

Решения заданий Олимпиады «Ломоносов» по химии (5-9 классы). Отборочный тур

Указания к оформлению решения.

- Во всех задачах, требующих численного ответа, должны быть приведены расчеты.
- Все качественные вопросы требуют обоснования.
- «Голые» ответы, без расчетов и/или обоснований не оцениваются.
- Если в условии требуется уравнение реакции, то полный балл ставится только за уравнение со всеми коэффициентами.
- Ответ должен точно соответствовать вопросу в условии.
- Массы, объемы и другие размерные величины должны быть приведены в ответе с указанием единиц измерения.

Задача 1 (8 баллов)

1.1. Для качественного анализа взяты растворы 9 веществ. Другие реактивы использовать было нельзя, поэтому пришлось все растворы смешивать попарно, причем каждая пара была взята ровно один раз. В результате в 16 случаях выпадали осадки, в 5 опытах выделялся газ, в двух – и осадок, и газ, а цвет раствора не менялся ни разу. В скольких случаях при смешивании растворов не наблюдалось видимых признаков реакции?

Решение. Из 9 веществ можно составить $9 \cdot 8 / 2 = 36$ пар для смешивания. Из 36 опытов в $16 + 5 + 2 = 23$ случаях наблюдались признаки реакции, а в $36 - 23 = 13$ случаях видимых признаков не было.

Ответ: 13.

1.2. Для качественного анализа взяты растворы 9 веществ. Другие реактивы использовать было нельзя, поэтому пришлось все растворы смешивать попарно, причем каждая пара была взята ровно один раз. В результате в 18 случаях выпадали осадки, в 6 опытах выделялся газ, в одном – и осадок, и газ, а цвет раствора не менялся ни разу. В скольких случаях при смешивании растворов не наблюдалось видимых признаков реакции?

Решение. Из 9 веществ можно составить $9 \cdot 8 / 2 = 36$ пар для смешивания. Из 36 опытов в $18 + 6 + 1 = 25$ случаях наблюдались признаки реакции, а в $36 - 25 = 11$ случаях видимых признаков не было.

Ответ: 11.

1.3. Для качественного анализа взяты растворы 8 веществ. Другие реактивы использовать было нельзя, поэтому пришлось все растворы смешивать попарно, причем каждая пара была взята ровно один раз. В результате в 12 случаях выпадали осадки, в 4 опытах выделялся газ, в двух – и осадок, и газ, а цвет раствора не менялся ни разу. В скольких случаях при смешивании растворов не наблюдалось видимых признаков реакции?

Решение. Из 8 веществ можно составить $8 \cdot 7 / 2 = 28$ пар для смешивания. Из 28 опытов в $12 + 4 + 2 = 18$ случаях наблюдались признаки реакции, а в $28 - 18 = 10$ случаях видимых признаков не было.

Ответ: 10.

1.4. Для качественного анализа взяты растворы 8 веществ. Другие реактивы использовать было нельзя, поэтому пришлось все растворы смешивать попарно, причем каждая пара была взята ровно один раз. В результате в 9 случаях выпадали осадки, в 4 опытах выделялся газ, в одном – и осадок, и газ, а цвет раствора не менялся ни разу. В скольких случаях при смешивании растворов не наблюдалось видимых признаков реакции?

Решение. Из 8 веществ можно составить $8 \cdot 7 / 2 = 28$ пар для смешивания. Из 28 опытов в $9 + 4 + 1 = 14$ случаях наблюдались признаки реакции, а в $28 - 14 = 14$ случаях видимых признаков не было.

Ответ: 14.

Система оценивания – одинаковая во всех вариантах.

Число пар – 4 балла.

Общее число реакций с признаками – 2 балла.

Число реакций без признаков – 2 балла.

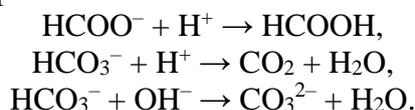
Задача 2 (14 баллов)

2.1. Два отрицательных иона состоят из одних и тех же элементов и имеют одинаковый заряд. Только один из элементов имеет в этих ионах разные степени окисления, они отличаются на 2. Один из ионов реагирует и с H^+ , и с OH^- , а другой – только с H^+ . Общие количества электронов в этих ионах относятся как 4 : 3. Установите формулы ионов (подтвердите подсчетом) и запишите ионные уравнения указанных реакций.

Решение. Различие степеней окисления на 2 говорит о том, что в одном из ионов на один атом O (т. е. на 8 электронов) больше, чем в другом. Пусть в ионе с меньшим числом атомов было N электронов, тогда во втором ионе – $(N + 8)$ электронов:

$$\frac{N+8}{N} = \frac{4}{3},$$

$N = 24$. Оба иона соответствуют слабым кислотам (реагируют с H^+), один из них – анион кислой соли (реагирует с OH^-). По числу электронов и химическим свойствам подходят $HCOO^-$ и HCO_3^- , первый содержит 24 электрона ($1 + 6 + 2 \cdot 8 + 1 = 24$), второй – 32 электрона ($1 + 6 + 3 \cdot 8 + 1 = 32$). Ионные уравнения:



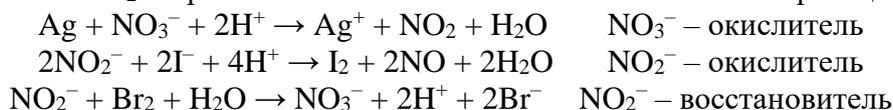
Ответ: HCO_3^- и $HCOO^-$.

2.2. Два отрицательных иона состоят из одних и тех же элементов и имеют одинаковый заряд. Только один из элементов имеет в этих ионах разные степени окисления, они отличаются на 2. Один из ионов – сильный окислитель в кислой среде, а другой может быть и окислителем, и восстановителем. Общие количества электронов в этих ионах относятся как 4 : 3. Установите формулы ионов (подтвердите подсчетом) и приведите примеры указанных окислительно-восстановительных превращений.

Решение. Различие степеней окисления на 2 говорит о том, что в одном из ионов на один атом O (т. е. на 8 электронов) больше, чем в другом. Пусть в ионе с меньшим числом атомов было N электронов, тогда во втором ионе – $(N + 8)$ электронов:

$$\frac{N+8}{N} = \frac{4}{3},$$

$N = 24$. Один из ионов соответствует высшей степени окисления и является сильным окислителем в кислой среде. С учетом числа электронов, этим условиям удовлетворяет ион NO_3^- . Другой ион – NO_2^- . Уравнения окислительно-восстановительных реакций:



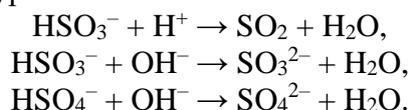
Ответ: NO_3^- и NO_2^- .

2.3. Два отрицательных иона состоят из одних и тех же элементов и имеют одинаковый заряд. Только один из элементов имеет в этих ионах разные степени окисления, они отличаются на 2. Один из ионов реагирует и с H^+ , и с OH^- , а другой – только с OH^- . Общие количества электронов в этих ионах относятся как 21 : 25. Установите формулы ионов (подтвердите подсчетом) и запишите ионные уравнения указанных реакций.

Решение. Различие степеней окисления на 2 говорит о том, что в одном из ионов на один атом O (т. е. на 8 электронов) больше, чем в другом. Пусть в ионе с меньшим числом атомов было N электронов, тогда во втором ионе – $(N + 8)$ электронов:

$$\frac{N}{N+8} = \frac{21}{25}$$

$N = 42$. Оба иона соответствуют кислым солям (реагируют с OH^-), но один из них – анион сильной кислоты (не реагирует с H^+). По числу электронов и химическим свойствам подходят HSO_3^- и HSO_4^- , первый содержит 42 электрона ($1 + 16 + 3 \cdot 8 + 1 = 42$), второй – 50 электронов ($1 + 16 + 4 \cdot 8 + 1 = 50$). Ионные уравнения:



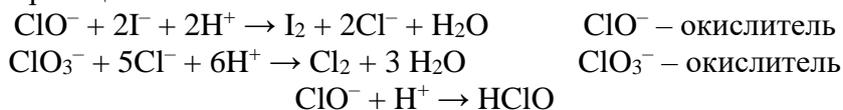
Ответ: HSO_3^- и HSO_4^- .

2.4. Два отрицательных иона состоят из одних и тех же элементов и имеют одинаковый заряд. Только один из элементов имеет в этих ионах разные степени окисления, они отличаются на 4. Оба иона – сильные окислители в кислой среде, но только один из ионов реагирует с H^+ . Общие количества электронов в этих ионах относятся как 13 : 21. Установите формулы ионов (подтвердите подсчетом), запишите по одной окислительно-восстановительной реакции для каждого иона и ионное уравнение реакции с H^+ .

Решение. Различие степеней окисления на 4 говорит о том, что в одном из ионов на два атома O (т.е. на 16 электронов) больше, чем в другом. Пусть в ионе с меньшим числом атомов было N электронов, тогда во втором ионе – $(N + 16)$ электронов.

$$\frac{N}{N+16} = \frac{13}{21}$$

$N = 26$. Один из ионов соответствует слабой кислоте (реагирует с H^+), другой – сильной кислоте (не реагирует с H^+). По числу электронов и химическим свойствам подходят ClO^- и ClO_3^- , первый содержит 26 электронов ($17 + 8 + 1 = 26$), второй – 42 электрон ($17 + 3 \cdot 8 + 1 = 42$). Уравнения реакций:



Ответ. ClO^- и ClO_3^- .

Система оценивания – общая во всех вариантах.

Идея об отличии на один атом O – 2 балла.

Число электронов в каждом ионе – $2 \cdot 1 = 2$ балла.

Формулы ионов с расчетом – $2 \cdot 2 = 4$ балла (без расчета – 0 баллов).

Уравнения реакций $3 \cdot 2 = 6$ баллов.

Задача 3 (12 баллов)

3.1. Как из одного моля воды получить в одной реакции при нормальных условиях:

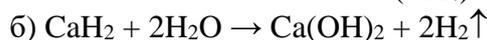
а) 5.6 л, б) 22.4 л, в) 33.6 л; г) больше, чем 33.6 л газа? Напишите уравнения всех реакций.

Ответ подтвердите расчетом.



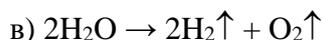
$$v(\text{CH}_4) = v(\text{H}_2\text{O}) / 4 = 0.25 \text{ моль,}$$

$$V(\text{CH}_4) = 0.25 \cdot 22.4 = 5.6 \text{ л.}$$



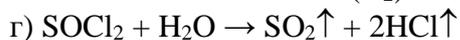
$$v(\text{H}_2) = v(\text{H}_2\text{O}) = 1 \text{ моль,}$$

$$V(\text{H}_2) = 1 \cdot 22.4 = 22.4 \text{ л.}$$



$$v(\text{H}_2) + v(\text{O}_2) = 3v(\text{H}_2\text{O}) / 2 = 1.5 \text{ моль,}$$

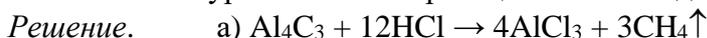
$$V(\text{H}_2) + V(\text{O}_2) = 1.5 \cdot 22.4 = 33.6 \text{ л.}$$



$$v(\text{SO}_2) + v(\text{HCl}) = 3v(\text{H}_2\text{O}) = 3 \text{ моль,}$$

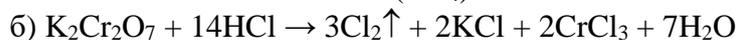
$$V(\text{SO}_2) + V(\text{HCl}) = 3 \cdot 22.4 = 67.2 \text{ л.}$$

3.2. Как из соляной кислоты, содержащей 1 моль хлороводорода, получить в одной реакции: а) 5.6 л, б) 4.8 л, в) 7.0 л; г) 22.4 л газа? Объемы газов даны в пересчете на нормальные условия. Напишите уравнения всех реакций. Ответ подтвердите расчетом.



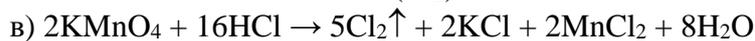
$$v(\text{CH}_4) = v(\text{HCl}) / 4 = 0.25 \text{ моль,}$$

$$V(\text{CH}_4) = 0.25 \cdot 22.4 = 5.6 \text{ л.}$$



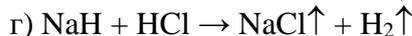
$$v(\text{Cl}_2) = v(\text{HCl}) \cdot 3 / 14 = 0.214 \text{ моль,}$$

$$V(\text{Cl}_2) = 0.214 \cdot 22.4 = 4.8 \text{ л.}$$



$$v(\text{Cl}_2) = v(\text{HCl}) \cdot 5 / 16 = 0.313 \text{ моль,}$$

$$V(\text{Cl}_2) = 0.313 \cdot 22.4 = 7.0 \text{ л.}$$



$$v(\text{H}_2) = v(\text{HCl}) = 1 \text{ моль,}$$

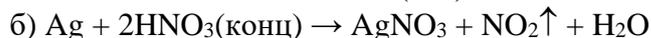
$$V(\text{HCl}) = 1 \cdot 22.4 = 22.4 \text{ л.}$$

3.3. Как из одного моля азотной кислоты получить в одной реакции: а) 5.6 л, б) 11.2 л, в) 22.4 л; г) 28.0 л газа? Объемы газов даны в пересчете на нормальные условия. Напишите уравнения всех реакций. Ответ подтвердите расчетом.



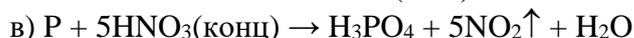
$$v(\text{NO}) = v(\text{HNO}_3) / 4 = 0.25 \text{ моль,}$$

$$V(\text{NO}) = 0.25 \cdot 22.4 = 5.6 \text{ л.}$$



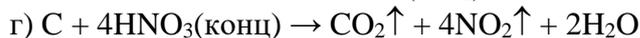
$$v(\text{NO}_2) = v(\text{HNO}_3) / 2 = 0.5 \text{ моль,}$$

$$V(\text{NO}_2) = 0.5 \cdot 22.4 = 11.2 \text{ л.}$$



$$v(\text{NO}_2) = v(\text{HNO}_3) = 1 \text{ моль,}$$

$$V(\text{NO}_2) = 1 \cdot 22.4 = 22.4 \text{ л.}$$



$$v(\text{CO}_2) + v(\text{NO}_2) = v(\text{H}_2\text{O}) \cdot 5 / 4 = 1.25 \text{ моль,}$$

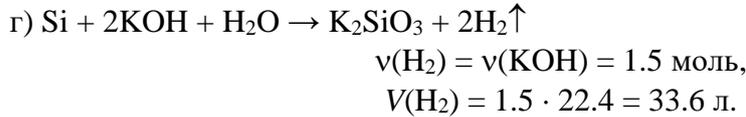
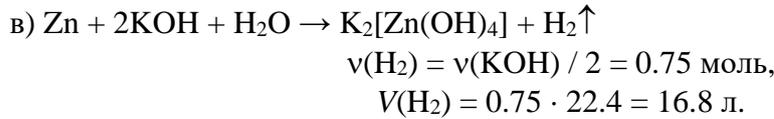
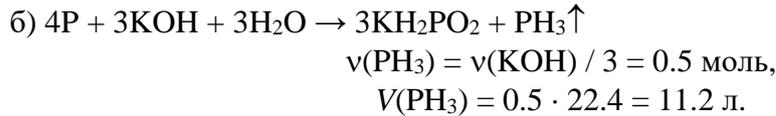
$$V(\text{CO}_2) + V(\text{NO}_2) = 1.25 \cdot 22.4 = 28.0 \text{ л.}$$

3.4. Как из полутора молей гидроксида калия получить в одной реакции: а) 8.4 л, б) 11.2 л, в) 16.8 л; г) 33.6 л газа? Объемы газов даны в пересчете на нормальные условия. Напишите уравнения всех реакций. Ответ подтвердите расчетом.



$$v(\text{O}_2) = v(\text{KOH}) / 4 = 0.375 \text{ моль,}$$

$$V(\text{O}_2) = 0.375 \cdot 22.4 = 8.4 \text{ л.}$$



Система оценивания – общая во всех вариантах.

Каждое правильное уравнение – 2 балла, всего – $4 \cdot 2 = 8$ баллов.

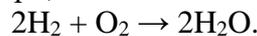
Расчет объема в каждом уравнении – 1 балл, всего – $4 \cdot 1 = 4$ балла.

Расчет по неверным уравнениям не оценивается.

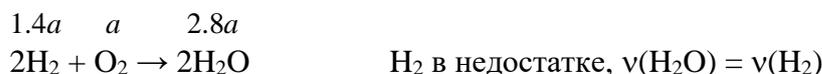
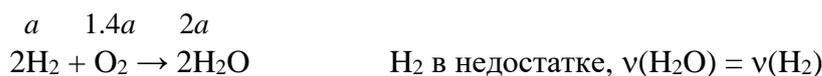
Задача 4 (16 баллов)

4.1. При взаимодействии a л водорода с b л кислорода выделилось Q кДж теплоты, а при взаимодействии b л водорода с a л кислорода выделилось $1.4Q$ кДж теплоты. Объемы газов измерены при одних и тех же температуре и давлении. Найдите общее соотношение между a и b . Если не смогли найти общее соотношение, приведите конкретные значения a и b , удовлетворяющие условию задачи. Ответ обязательно подтвердите расчетом.

Решение. Решение задачи основано на том, что в термохимических уравнениях, как и в обычных уравнениях реакций, расчет проводят по тому веществу, которое находится в недостатке. Для определения недостатка нет необходимости находить количества вещества, можно, основываясь на законе Авогадро, использовать объемы.



Если $V(\text{H}_2) < 2V(\text{O}_2)$, то в недостатке находится H_2 , в противном случае – O_2 . Во втором случае теплоты выделилось в 1.4 раза больше. Если принять $b = 1.4a$, то в обеих реакциях H_2 в недостатке:



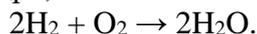
Во втором случае образуется в 1.4 раза больше H_2O , следовательно, и теплоты выделится в 1.4 раза больше, т.е. $Q_2 = 1.4Q$. Соотношение $a : b = 5 : 7$ удовлетворяет условию задачи.

Ответ: $a : b = 5 : 7$.

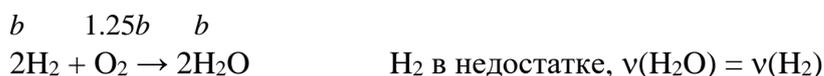
4.2. При взаимодействии a л водорода с b л кислорода выделилось Q кДж теплоты, а при взаимодействии b л водорода с a л кислорода выделилось $0.8Q$ кДж теплоты. Объемы газов измерены при одних и тех же температуре и давлении. Найдите общее соотношение между a и b . Если не смогли найти общее соотношение, приведите конкретные значения a и b , удовлетворяющие условию задачи. Ответ обязательно подтвердите расчетом.

Решение. Решение задачи основано на том, что в термохимических уравнениях, как и в обычных уравнениях реакций, расчет проводят по тому веществу, которое находится в

недостатке. Для определения недостатка нет необходимости находить количества вещества, можно, основываясь на законе Авогадро, использовать объемы.



Если $V(\text{H}_2) < 2V(\text{O}_2)$, то в недостатке находится H_2 , в противном случае – O_2 . В первом случае теплоты выделилось в 1.25 раза больше. Если принять $a = 1.25b$, то в обеих реакциях H_2 в недостатке:

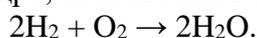


Во втором случае образуется в 1.25 раза меньше H_2O , следовательно, и теплоты выделится в 1.25 раза меньше, т.е. $Q_2 = 0.8Q$. Соотношение $a : b = 5 : 4$ удовлетворяет условию задачи.

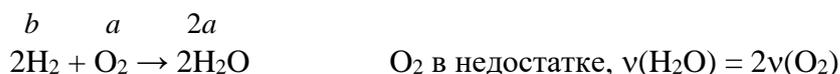
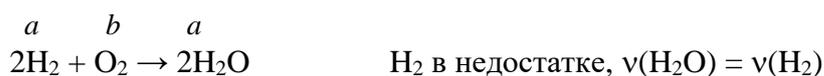
Ответ: $a : b = 5 : 4$.

4.3. При взаимодействии a л водорода с b л кислорода выделилось Q кДж теплоты, а при взаимодействии b л водорода с a л кислорода выделилось $2Q$ кДж теплоты. Объемы газов измерены при одних и тех же температуре и давлении. Найдите общее соотношение между a и b . Если не смогли найти общее соотношение, приведите конкретные значения a и b , удовлетворяющие условию задачи. Ответ обязательно подтвердите расчетом.

Решение. Решение задачи основано на том, что в термохимических уравнениях, как и в обычных уравнениях реакций, расчет проводят по тому веществу, которое находится в недостатке. Для определения недостатка нет необходимости находить количества вещества, можно, основываясь на законе Авогадро, использовать объемы.



Если $V(\text{H}_2) < 2V(\text{O}_2)$, то в недостатке находится H_2 , в противном случае – O_2 . Во втором случае теплоты выделилось в 2 раза больше. В первом случае можно взять заведомый недостаток водорода, $a \leq b/2$, тогда во втором случае он будет в избытке:



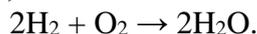
Во втором случае образуется в 2 раза больше H_2O , следовательно, и теплоты выделится в 1.4 раза больше, т.е. $Q_2 = 2Q$. Неравенство $a \leq b/2$ удовлетворяет условию задачи.

Ответ: $a \leq b/2$.

4.4. При взаимодействии a л водорода с b л кислорода выделилось Q кДж теплоты, а при взаимодействии b л водорода с a л кислорода выделилось $Q/2$ кДж теплоты. Объемы газов измерены при одних и тех же температуре и давлении. Найдите общее соотношение между a и b . Если не смогли найти общее соотношение, приведите конкретные значения a и b , удовлетворяющие условию задачи. Ответ обязательно подтвердите расчетом.

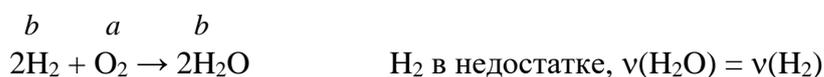
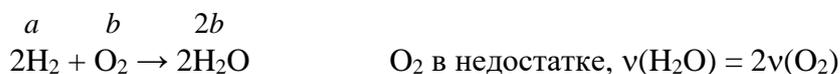
Решение. Решение задачи основано на том, что в термохимических уравнениях, как и в обычных уравнениях реакций, расчет проводят по тому веществу, которое находится в

недостатке. Для определения недостатка нет необходимости находить количества вещества, можно, основываясь на законе Авогадро, использовать объемы.



Если $V(\text{H}_2) < 2V(\text{O}_2)$, то в недостатке находится H_2 , в противном случае – O_2 .

Во втором случае теплоты выделилось в 2 раза меньше. В первом случае можно взять заведомый избыток водорода, $a \geq 2b$, тогда во втором случае он будет в недостатке:



Во втором случае образуется в 2 раза меньше H_2O , следовательно, и теплоты выделится в 2 раза меньше, т.е. $Q_2 = Q/2$. Неравенство $a \geq 2b$ удовлетворяет условию задачи.

Ответ: $a \geq 2b$.

Система оценивания – общая во всех вариантах.

Уравнение реакции – 4 балла.

Идея об избытке недостатке – 4 балла.

Правильный ответ с расчетом – 8 баллов

(конкретные значения объемов, удовлетворяющие условию – 4 балла из 8)

Ответ без расчета – 0 баллов.

Задача 5 (16 баллов)

5.1. Даны портреты четырех ученых (из разных стран), которые внесли большой вклад в развитие химии. Определите этих ученых и для каждого из них напишите короткое сообщение о самом ученом и о его самом выдающемся, на ваш взгляд, открытии. Сообщение должно содержать не менее 3 и не более 7 предложений и **ДОЛЖНО БЫТЬ НАПИСАНО ОТ РУКИ**. Постарайтесь писать без ошибок в орфографии. Тексты, набранные на компьютере, не оцениваются.

Решение.



1) Антуан Лоран Лавуазье – выдающийся французский химик. Один из основоположников химии. Предложил кислородную теорию горения.



2) Гемфри Дэви – британский химик, один из основоположников электрохимии. С помощью электролиза открыл несколько химических элементов. Один из его учеников – Майкл Фарадей.



3) Амедео Авогадро – итальянский химик. Первооткрыватель важного газового закона. С помощью нового закона установил формулы некоторых газообразных веществ.



4) Дмитрий Иванович Менделеев – всемирно известный российский химик и естествоиспытатель. Первооткрыватель Периодического закона. На его основе предсказал 17 новых элементов, 5 из этих предсказаний оправдались.

5.2. Даны портреты четырех ученых (из разных стран), которые внесли большой вклад в развитие химии. Определите этих ученых и для каждого из них напишите короткое сообщение о самом ученом и о его самом выдающемся, на ваш взгляд, открытии. Сообщение должно содержать не менее 3 и не более 7 предложений и **ДОЛЖНО БЫТЬ НАПИСАНО ОТ РУКИ.**

Постарайтесь писать без ошибок в орфографии. Тексты, набранные на компьютере, не оцениваются.

Решение.



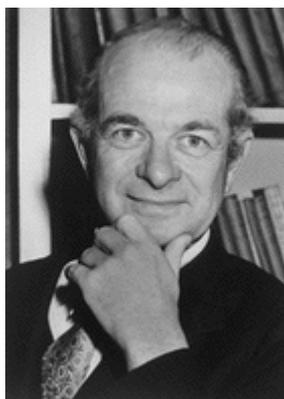
1) Джон Дальтон – выдающийся английский химик и физик. Один из основоположников атомно-молекулярной теории. Рассчитал атомные веса многих элементов и составил первую таблицу атомных масс.



2) Михаил Васильевич Ломоносов – российский ученый-энциклопедист. Первооткрыватель закона сохранения массы. Основатель Московского университета.



3) Анри Муассан – французский химик. Первым получил газообразный фтор. Был конкурентом Д.И. Менделеева в номинациях на Нобелевскую премию по химии и получил ее в 1906 г.



4) Лайнус Полинг – выдающийся американский химик-теоретик. Один из основателей квантовой химии, глубоко исследовал природу химической связи. Дважды лауреат Нобелевской премии по химии.

5.3. Даны портреты четырех ученых (из разных стран), которые внесли большой вклад в развитие химии. Определите этих ученых и для каждого из них напишите короткое сообщение о самом ученом и о его самом выдающемся, на ваш взгляд, открытии. Сообщение должно содержать не менее 3 и не более 7 предложений и **ДОЛЖНО БЫТЬ НАПИСАНО ОТ РУКИ**. Постарайтесь писать без ошибок в орфографии. Тексты, набранные на компьютере, не оцениваются.

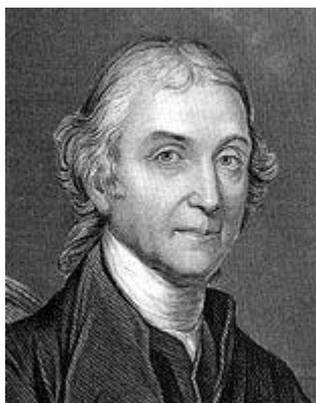
Решение.



1) Владимир Николаевич Ипатьев – выдающийся российский химик, генерал русской армии и академик. Один из основателей нефтехимии, основоположник химии высоких давлений. Первым установил строение изопрена.



2) Анри Луи Ле Шателье – французский физхимик. Первым сформулировал принцип динамического равновесия, названный его именем. На основе этого принципа предложил условия синтеза аммиака.



3) Джозеф Пристли – выдающийся британский, впоследствии американский химик. Открыл фотосинтез. Первым заявил об открытии газообразного кислорода.



4) Якоб Вант-Гофф – выдающийся голландский химик. Один из основателей стереохимии и один из основоположников физической химии. Открыл оптическую изомерию, обосновал зависимость констант скорости и констант равновесия от температуры.

5.4. Даны портреты четырех ученых (из разных стран), которые внесли большой вклад в развитие химии. Определите этих ученых и для каждого из них напишите короткое сообщение о самом ученом и о его самом выдающемся, на ваш взгляд, открытии. Сообщение должно содержать не менее 3 и не более 7 предложений и **ДОЛЖНО БЫТЬ НАПИСАНО ОТ РУКИ**. Постарайтесь писать без ошибок в орфографии. Тексты, набранные на компьютере, не оцениваются.

Решение.



1) Герман Иванович Гесс – российский химик и минералог. Один из основоположников термохимии, сформулировал закон о независимости теплоты реакции от ее пути. Автор одного из первых русских учебников химии.



2) Мария Кюри – выдающийся польский и французский химик и физик. Первооткрыватель радия и полония. Дважды лауреат Нобелевской премии.



3) Станислао Канницаро – итальянский химик, один из основоположников атомно-молекулярной теории. Первым точно сформулировал понятия «атом» и «молекула», предложил систему атомных весов. Внес вклад в развитие органической химии, открыл реакцию, названную его именем.



4) Йёнс Якоб Берцелиус – шведский химик и минералог. Предложил общепринятую ныне систему обозначения элементов. Открыл три новых элемента – церий, селен и торий.

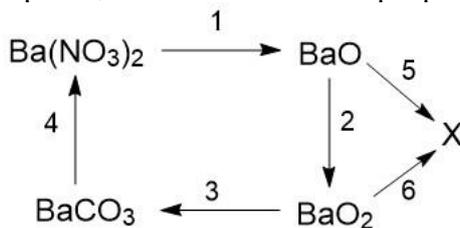
Система оценивания – общая во всех вариантах.

Правильная информация о каждом ученом, написанная от руки, – 4 балла.

(текст, набранный на компьютере, - 0 баллов). За каждую орфографическую ошибку – минус 1 балл.

Задача 6 (14 баллов)

6.1. Напишите уравнения реакций согласно схеме превращений:

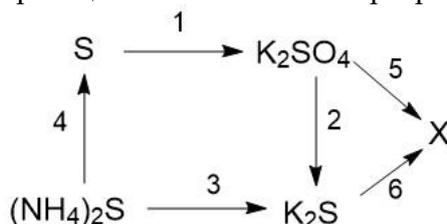


Вещество X содержит 58.8% бария по массе.

Решение. X – BaSO₄ ($\omega(\text{Ba}) = 137 / 233 = 0.588$ соответствует условию).

- 1) $2\text{Ba(NO}_3)_2 \xrightarrow{t} 2\text{BaO} + 4\text{NO}_2 + \text{O}_2$
- 2) $2\text{BaO} + \text{O}_2 \xrightarrow{t} 2\text{BaO}_2$
- 3) $2\text{BaO}_2 + 2\text{CO}_2 \rightarrow 2\text{BaCO}_3 + \text{O}_2$
- 4) $\text{BaCO}_3 + 2\text{HNO}_3 \rightarrow \text{Ba(NO}_3)_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- 5) $\text{BaO} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{BaSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
- 6) $\text{BaO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{BaSO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2$

6.2. Напишите уравнения реакций согласно схеме превращений:

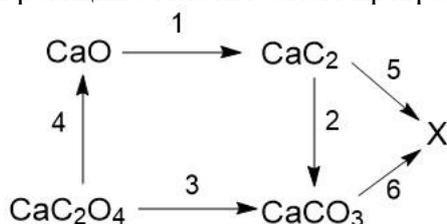


Вещество X содержит 23.5% калия по массе.

Решение. X – KI ($\omega(\text{K}) = 39 / 166 = 0.235$ соответствует условию).

- 1) $\text{S} + 2\text{K}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4$
- 2) $\text{K}_2\text{SO}_4 + 4\text{C} \xrightarrow{t} \text{K}_2\text{S} + 4\text{CO}$
- 3) $(\text{NH}_4)_2\text{S} + 2\text{KOH} \xrightarrow{t} \text{K}_2\text{S} + 2\text{NH}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$
- 4) $(\text{NH}_4)_2\text{S} + \text{Br}_2 \rightarrow \text{S} + 2\text{NH}_4\text{Br}$
- 5) $\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{BaI}_2 \rightarrow \text{BaSO}_4 \downarrow + 2\text{KI}$
- 6) $\text{K}_2\text{S} + 2\text{HI} \rightarrow 2\text{KI} + \text{H}_2\text{S}$

6.3. Напишите уравнения реакций согласно схеме превращений:

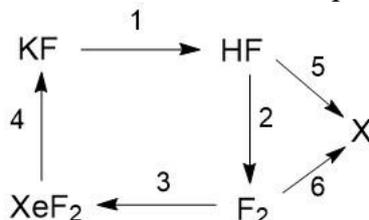


Вещество X содержит 20% кальция по массе.

Решение. X – CaBr₂. ($\omega(\text{Ca}) = 40 / 200 = 0.20$ соответствует условию)

- 1) $\text{CaO} + 3\text{C} \xrightarrow{t} \text{CaC}_2 + 2\text{CO}$
- 2) $\text{CaC}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{C}_2\text{H}_2$
- 3) $\text{CaC}_2\text{O}_4 \xrightarrow{t} \text{CaCO}_3 + \text{CO}$
- 4) $\text{CaC}_2\text{O}_4 \xrightarrow{t} \text{CaO} + \text{CO}_2 + \text{CO}$
- 5) $\text{CaC}_2 + 2\text{HBr} \rightarrow \text{CaBr}_2 + \text{C}_2\text{H}_2$
- 6) $\text{CaCO}_3 + 2\text{HBr} \rightarrow \text{CaBr}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

6.4. Напишите уравнения реакций согласно схеме превращений:



Вещество X содержит 86.4% фтора по массе.

Решение. X – CF₄. ($\omega(\text{F}) = 76 / 88 = 0.864$)

- 1) $\text{KF} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц}) \xrightarrow{t} \text{HF}\uparrow + \text{KHSO}_4$
- 2) $2\text{HF} \rightarrow \text{H}_2\uparrow + \text{F}_2\uparrow$ (электролиз жидкого HF в присутствии KF соответствует условию)
- 3) $\text{F}_2 + \text{Xe} \xrightarrow{h\nu} \text{XeF}_2$
- 4) $2\text{XeF}_2 + 4\text{KOH} \rightarrow 2\text{Xe}\uparrow + 4\text{KF} + \text{O}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$
- 5) $\text{CF}_2\text{Cl}_2 + 2\text{HF} \rightarrow \text{CF}_4 + 2\text{HCl}$
- 6) $\text{C} + 2\text{F}_2 \rightarrow \text{CF}_4$

Система оценивания – общая во всех вариантах.

Вещество X – 2 балла

Каждое верное уравнение – 2 балла (если не уравнено – 1 балл).

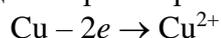
Задача 7 (20 баллов)

7.1. Электролиз раствора, содержащего 0.1 М CuSO₄ и 0.5 М H₂SO₄, проводили в течение 105 мин при силе тока 7.5 А с медным анодом. В ходе всего процесса на катоде выделилось 1.96 л газа (25 °С, 1 атм), а на аноде газы не выделялись. Запишите уравнения всех процессов, протекающих на катоде и на аноде. Как и на сколько изменилась масса катода и анода? Постоянная Фарадея: $F = 96500$ Кл/моль.

Решение. На катоде параллельно восстанавливаются ионы меди и водорода:



На аноде газы не выделялись, следовательно, происходило окисление медного анода, медь переходила в раствор:



Моли электронов:

$$\nu(e) = It / F = 7.5 \cdot (105 \cdot 60) / 96500 = 0.49 \text{ моль.}$$

Уменьшение массы анода:

$$m(\text{Cu}) = 0.49 / 2 \cdot 64 = 15.68 \text{ г.}$$

Количество водорода на катоде:

$$\nu(\text{H}_2) = 101.3 \cdot 1.96 / (8.314 \cdot 298) = 0.08 \text{ моль.}$$

На водород израсходовано $0.08 \cdot 2 = 0.16$ моль электронов, остальные $0.49 - 0.16 = 0.33$ моль электронов израсходованы на восстановление ионов меди на катоде.

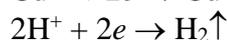
Увеличение массы катода:

$$m(\text{Cu}) = 0.33 / 2 \cdot 64 = 10.56 \text{ г.}$$

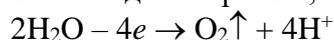
Ответ: масса анода уменьшится на 15.68 г, масса катода увеличится на 10.56 г.

7.2. Электролиз раствора, содержащего 0.1 М CuSO_4 и 0.5 М H_2SO_4 , проводили в течение 105 мин при силе тока 7.5 А с платиновым анодом. В ходе всего процесса на катоде выделилось 1.96 л газа (25 °С, 1 атм). Запишите уравнения всех процессов, протекающих на катоде и на аноде. Как и на сколько изменилась масса катода? Сколько литров газа (и какого?) выделилось на аноде? Постоянная Фарадея: $F = 96500$ Кл/моль.

Решение. На катоде параллельно восстанавливаются ионы меди и водорода:



Платиновый анод – инертный, на нем окислялась вода и выделялся кислород:



Моли электронов:

$$\nu(e) = It / F = 7.5 \cdot (105 \cdot 60) / 96500 = 0.49 \text{ моль.}$$

Объем газа на аноде:

$$V(\text{O}_2) = 0.49 / 4 \cdot 22.4 = 2.74 \text{ л.}$$

Количество водорода на катоде:

$$\nu(\text{H}_2) = 101.3 \cdot 1.96 / (8.314 \cdot 298) = 0.08 \text{ моль.}$$

На водород израсходовано $0.08 \cdot 2 = 0.16$ моль электронов, остальные $0.49 - 0.16 = 0.33$ моль электронов израсходованы на восстановление меди на катоде.

Увеличение массы катода:

$$m(\text{Cu}) = 0.33 / 2 \cdot 64 = 10.56 \text{ г.}$$

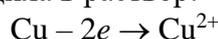
Ответ: масса катода увеличится на 10.56 г; 2.74 л O_2 на аноде.

7.3. Электролиз раствора, содержащего 0.1 М CuSO_4 и 0.5 М H_2SO_4 , проводили в течение 105 мин при силе тока 6.6 А с медным анодом. В ходе всего процесса на катоде выделилось 1.47 л газа (25 °С, 1 атм), а на аноде газы не выделялись. Запишите уравнения всех процессов, протекающих на катоде и на аноде. Как и на сколько изменилась масса катода и анода? Постоянная Фарадея: $F = 96500$ Кл/моль.

Решение. На катоде параллельно восстанавливаются ионы меди и водорода:



На аноде газы не выделялись, следовательно, происходило окисление медного анода, медь переходила в раствор:



Моли электронов:

$$\nu(e) = It / F = 6.6 \cdot (105 \cdot 60) / 96500 = 0.43 \text{ моль.}$$

Уменьшение массы анода:

$$m(\text{Cu}) = 0.43 / 2 \cdot 64 = 13.76 \text{ г.}$$

Количество водорода на катоде:

$$\nu(\text{H}_2) = 101.3 \cdot 1.47 / (8.314 \cdot 298) = 0.06 \text{ моль.}$$

На водород израсходовано $0.06 \cdot 2 = 0.12$ моль электронов, остальные $0.43 - 0.12 = 0.31$ моль электронов израсходованы на восстановление ионов меди на катоде.

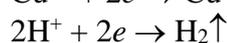
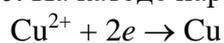
Увеличение массы катода:

$$m(\text{Cu}) = 0.31 / 2 \cdot 64 = 9.92 \text{ г.}$$

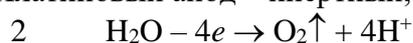
Ответ: масса анода уменьшится на 13.76 г, масса катода увеличится на 9.92 г.

7.4. Электролиз раствора, содержащего 0.1 М CuSO₄ и 0.5 М H₂SO₄, проводили в течение 105 мин при силе тока 6.6 А с платиновым анодом. В ходе всего процесса на катоде выделилось 1.47 л газа (25 °С, 1 атм). Запишите уравнения всех процессов, протекающих на катоде и на аноде. Как и на сколько изменилась масса катода? Сколько литров газа (и какого?) выделилось на аноде? Постоянная Фарадея: $F = 96500$ Кл/моль.

Решение. На катоде параллельно восстанавливаются ионы меди и водорода:



Платиновый анод – инертный, на нем окислялась вода и выделялся кислород:



Моли электронов:

$$\nu(e) = It / F = 6.6 \cdot (105 \cdot 60) / 96500 = 0.43 \text{ моль.}$$

Объем газа на аноде:

$$V(\text{O}_2) = 0.43 / 4 \cdot 22.4 = 2.41 \text{ л.}$$

Количество водорода на катоде:

$$\nu(\text{H}_2) = 101.3 \cdot 1.47 / (8.314 \cdot 298) = 0.06 \text{ моль.}$$

На водород израсходовано $0.06 \cdot 2 = 0.12$ моль электронов, остальные $0.43 - 0.12 = 0.31$ моль электронов израсходованы на восстановление ионов меди на катоде.

Увеличение массы катода:

$$m(\text{Cu}) = 0.31 / 2 \cdot 64 = 9.92 \text{ г.}$$

Ответ: масса катода увеличится на 9.92 г; 2.41 л O₂ на аноде.

Система оценивания – общая во всех вариантах.

Уравнения полуреакций – 3 по 2 балла, всего 6 баллов.

Моли электронов – 4 балла.

Моли водорода – 2 балла.

Объем (масса) веществ на аноде и катоде – по 4 балла, всего – 8 баллов.