удался с массой камешка  $m$ . Как изменится результат фокуса, если массу, которую вы рассчитали в п.3, уменьшить вдвое? Ответ объясните.



**Решение:**

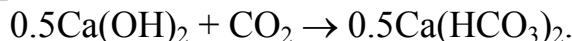
Купоросное масло –  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . «Дух солей» –  $\text{HCl}$ . Вещество Х –  $\text{CaCO}_3$  (подходят также  $\text{SrCO}_3$ ,  $\text{BaCO}_3$ ). Жидкость А – раствор  $\text{HCl}$ , жидкость Б –

раствор  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .



$$C_{\min}(\text{Ca}(\text{OH})_2) = n(\text{CaCO}_3) \cdot M(\text{Ca}(\text{OH})_2) = 74 \cdot m(\text{CaCO}_3) / 100 = 0.74 \cdot m(\text{CaCO}_3).$$

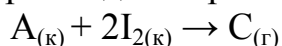
При меньшем количестве  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  осадок  $\text{CaCO}_3$  не образуется:



Уменьшение массы  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  в два раза приведет к полному растворению осадка (который будет образовываться сначала) – зрители увидят только цилиндры с прозрачными жидкостями.

### Задание 11-2

Использование транспортных реакций является очень эффективным методом получения чистых металлов. Для получения чистого вещества по методу Ван Аркеля-де Бура 8.50 г переходного металла А (массовая доля примесей 5-10%) при нагревании реагирует с твердым йодом (см. рис.). Продукт реакции С испаряется и разлагается на раскаленной спирали на исходные вещества. При этом чистый металл осаждается на проволоке, а газообразный йод вступает в реакцию с новыми порциями неочищенного металла. В результате этого процесса нереагирующие с йодом примеси остаются на дне сосуда, а чистый металл конденсируется на проволоке. При прохождении реакции



выделилось 46.638 кДж теплоты (стандартные условия).

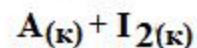
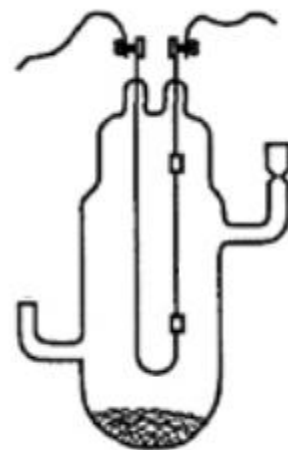
Справочные данные:  $\Delta_f H^0_{298}(\text{C}(\text{г})) = -516.2 \text{ Дж/г}$ ,

$\Delta_f H^0_{298}(\text{C}(\text{к})) = -386.6 \text{ кДж/моль}$ .

При расчетах используйте значения молярных масс атомов с точностью до десятых.

Определите зашифрованные вещества.

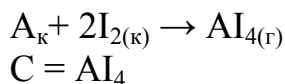
Определите массовую долю примесей.



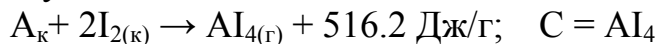
### **Решение:**

1). Метод Ван Аркеля-де Бура основан на реакции йодирования. Кристаллический йод и переходный металл А помещают на дно реакционного сосуда. При нагревании протекает указанная в условии задачи реакция и образуется продукт С (или  $\text{AI}_4$ ). Образующееся соединение С достигает проволоки, нагретой до более высокой температуры, и разлагается.

Для наглядности перепишем реакцию в следующем виде:



Поскольку энтальпии образования простых веществ в кристаллическом состоянии равны 0, то термохимическое уравнение можно записать в следующем виде:



Найдем массу йодида переходного металла, выделившегося в результате реакции:  $46638 \text{ Дж} / 516.2 \text{ Дж/моль} = 90.3 \text{ г}$

С учетом этого молярная масса переходного металла находится в интервале (47.0-49.8) г/моль. Этот интервал можно найти из следующих соображений.

Масса исходного металла, взятого для очистки, варьирует в интервале от  $8.50 \cdot 0.90 = 7.65 \text{ г}$  до  $8.50 \cdot 0.95 = 8.075 \text{ г}$ .

Основываясь на этих цифрах и уравнении реакции можно записать следующие соотношения:

$$(7.65 \div 8.075) / M(A) = 90.3 / [M(A) + 4M(I)]$$

$$(7.65 \div 8.075) / M(A) = 90.3 / [M(A) + 507.6]$$

Отсюда  $M(A) = (47.0 \div 49.8) \text{ г/моль}$ . В этот интервал молярных масс попадает только один металл – титан Ti, который имеет молярную массу 47.9 г/моль.

Таким образом,  $A = Ti$ ,  $C = TiI_4$ .

$$2) n(Ti) = n(TiI_4) = m(TiI_4) / M(TiI_4) = 90.3 / 555.5 = 0.1626 \text{ моль};$$

$$m(Ti) = 0.1626 \text{ моль} \cdot 47.9 \text{ г/моль} = 7.79 \text{ г} \quad \omega(Ti) = 7.79 / 8.50 = 0.9164 \text{ или } 91.64\%$$

Массовая доля примесей 8.36 %.

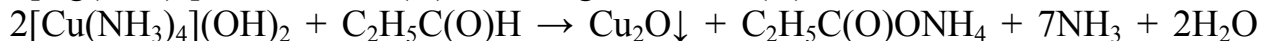
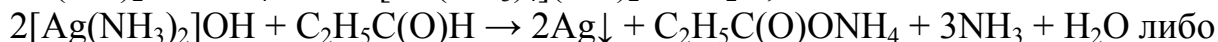
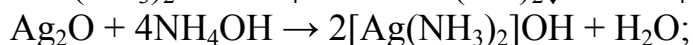
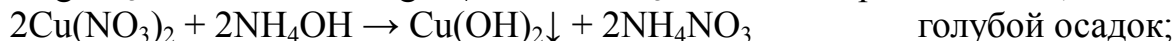
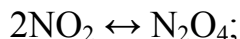
### Задание 11-3

Драгоценную монету не удалось растворить в соляной кислоте. В царской водке она растворилась лишь частично. Но в концентрированной азотной кислоте при нагревании монета растворилась целиком с образованием раствора синего цвета, при этом выделился бурый газ, который имеет темную окраску и при охлаждении обесцвечивался. К раствору постепенно приливали нашатырный спирт (NH<sub>4</sub>OH) и наблюдали вначале обесцвечивание раствора и выпадение окрашенных осадков, а затем растворение осадков в избытке NH<sub>4</sub>OH с образованием прозрачного темно-синего раствора. Его перелили в мерную колбу и довели объем ровно до 1 л. Затем отобрали 200 мл полученного раствора, добавили 7.442 мл пропионового альдегида и нагрели. При этом ровно 15% альдегида превратилось в кислоту.

Определите качественный и количественный состав монеты, которая является сплавом 2 металлов и весит 16.00 г. Составьте уравнения реакций, протекающих в ходе растворения металлов в азотной кислоте, выпадения и растворения осадков при участии NH<sub>4</sub>OH, окисления альдегида. Плотность альдегида 0.81 г/мл. Атомные массы металлов берите с точностью до десятых после запятой.

### Решение:

Синяя окраска раствора свидетельствует о наличии в монете меди. Медь растворяется в царской водке. Второй металл не растворяется в царской водке, это – серебро, которое предохраняется от окисления за счет образующейся поверхностной пленки AgCl. Обесцвечивание бурого газа NO<sub>2</sub> при охлаждении свидетельствует о димеризации его в бесцветный N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>.



либо



Найдем объем, массу, количество прореагировавшего пропаналя:

$$V(\text{C}_3\text{H}_6\text{O}) = 7.442 \cdot 0.15 = 1.1163 \text{ мл.}$$

$$m(\text{C}_3\text{H}_6\text{O}) = 1.1163 \cdot 0.81 = 0.9042 \text{ г. } n(\text{C}_3\text{H}_6\text{O}) = 0.9042 / 58 = 0.01559 \text{ моль.}$$

Примем за  $x$  массовую долю Cu и за  $(1-x)$  массовую долю Ag в сплаве.

Тогда количества Cu и Ag будут:  $n(\text{Cu}) = 16x / 63.5$  моль.  $n(\text{Ag}) = (16 - 16x) / 108$  моль.

Найдем количество пропаналя, которое может прореагировать с аммиачными комплексами меди  $n_1(\text{C}_3\text{H}_6\text{O})$  и серебра  $n_2(\text{C}_3\text{H}_6\text{O})$  с учетом, что лишь 20% раствора комплексов взяли на реакцию окисления альдегида:

$$n_1(\text{C}_3\text{H}_6\text{O}) = 0.5 \cdot 0.2 \cdot n(\text{Cu}) = 1.6x / 63.5 \text{ моль. } n_2(\text{C}_3\text{H}_6\text{O}) = 0.5 \cdot 0.2 \cdot n(\text{Ag}) = (1.6 - 1.6x) / 108 \text{ моль.}$$

$$n(\text{C}_3\text{H}_6\text{O}) = n_1 + n_2 \quad 1.6x / 63.5 + (1.6 - 1.6x) / 108 = 0.01559$$

Отсюда находим  $x = 0.075$ . Массовая доля меди в монете 7.5%, а серебра - 92.5%.

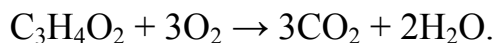
### Задание 11-4

При сжигании 18 г жидкого вещества А образуются 9 г воды и 16.8 л CO<sub>2</sub> (н.у.). Соединение А взаимодействует с HBr с образованием жидкого вещества Б, которое при нагревании водным 10%-ным раствором NaOH приводит к веществу В, имеющему  $M_r$  не более 200. Продукт В при комнатной температуре легко реагирует с водным раствором HBr, давая вещество Г. Нагревание индивидуального вещества Г приводит к его термической дегидратации с выделением вещества А. Следует отметить, что кроме основного вещества Б образуется в малых количествах его изомер Б1, который в аналогичных описанным выше операциях дает В1 (изомер В), Г1 (изомер Г), а при



термической дегидратации твердый продукт Д. Напишите структурные формулы и назовите все указанные органические вещества А-Д, составьте уравнения реакций.

### Решение:



Вещество А может содержать С,Н,О, так как при горении дает только  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ .

Найдем количество  $\text{CO}_2$ :  $n(\text{CO}_2) = 16.8/22.4 = 0.75$  моль.

Найдем массу углерода в веществе А:  $n(\text{C}) = 0.75$  моль.  $m(\text{C}) = 0.75 * 12 = 9$  г.

Найдем количество  $\text{H}_2\text{O}$ :  $n(\text{H}_2\text{O}) = 9/18 = 0.5$  моль.

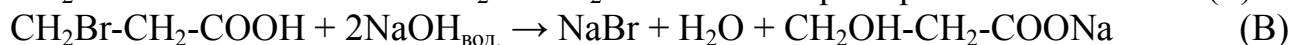
Найдем массу водорода в веществе А:  $n(\text{H}) = 1$  моль.  $m(\text{H}) = 1$  г.

Суммарная масса углерода и водорода составляет:  $9 + 1 = 10$  г.

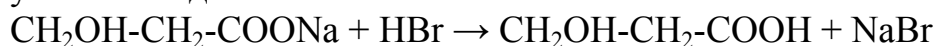
Остальная масса приходится на кислород:  $m(\text{O}) = 18 - 10 = 8$  г.  $n(\text{O}) = 8/16 = 0.5$  моль.

Простейшая формула вещества А:  $n(\text{C}):n(\text{H}):n(\text{O}) = 0.75:1:0.5 = 3:4:2$   $\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_2$

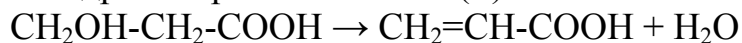
Это – пропеновая (акриловая) кислота.



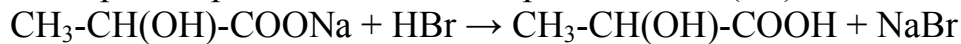
3-Гидроксипропановой к-ты натриевая соль,  $M_r = 112 < 200$ , что соответствует условию задачи



3-Гидроксипропановая к-та (Г)



2-Гидроксипропановой к-ты натриевая соль (В1)



2-Гидроксипропановая (молочная) к-та (Г1)

