

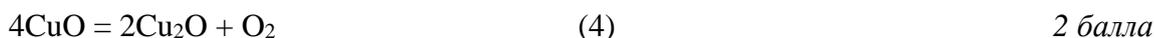
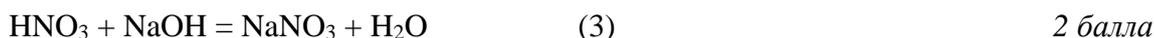
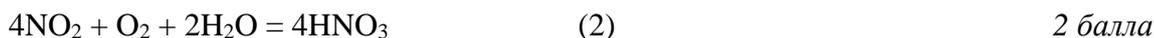
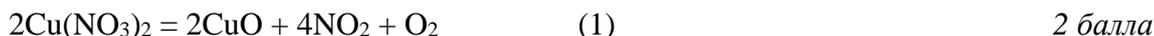
LXXIX Московская олимпиада школьников по химии
Заключительный этап Теоретический тур 19.02.2023 г.
9 класс

Задача 1.

В лабораторию для анализа поступила смесь нитрата меди (II) и оксида меди (II) общей массой 10 г. Лаборант решил нагреть поступившую смесь, однако, в какой-то момент не уследил за температурным режимом эксперимента и допустил нагрев смеси до 1200°C. Образовавшуюся газовую смесь он растворил в 100 мл воды, при этом объём смеси уменьшился в 13,5 раза. Из образовавшегося раствора лаборант аккуратно отобрал несколько аликвот в 10 мл и оттитровал 1 М раствором гидроксида натрия в присутствии фенолфталеина и получил следующие объёмы: 10,60 мл; 10,05 мл; 9,97 мл; 9,98 мл. Запишите необходимые уравнения реакций. Рассчитайте массовую долю нитрата меди (II) в исходной смеси. Рассчитайте массу твёрдого остатка после окончания эксперимента. (При выполнении расчётов примите молярную массу меди равной 64 г/моль и считайте, что при растворении газов в воде объём раствора не изменяется).

Решение и критерии оценивания

1) Уравнения реакций:



2) При расчёте среднего объёма гидроксида натрия необходимо отбросить результат в 10,60 мл.

$$V_{\text{ср}}(\text{NaOH}) = 10 \text{ мл}$$

$$v(\text{NaOH}) = v(\text{HNO}_3)_{10 \text{ мл}} = 0,01 \text{ моль}$$

$$v(\text{HNO}_3)_{\text{общ}} = 0,1 \text{ моль} \quad 3 \text{ балла}$$

(при расчёте с $V_{\text{ср}}(\text{NaOH}) = 10,15 \text{ мл}$ – 0 баллов)

$$3) v(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 0,05 \text{ моль}$$

$$m(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 9,4 \text{ г}$$

$$w(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 94\% \quad 3 \text{ балла}$$

(если в пункте 2) был использован $V_{\text{ср}}(\text{NaOH}) = 10,15 \text{ мл}$, но расчёт верный (или 94%, или 95,41%, или 95,88%), то ставится 3 балла за расчёт массовой доли $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$)

4) После разложение $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ происходило частичное разложение 4,6 г оксида меди (II).

Пусть в реакции разложения CuO образовалось x моль кислорода, тогда общее количество всех газов $(0,125 + x)$ моль, после растворения в воде останется x моль кислорода, тогда можно составить уравнение: $(x + 0,125)/x = 13,5$. Откуда $x = 0,01$ моль. 3 балла

$$m(\text{ост}) = m(\text{CuO})_{\text{исх}} - m(\text{O}_2) = 4,6 \text{ г} - 32 \cdot 0,01 = 4,28 \text{ г} \quad 3 \text{ балла}$$

Всего 20 баллов

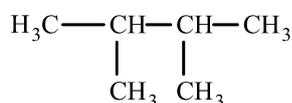
Задача 2.

Теплоту образования веществ можно оценивать при помощи метода групповых вкладов. Рассмотрим, например, молекулу пропана: $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_3$. Эта молекула содержит две группы: CH_3 и CH_2 . Вклады каждой из групп составляют: 25,5 кДж/моль для CH_2 и 48,5 кДж/моль для CH_3 . Тогда $Q_{\text{обр.}}(\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_3) = 48,5 \cdot 2 + 25,5 = 122,5$ кДж/моль.

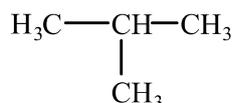
1) Используя метод групповых вкладов, рассчитайте теплоты образования

а) *n*-Пентана ($\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_3$)

б) 2,3-Диметилбутана



если дополнительно известно, что теплота образования изобутана равна 154,7 кДж/моль.



Изобутан

Теплоты сгорания (кДж/моль) веществ состава $\text{CH}_3\text{—(CH}_2)_n\text{—CH}_3$ можно описать уравнением вида

$$Q_{\text{сгор.}} = A + Bn,$$

где A, B – некоторые постоянные.

2) Выведите уравнение сгорания веществ состава $\text{CH}_3\text{—(CH}_2)_n\text{—CH}_3$, если известно, что

$$Q_{\text{сгор.}}(\text{пропана}) = 2200 \text{ кДж/моль}$$

$$Q_{\text{сгор.}}(\textit{n}\text{-пентана}) = 3600 \text{ кДж/моль}$$

Смесь этана (C_2H_6) и пропана общим объёмом 5,6 л (н. у) полностью сожгли в избытке кислорода при этом выделилось 445 кДж теплоты.

3) Запишите уравнения реакций сгорания пропана и этана и рассчитайте массовую долю пропана в исходной смеси.

Решение и критерии оценивания

$$1) \text{ а) } Q_{\text{обр.}}(\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_3) = 48,5 \cdot 2 + 25,5 \cdot 3 = 173,5 \text{ кДж/моль} \quad 2 \text{ балла}$$

$$Q(\text{CH}) = 154,7 - 3 \cdot 48,5 = 9,2 \text{ кДж/моль} \quad 2 \text{ балла}$$

$$Q_{\text{обр.}}(2,3\text{-диметилбутан}) = 4 \cdot 48,5 + 2 \cdot 9,2 = 212,4 \text{ кДж/моль} \quad 3 \text{ балла}$$

$$2) Q_{\text{сгор.}} = 1500 + 700n \quad 5 \text{ баллов}$$



Пусть $\nu(\text{C}_2\text{H}_6) = x$ моль, а $\nu(\text{C}_3\text{H}_8) = y$ моль, тогда можно составить систему уравнений

$$\begin{cases} x + y = 0,25 \\ 1500x + 2200y = 445 \end{cases}$$

$$x = 0,15 \text{ моль, } y = 0,1 \text{ моль} \quad 3 \text{ балла}$$

$$m(\text{смеси}) = 0,15 \cdot 30 + 0,1 \cdot 44 = 8,9 \text{ г}$$

$$w(\text{C}_3\text{H}_8) = 49,4\% \quad 3 \text{ балла}$$

Всего 20 баллов

Задача 3.

Дисульфид селена является действующим компонентом многих шампуней от перхоти. Однако в действительности под формулой SeS_2 подразумевается смесь восьмичленных циклов состава $\text{Se}_n\text{S}_{8-n}$ и других полимерных соединений, в которой отношение общего числа атомов селена к общему числу атомов серы составляет 1:2.

Индивидуальное вещество состава $\text{Se}_n\text{S}_{8-n}$ полностью сожгли в избытке кислорода, при этом получили газовую смесь с относительной плотностью по воздуху, равной 2,612.

1) Рассчитайте состав индивидуального вещества. Запишите уравнение реакции сгорания этого вещества в избытке кислорода. Запишите все возможные восьмичленные структурные формулы, которые отвечают молекулярной формуле найденного Вами вещества (валентность серы и селена в данных структурах одинаковая).

В лабораторию для анализа поступил образец, содержащий SeS_7 , а также ещё одно индивидуальное соединение состава $\text{Se}_n\text{S}_{8-n}$. После тщательного анализа лаборант выяснил, что пары данной смеси имеют относительную плотность по водороду, равную 190,275, а мольная доля каждого из двух компонентов не превышает 60 %.

2) Какие вещества состава $\text{Se}_n\text{S}_{8-n}$ удовлетворяют условиям анализа?

Одним из способов получения дисульфида селена является реакция селенистой кислоты и сероводорода.

3) Запишите уравнение реакции получения дисульфида селена.

Решение и критерии оценивания

$$1) M(\text{смеси}) = 2,612 \cdot 29 = 75,75 \text{ г/моль}$$

1 балл

Продуктами сгорания таких веществ будут SO_2 и SeO_2 . Тогда,

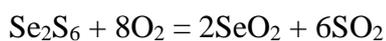
$$75,75 = (1 - x)111 + 64x, \text{ где } x - \text{объёмная доля сернистого газа.}$$

$$x = 0,75$$

Тогда газовая смесь имеет состав SO_2 и $\text{SeO}_2 - 3 : 1$.

Следовательно, простейшая формула вещества – SeS_3 , с учетом того, что искомое соединение – восьмичленный цикл, получаем формулу – Se_2S_6 .

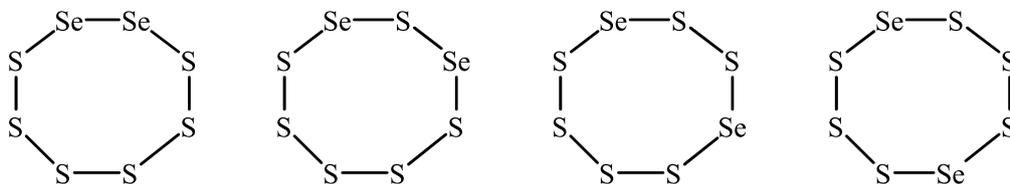
Вывод Se_2S_6 - 4 балла из которых 1 балл за вывод SeS_3



2 балла

(реакция с SeS_3 также оценивается в 2 балла)

Возможные структурные формулы:



4 балла

$$2) M(\text{смеси}) = 380,55 \text{ г/моль}$$

1 балл

$$\begin{cases} 303a + Mb = 380,55 \\ a < 0,6 \\ b < 0,6 \end{cases}$$

$$432,25 < M < 496,875$$

$$432,25 < 79n + 256 - 32n < 496,875$$

$$3,75 < n < 5,125$$

При условии, что n принадлежит множеству целых чисел, получаем, что $n = 4$ или 5 .

То есть условию эксперимента удовлетворяют вещества состава Se_4S_4 и Se_5S_3 . 6 баллов

(без обоснования – 0 баллов!)

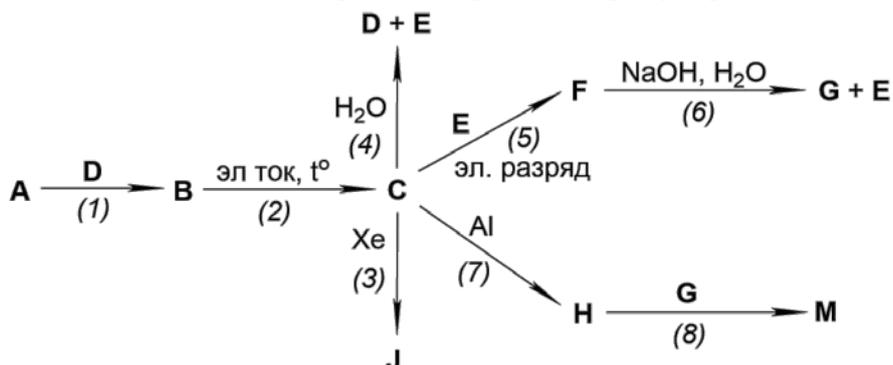


2 балла

Всего 20 баллов

Задача 4.

Ниже приведена цепочка превращений, все зашифрованные буквами вещества, кроме **Е**, являются соединениями элемента **Э**. Уравнения реакций пронумерованы.



Также известно следующее:

- Отношение числа атомов калия и элемента **Э** в соединении **В** составляет 1 : 3.
- Вещества **С** и **Е** – простые.
- В веществе **Г** отношение атомов входящих в его состав элементов равно 1 : 2.
- Массовые доли некоторых элементов в соединениях приведены в таблице:

Вещество	Элемент	Массовая доля, %
А	К	67,24
В	К	39,80
Г	Хе	53,47
М	Ал	12,86

Задания:

- Идентифицируйте вещества **А–М**, учтите, что формулы веществ **В**, **Г**, **М** должны быть выведены при помощи расчётов, а не угаданы; если верность угаданной формулы будет проверена расчётом массовых долей элементов, то это не будет засчитано как расчёт. Атомные массы элементов необходимо брать с точностью до целых.
- Напишите уравнения реакций №1–8.
- Какое тривиальное название у вещества **М**? Для чего его применяют?

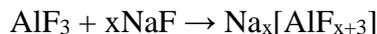
Решение и критерии оценивания

1) С учетом того, что простое вещество **С** может реагировать с ксеноном (реакция №3), то можно сделать вывод об исключительной активности вещества **С**.

Следовательно, **С** – фтор F_2 , а **Э** – химический элемент фтор **Ф**. При сгорании воды во фторе (реакция №4) образуются фтороводород HF (**Д**) и простое вещество кислород O_2 (**Е**).

2) При взаимодействии фтора с кислородом образуется фторид кислорода OF_2 (**Г**), при его взаимодействии с раствором щелочи (реакция №5) образуется кислород (**Е**) и фторид натрия (**З**).

3) При взаимодействии фтора с алюминием (*реакция №7*) образуется фторид алюминия (**H**). При его взаимодействии с **G** (фторид натрия) образуется комплексное соединение **M**, в котором анионы фтора выступают в роли лигандов, а алюминий в роли комплексообразователя. Реакцию получения **M** (*реакция №8*) можно записать в общем виде:



Чтобы найти «x» запишем выражение для массовой доли алюминия в **M**:

$$\omega(\text{Al}) = \frac{M(\text{Al})}{M(\text{Al}) + (3 + x) \cdot M(\text{F}) + x \cdot M(\text{Na})}$$

Подставим числа в полученное выражение:

$$0,1286 = \frac{27}{27 + (3 + x) \cdot 19 + x \cdot 23}$$

Решая полученное уравнение, находим, что $x \approx 3$. Тогда, вещество **M** – гексафтороалюминат натрия $\text{Na}_3[\text{AlF}_6]$. Его тривиальное название – криолит, это вещество используют при получении алюминия из расплава оксида алюминия. Криолит необходим для существенного понижения температуры плавления расплава, подвергаемого электролизу, а также для повышения электропроводимости расплава.

Рассчитаем состав вещества **J**. Оно является одним из фторидов ксенона. В общем виде его формулу можно записать как XeF_y . Чтобы найти «y» запишем выражение для массовой доли ксенона в **J**:

$$\omega(\text{Xe}) = \frac{M(\text{Xe})}{M(\text{Xe}) + y \cdot M(\text{F})}$$

Подставим числа в полученное выражение:

$$0,5347 = \frac{131}{131 + y \cdot 19}$$

Решая полученное уравнение, находим, что $y \approx 6$. Тогда, вещество **J** – гексафторид ксенона XeF_6 .

4) Рассчитаем состав вещества **B**. Пусть его масса равна 100 г, тогда можно найти массу и количество вещества калия:

$$m(\text{K}) = \omega(\text{K}) \cdot m(\text{B}) = 0,3980 \cdot 100 \text{ г} = 39,80 \text{ г}$$

$$n(\text{K}) = m(\text{K}) : M(\text{K}) = 39,80 \text{ г} : 39 \text{ г/моль} \approx 1,02 \text{ моль}$$

Теперь можем найти количество вещества и массу фтора, учитывая условие, что его в три раза больше, чем калия:

$$n(\text{F}) = 3 \cdot n(\text{K}) \approx 3,06 \text{ моль}$$

$$m(\text{F}) = n(\text{F}) \cdot M(\text{F}) = 3,06 \text{ моль} \cdot 19 \text{ г/моль} = 58,14 \text{ г}$$

Из 100 г вещества **B** на калий и фтор приходится масса равная:

$$m(\text{K}) + m(\text{F}) = 39,80 \text{ г} + 58,14 \text{ г} = 97,94 \text{ г}$$

Оставшаяся масса (100 г – 97,94 г = 2,06 г) приходится на атомы ещё одного элемента. С учетом того, что вещество **B** получается из **A** при взаимодействии с фтороводородом (**D**),

логично предположить, что этим элементом является водород. Тогда его количество вещества равно:

$$n(\text{H}) = m(\text{H}) : M(\text{H}) = 2,06 \text{ г} : 1 \text{ г/моль} = 2,06 \text{ моль}$$

Теперь можно найти соотношение калия, водорода и фтора в веществе **В**:

$$n(\text{K}) : n(\text{H}) : n(\text{F}) = 1,02 : 2,06 : 3,06 \approx 1 : 2 : 3$$

Таким образом, вещество **В** имеет формулу KH_2F_3 . Именно его используют для получения фтора электролизом расплава, так как его температура плавления меньше, чем у фторида калия.

5) С учетом состава и способа получения **В**, логично предположить, что **А** – это фторид калия KF . Проверим это расчетом массовой доли калия, это не противоречит условию задачи.

$$\omega(\text{K}) = \frac{M(\text{K})}{M(\text{KF})} \cdot 100\% = \frac{39}{58} \cdot 100\% \approx 67,24\%$$

Значит, наше предположение было верно.

Формулы веществ

А	В	С	Д	Е	Ф	Г	Н	Ж	М
KF	KH_2F_3	F_2	HF	O_2	OF_2	NaF	AlF_3	XeF_6	$\text{Na}_3[\text{AlF}_6]$

Уравнения реакций:

- $\text{KF} + 2\text{HF} \rightarrow \text{KH}_2\text{F}_3$
- $2\text{KH}_2\text{F}_3 \rightarrow 2\text{K} + \text{F}_2 + 4\text{HF}$
- $3\text{F}_2 + \text{Xe} \rightarrow \text{XeF}_6$
- $2\text{F}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{HF}$
- $\text{O}_2 + 2\text{F}_2 \rightarrow 2\text{OF}_2$
- $\text{OF}_2 + 2\text{NaOH} \rightarrow 2\text{NaF} + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- $2\text{Al} + 3\text{F}_2 \rightarrow 2\text{AlF}_3$
- $\text{AlF}_3 + 3\text{NaF} \rightarrow \text{Na}_3[\text{AlF}_6]$

Критерии оценивания:

1) За каждое правильно определенное вещество по 1 баллу. За вещества **В**, **Ж**, **М** баллы ставятся только при наличии соответствующего расчета, иначе – 0 баллов. Итого: **10 баллов**

2) За каждую правильно уравненную реакцию по 1 баллу. Если реакция написана и не уравнена, но вещества взяты правильные, то 0,5 балла. Итого: **8 баллов**

3) За правильное название **М** – 1 балл. За правильный ответ на вопрос об использовании **М** – 1 балл. Итого: **2 балла**.

Всего 20 баллов

Задача 5. На рычажных весах уравнили две колбы одинаковой массы. В одну колбу насыпали тёмно-серое твёрдое вещество **X** массой 13,29 г. В другую колбу поместили белое твёрдое вещество **Y** массой 10,00 г. Обе колбы одновременно нагрели, вещества начали возгоняться, т.е. превращаться в газ, минуя жидкое состояние (нагревание могло проводиться с разной интенсивностью). Пары **X** имеют тёмно-фиолетовую окраску, а вещество **Y** в газообразном состоянии не имеет ни цвета, ни запаха. Экспериментально определили зависимости количеств веществ **X** и **Y** в колбах от времени нагрева:

$$n(\text{X}) = n_{\text{исх.}}(\text{X}) - 0,0035t$$

$$n(\text{Y}) = n_{\text{исх.}}(\text{Y}) - 0,0127t$$

Вещество **X** в виде осадка образуется при пропускании газообразного хлора через раствор соли **S** (реакция № 1), причём из 16,6 г **S** можно получить 12,7 г **X**. Если пропускать избыток хлора, то выпавший осадок **X** растворяется с образованием бесцветного раствора (реакция № 2), содержащего две кислоты, бескислородную **T** и кислородсодержащую **U**. В натриевой соли кислоты **U** массовая доля натрия составляет 11,62 %, а число ионов натрия и атомов иода в ней одинаково.

Вещество **Y** в газообразном состоянии поддерживает горение магния, вступая с ним в реакцию замещения (реакция № 3). Также **Y** выделяется при прокаливании кремнезёма с кальцинированной содой (реакция № 4). Любопытно, что если твёрдый продукт этой реакции растворить в воде, а затем пропустить газ **Y**, то образуется раствор, содержащий кальцинированную соду (реакция 5).

Задания:

- 1) Идентифицируйте вещества **X**, **Y**, **S**, **T**, **U**. Учтите, что формулы веществ **S** и **U** должны быть выведены при помощи расчётов, а не угаданы; если верность угаданной формулы будет проверена расчётом массовых долей элементов, то это не будет засчитано как расчёт. Атомные массы элементов необходимо брать с точностью до целых.
- 2) Через какое время весы снова будут в равновесии? Приведите соответствующие расчёты. Ответ дайте в секундах, округлив до целого.
- 3) Напишите уравнения реакций № 1–5.
- 4) Как называется твёрдый **Y**?

Решение и критерии оценивания

1) По описанию веществ **X** и **Y** можно сделать вывод, что **X** – иод I_2 , а **Y** – углекислый газ CO_2 . Твёрдый углекислый газ называют «сухой лед», и используется в качестве хладагента в ящиках с мороженым.

2) Иод образуется при пропускании хлора через растворы иодидов, разумно предположить, что соль **S** – какой-то иодид. Количество вещества образующегося иода равно:

$$n(\text{I}_2) = m(\text{I}_2) : M(\text{I}_2) = 12,7 \text{ г} : 254 \text{ г/моль} = 0,05 \text{ моль}$$

Тогда можно найти количество вещества иодид-ионов в соли **S**, оно будет в два раза больше и равно 0,1 моль. Предполагая, что в формульной единице содержится один иодид-ион, рассчитаем молярную массу соли **S**:

$$M(\text{S}) = m(\text{S}) : n(\text{S}) = m(\text{S}) : n(\text{I}) = 16,6 \text{ г} : 0,1 \text{ моль} = 166 \text{ г/моль}$$

Вычитая из полученного значения молярной массы соли молярную массу иода (127 г/моль), получаем 39 г/моль, что соответствует калию. Таким образом, соль **S** – иодид калия KI .

3) При взаимодействии иода с хлором в присутствии воды образуется соляная кислота (вещество **T**) и кислородсодержащая кислота $\text{H}_a\text{I}_a\text{O}_b$ (вещество **U**). Чтобы определить, какая кислота образуется, нужно вывести формулу её натриевой соли $\text{Na}_a\text{I}_a\text{O}_b$, что можно сделать путем перебора значений «а» и «b». При переборе учтем, что «а» скорее всего равно 1, т.к. известно, что количество ионов натрия равно количеству атомов иода (и числу атомов водорода в кислоте). В представленной ниже таблице в ячейках, соответствующих значению

«а», равным единице, и разным значениям «b», указаны значения массовой доли натрия. Разумно делать перебор для значений «b» от 1 до 4.

	b = 1	b = 2	b = 3	b = 4
a = 1	13,86%	12,64%	11,62%	10,75%

Нам подходит значение массовой доли, соответствующее $b = 3$. Таким образом соль – иодат натрия NaIO_3 . Соответственно, U – иодноватая кислота HIO_3 .

4) Равновесие весов будет тогда, когда массы веществ на разных чашах весов будут равны. Поэтому логично преобразовать указанные зависимости количеств веществ иода и диоксида углерода в чашах о времени в зависимости масс веществ от времени. С учетом начальных масс и молярных масс веществ получим:

$$m(\text{I}_2) = 13,29 - 254 \cdot 0,0035t$$

$$m(\text{CO}_2) = 10,00 - 44 \cdot 0,0127t$$

Чтобы найти момент времени, когда весы находятся в равновесии приравняем массы веществ:

$$13,29 - 254 \cdot 0,0035t = 10,00 - 44 \cdot 0,0127t$$

При решении этого уравнения получаем, что $t \approx 10$ с.

На данный вопрос можно дать второй ответ, из-за того, что когда оба вещества полностью испарятся, то весы опять будут в равновесии. Чтобы найти второе значение времени, нужно посчитать времена, за которые полностью испарятся иод, и сухой лёд. Нам нужно то значение времени, которое будет больше.

Для йода:

$$0 = 13,29 - 254 \cdot 0,0035t_1$$

$$t_1 \approx 15 \text{ (с)}$$

Для диоксида углерода:

$$0 = 10,00 - 44 \cdot 0,0127t_2$$

$$t_2 \approx 18 \text{ (с)}$$

Поэтому полный ответ на вопрос о равновесии будет таким: **весы будут находиться в состоянии равновесия на короткий промежуток времени через 10 секунд после начала процессов, а после 18 секунд весы опять придут в состояние равновесия и уже не будут из него выходить.**

Формулы веществ

X	Y	S	T	U
I_2	CO_2	KI	HCl	HIO_3

Уравнения реакций:

- $2\text{KI} + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{KCl} + \text{I}_2$
- $\text{I}_2 + 5\text{Cl}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 10\text{HCl} + 2\text{HIO}_3$
- $\text{CO}_2 + 2\text{Mg} \rightarrow \text{C} + 2\text{MgO}$
- $\text{SiO}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{Na}_2\text{SiO}_3$
- $\text{CO}_2 + \text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{SiO}_3$

Критерии оценивания:

1) За правильно определенные вещества X , Y , T по 1 баллу. За вещества S и U по 2 балла, но баллы ставятся только при наличии соответствующего расчета, иначе – 0 баллов.

Итого: 7 баллов

2) За каждую правильно уравненную реакцию по 1 баллу. Если реакция написана и не уравнена, но вещества взяты правильные, то 0,5 балла. Итого: 5 баллов

3) За каждое правильно найденное значение времени по 3 балла при условии наличия соответствующего расчета, иначе – 0 баллов. Итого: 6 баллов.

4) За правильное название твердого Y – 2 балла. Итого: 2 балла.

Всего 20 баллов

Задача 6. Два ядовитых газа X_1 и Y_1 сгорают в избытке кислорода синим пламенем. При взаимодействии X_1 с хлором образуется другое ядовитое вещество X_2 (реакция № 1), при взаимодействии Y_1 с хлорной водой образуется жёлтый осадок вещества Y_2 (реакция № 2). Вещество X_2 реагирует с избытком раствора едкого кали с образованием соли X_3 и бинарного соединения Z_1 ионного строения (реакция № 3). Вещество Y_2 растворяется в концентрированном горячем растворе гидроксида калия с образованием соли Y_3 и бинарного соединения Y_4 ионного строения (реакция № 4).

Для качественного определения вещества X_1 используют реакцию с бумажкой, смоченной раствором хлорида двухвалентного металла Z_2 , в котором массовая доля хлора равна 40,11 % (реакция № 5). Для количественного определения X_1 используют реакцию с оксидом иода Z_3 , в котором массовая доля иода равна 76,05 % (реакция № 6). В ходе этой реакции образуется простое вещество.

Для качественного определения вещества Y_1 используют реакцию с бумажкой, смоченной раствором нитрата свинца(II) (реакция № 7).

Задания:

- 1) Идентифицируйте вещества X_1 – X_3 , Y_1 – Y_4 , Z_1 – Z_3 . Приведите необходимые расчёты, необходимые для вывода формул веществ Z_2 и Z_3 . Атомные массы элементов необходимо брать с точностью до целых, значение атомной массы хлора примите равной 35,5.
- 2) Напишите уравнения реакций № 1–7.
- 3) Каковы аналитические признаки реакций №6 и №7?

Решение и критерии оценивания

1) По описанию можно сделать вывод, что газ X_1 – монооксид углерода CO, газ Y_1 – сероводород. При взаимодействии X_1 с хлором образуется фосген COCl₂ (X_2), также являющийся ядом. При взаимодействии Y_1 с хлорной водой образуется жёлтый осадок серы (Y_2) и хлороводород. При взаимодействии фосгена COCl₂ с гидроксидом калия образуются карбонат калия (X_3) и хлорид калия (Z_1). При взаимодействии серы с концентрированным раствором гидроксида калия образуются сульфит калия K₂SO₃ (Y_3) и сульфид калия K₂S (Y_4).

2) Выведем формулу хлорида двухвалентного металла Z_2 . В общем виде формулу этого вещества можно записать как MeCl₂. Выразим молярную массу хлорида металла $M(\text{MeCl}_2)$ через массовую долю хлора:

$$M(\text{MeCl}_2) = \frac{2 \cdot M(\text{Cl})}{\omega(\text{Cl})} = \frac{71}{0,4011} \approx 177 \text{ (г/моль)}$$

Поэтому молярная масса металла равна 106 г/моль (177 - 71). Следовательно, металл – палладий Pd, а вещество Z_2 – хлорид палладия(II) PdCl₂.

3) Выведем формулу оксида иода Z_3 . Пусть масса оксида иода равна 100 г, тогда можно найти массы и количества веществ иода и кислорода:

$$m(\text{I}) = 0,7605 \cdot 100 \text{ г} = 76,05 \text{ г}$$

$$m(\text{O}) = 100 \text{ г} - 76,05 \text{ г} = 23,95 \text{ г}$$

$$n(\text{I}) = 76,05 \text{ г} : 127 \text{ г/моль} \approx 0,6 \text{ моль}$$

$$n(\text{O}) = 23,95 \text{ г} : 16 \text{ г/моль} \approx 1,5 \text{ моль}$$

Отсюда можно найти соотношение иода и кислорода, которое составляет 0,6 : 1,5 = 1 : 2,5 = 2 : 5. Следовательно, вещество Z_3 – оксид иода(V) I₂O₅.

4) При реакции между монооксидом углерода и оксидом иода (V), который является веществом белого цвета, образуется темный-серый иод. При реакции между сероводородом и нитратом свинца (II) образуется черный осадок сульфида свинца (II).

Формулы веществ

X_1	X_2	X_3	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Z_1	Z_2	Z_3
CO	COCl ₂	K ₂ CO ₃	H ₂ S	S	K ₂ SO ₃	K ₂ S	KCl	PdCl ₂	I ₂ O ₅

Уравнения реакций:

- 1) $\text{CO} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{COCl}_2$
- 2) $\text{H}_2\text{S} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{S} + 2\text{HCl}$
- 3) $\text{COCl}_2 + 4\text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{CO}_3 + 2\text{KCl} + 2\text{H}_2\text{O}$
- 4) $3\text{S} + 6\text{KOH} \rightarrow 2\text{K}_2\text{S} + \text{K}_2\text{SO}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
- 5) $\text{CO} + \text{PdCl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{Pd} + 2\text{HCl}$
- 6) $5\text{CO} + \text{I}_2\text{O}_5 \rightarrow \text{I}_2 + 5\text{CO}_2$
- 7) $\text{H}_2\text{S} + \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{PbS} + 2\text{HNO}_3$

Критерии оценивания

1) За правильно определенные вещества $X_1 - X_3$, $Y_1 - Y_4$, $Z_1 - Z_3$ по 1 баллу. За вещества Z_2 и Z_3 баллы ставятся только при наличии соответствующего расчета, иначе – 0 баллов.

Итого: 10 баллов

2) За каждую правильно уравненную реакцию по 1 баллу. Если реакция написана и не уравнена, но вещества взяты правильные, то 0,5 балла. ***Итого: 7 баллов***

3) За каждый верно указанный аналитический признак по 1,5 балла. ***Итого: 3 балла.***

Всего 20 баллов