

Задания 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?

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?

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?

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?

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.

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.

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.

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^+ .

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.

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.

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.

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.

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.

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.

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.

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.

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.

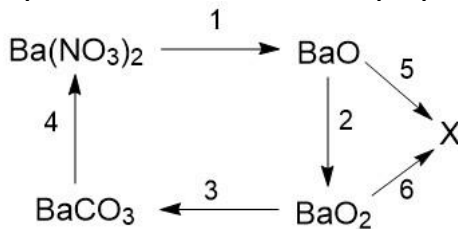
5.2. Даны портреты четырех ученых (из разных стран), которые внесли большой вклад в развитие химии. Определите этих ученых и для каждого из них напишите короткое сообщение о самом ученом и о его самом выдающемся, на ваш взгляд, открытии. Сообщение должно содержать не менее 3 и не более 7 предложений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

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.

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.

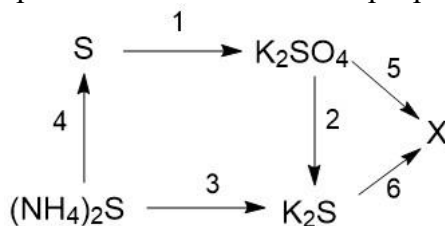
Задача 6 (14 баллов)

6.1. Напишите уравнения реакций согласно схеме превращений:



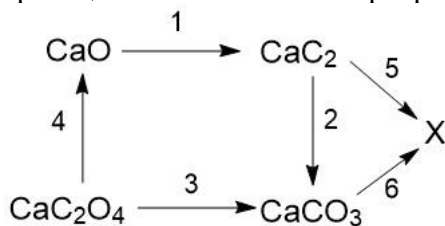
Вещество X содержит 58.8% бария по массе.

6.2. Напишите уравнения реакций согласно схеме превращений:



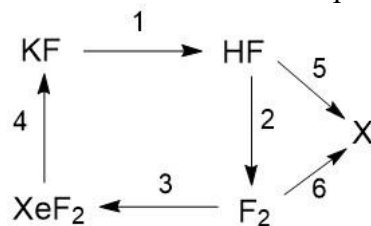
Вещество X содержит 23.5% калия по массе.

6.3. Напишите уравнения реакций согласно схеме превращений:



Вещество X содержит 20% кальция по массе.

6.4. Напишите уравнения реакций согласно схеме превращений:



Вещество X содержит 86.4% фтора по массе.

Задача 7 (20 баллов)

7.1. 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 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.

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.

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.

7.4. 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 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.

Задания отборочного этапа олимпиады «Ломоносов» по химии. 10 класс

Задача 1 (8 баллов)

1.1. В результате дегидратации при нагревании двух изомерных гидроксикислот, отвечающих формуле $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_3$, образуются два изомера, относящиеся к разным классам органических соединений. Установите строение четырех упомянутых соединений, запишите уравнения реакций дегидратации.

1.2. В результате дегидратации при нагревании двух изомерных гидроксикислот, отвечающих формуле $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_3$, образуются два изомера, относящиеся к одному классу органических соединений. Установите строение четырех упомянутых соединений, запишите уравнения реакций дегидратации.

1.3. В результате дегидратации при нагревании двух изомерных карбоновых кислот, отвечающих формуле $\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_4$, образуются два изомера. Установите строение четырех упомянутых соединений, запишите уравнения реакций дегидратации.

1.4. В результате декарбоксилирования при нагревании двух изомерных карбоновых кислот, отвечающих формуле $\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_4$, образуются два изомера. Установите строение четырех упомянутых соединений, запишите уравнения реакций декарбоксилирования.

Задача 2 (8 баллов)

2.1. Водный раствор при 20 °С содержит ионов H^+ в тысячу раз больше, чем ионов OH^- . Найдите pH раствора.

2.2. Водный раствор при 20 °С содержит ионов H^+ в сто раз больше, чем ионов OH^- . Найдите pH раствора.

2.3. Водный раствор при 20 °С содержит ионов H^+ в тысячу раз меньше, чем ионов OH^- . Найдите pH раствора.

2.4. Водный раствор при 20 °С содержит ионов H^+ в сто раз меньше, чем ионов OH^- . Найдите pH раствора.

Задача 3 (12 баллов)

3.1. Автомобилист накачал колеса машины до давления 2 атм. За ночь похолодало, температура воздуха упала на десять градусов до -5°C , и на щитке приборов загорелся сигнал недопустимо низкого давления в шинах. Сколько времени потребуется, чтобы подкачать все шины до исходного давления, если объем камеры шины составляет 80 л и остается постоянным, а производительность компрессора (скорость нагнетания воздуха при внешнем атмосферном давлении) равна 20 л/мин?

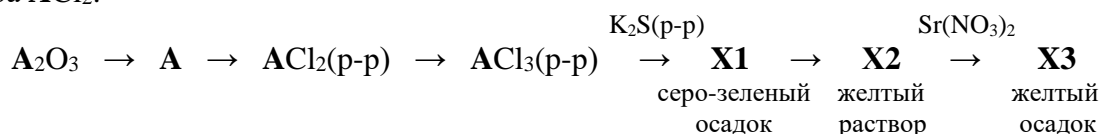
3.2. Автомобилист накачал колеса машины до давления 2.5 атм. На следующий день похолодало, температура воздуха упала до -15°C , и на щитке приборов загорелся сигнал недопустимо низкого давления в шинах. На сколько градусов упала температура, если объем камеры шины составляет 60 л и остается постоянным, производительность компрессора (скорость нагнетания воздуха при внешнем атмосферном давлении) равна 15 л/мин, и автомобилисту потребовалось 2 минуты 12 секунд, чтобы подкачать все шины до исходного давления?

3.3. Мотоциклист накачал колеса мотоцикла до давления 2.5 атм. За ночь похолодало, температура воздуха упала на десять градусов, и на щитке приборов загорелся сигнал недопустимо низкого давления в шинах. Определите температуру воздуха до похолодания, если объем камеры шины составляет 60 л и остается неизменным, производительность компрессора (скорость нагнетания воздуха при внешнем атмосферном давлении) равна 10 л/мин, и мотоциклисту потребовалось 1 мин 4 с, чтобы подкачать все шины до исходного давления.

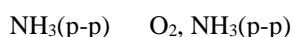
3.4. Автомобилист накачал колеса машины до давления 2.5 атм. На следующий день похолодало, температура воздуха упала на десять градусов до -3°C , и на щитке приборов загорелся сигнал недопустимо низкого давления в шинах. Автомобилю потребовалось 1 мин 47 с, чтобы подкачать все шины до исходного давления. Определите производительность компрессора (скорость нагнетания воздуха при внешнем атмосферном давлении), если объем камеры шины составляет 50 л и остается неизменным.

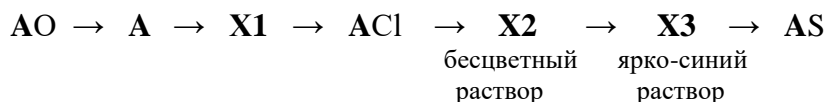
Задача 4 (14 баллов)

4.1. Определите металл **A** и состав соединений **X1** – **X3**. Напишите уравнения протекающих реакций, укажите условия их проведения. Укажите окраску соединения A_2O_3 и водного раствора ACl_2 .

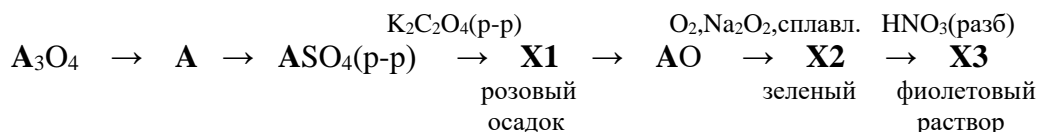


4.2. Определите металл **A** и состав соединений **X1** – **X3**. Напишите уравнения протекающих реакций, укажите условия их проведения. Укажите окраску соединений ACl и AS .

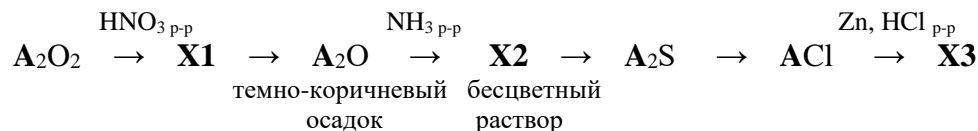




4.3. Определите металл **A** и состав соединений **X1** – **X3**. Напишите уравнения протекающих реакций, укажите условия их проведения. Укажите окраску соединения **AO** и водного раствора **ASO₄**.



4.4. Определите металл **A** и состав соединений **X1** – **X3**. Напишите уравнения протекающих реакций, укажите условия их проведения. Укажите окраску соединений **A₂O₂** и **ACl**.



Задача 5 (14 баллов)

5.1. Интегральная теплота растворения – количество теплоты, которое выделяется (или поглощается) при растворении конечного количества вещества в определенном количестве чистого растворителя. Известны интегральные теплоты растворения гидроксида калия в воде при 25 °С и 1 атм (см. таблицу).

Число молей H ₂ O на 1 моль KOH	Q, кДж/моль	Число молей H ₂ O на 1 моль KOH	Q, кДж/моль
3	41.80	20	53.95
6	49.87	50	54.33
10	52.66	50000	55.31

1) Какое количество теплоты выделится при растворении 1 моль KOH в воде с образованием 13.6 %-ного (по массе) раствора?

2) Определите массу воды, взятой при 18 °С, которую можно испарить с помощью найденного в п. 1 количества теплоты. При расчете примите, что теплоемкость воды равна 75.3 Дж/(моль·К), а теплота испарения воды составляет 40.7 кДж/моль.

3) Рассчитайте тепловой эффект (на 1 моль KOH) разбавления 34%-ного (по массе) раствора гидроксида калия в 2.5 раза.

5.2. Интегральная теплота растворения – количество теплоты, которое выделяется (или поглощается) при растворении конечного количества вещества в определенном количестве чистого растворителя. Известны интегральные теплоты растворения серной кислоты в воде при 25 °С и 1 атм (см. таблицу).

Число молей H ₂ O на 1 моль H ₂ SO ₄	Q, кДж/моль	Число молей H ₂ O на 1 моль H ₂ SO ₄	Q, кДж/моль
1	28.97	15	70.17
5	58.03	50	73.35
10	67.03	50000	92.34

1) Какое количество теплоты выделится при растворении 1 моль H_2SO_4 в воде с образованием 9.8 %-ного (по массе) раствора?

2) Определите массу воды, взятой при 5°C , которую можно испарить с помощью найденного в п. 1 количества теплоты. При расчете примите, что теплоемкость воды равна $75.3 \text{ Дж}/(\text{моль}\cdot\text{K})$, а теплота испарения воды составляет $40.7 \text{ кДж}/\text{моль}$.

3) Рассчитайте тепловой эффект (на 1 моль H_2SO_4) разбавления 52%-ного (по массе) раствора серной кислоты в 5.3 раза.

5.3. Интегральная теплота растворения – количество теплоты, которое выделяется (или поглощается) при растворении конечного количества вещества в определенном количестве чистого растворителя. Известны интегральные теплоты растворения гидроксида натрия в воде при 25°C и 1 атм (см. таблицу).

Число молей H_2O на 1 моль NaOH	Q , кДж/моль	Число молей H_2O на 1 моль NaOH	Q , кДж/моль
3	28.89	20	42.87
6	39.87	50	42.53
15	42.84	50000	42.80

1) Какое количество теплоты выделится при растворении 1 моль NaOH в воде с образованием 10.0 %-ного (по массе) раствора?

2) Определите массу воды, взятой при 14°C , которую можно испарить с помощью найденного в п. 1 количества теплоты. При расчете примите, что теплоемкость воды равна $75.3 \text{ Дж}/(\text{моль}\cdot\text{K})$, а теплота испарения воды составляет $40.7 \text{ кДж}/\text{моль}$.

3) Рассчитайте тепловой эффект (на 1 моль NaOH) разбавления 27 %-ного (по массе) раствора гидроксида натрия в 2.7 раза.

5.4. Интегральная теплота растворения – количество теплоты, которое выделяется (или поглощается) при растворении конечного количества вещества в определенном количестве чистого растворителя. Известны интегральные теплоты растворения азотной кислоты в воде при 25°C и 1 атм (см. таблицу).

Число молей H_2O на 1 моль HNO_3	Q , кДж/моль	Число молей H_2O на 1 моль HNO_3	Q , кДж/моль
2	20.08	20	32.67
6	29.84	52	32.74
15	32.46	50000	33.27

1) Какое количество теплоты выделится при растворении 1 моль HNO_3 в воде с образованием 6.5 %-ного (по массе) раствора?

2) Определите массу воды, взятой при 23°C , которую можно испарить с помощью найденного в п. 1 количества теплоты. При расчете примите, что теплоемкость воды равна $75.3 \text{ Дж}/(\text{моль}\cdot\text{K})$, а теплота испарения воды составляет $40.7 \text{ кДж}/\text{моль}$.

3) Рассчитайте тепловой эффект (на 1 моль HNO_3) разбавления 36.8 %-ного (по массе) раствора азотной кислоты в 5.7 раза.

Задача 6 (20 баллов)

6.1. В результате дегидрирования и последующего окисления углеводорода **A** была получена изофталевая (1,3-бензолдикарбоновая) кислота, а из углеводорода **B** – фталевая (1,2-бензолдикарбоновая) кислота. Для окисления 3.85 г **A** требуется 224 мл подкисленного

0.25 М раствора перманганата калия. Такой же объём перманганата калия окисляет 8.68 г **В**. Установите строение **А** и **В**, напишите уравнения упомянутых реакций и укажите условия их протекания.

6.2. В результате дегидрирования и последующего окисления углеводорода **А** была получена терефталевая (1,4-бензолдикарбоновая) кислота, а из углеводорода **В** – фталевая (1,2-бензолдикарбоновая) кислота. Для окисления 5.28 г **А** требуется 192 мл подкисленного 0.25 М раствора дихромата калия. Такой же объём дихромата калия окисляет 4.464 г **В**. Установите строение **А** и **В**, напишите уравнения упомянутых реакций и укажите условия их протекания.

6.3. В результате дегидрирования и последующего окисления углеводорода **А** была получена фталевая (1,2-бензолдикарбоновая) кислота, а из углеводорода **В** – терефталевая (1,4-бензолдикарбоновая) кислота. Для окисления 6.6 г **А** требуется 300 мл подкисленного 0.2 М раствора дихромата калия. Такой же объём дихромата калия окисляет 11.16 г **В**. Установите строение **А** и **В**, напишите уравнения упомянутых реакций и укажите условия их протекания.

6.4. В результате дегидрирования и последующего окисления углеводорода **А** была получена фталевая (1,2-бензолдикарбоновая) кислота, а из углеводорода **В** – терефталевая (1,4-бензолдикарбоновая) кислота. Для окисления 4.95 г **А** требуется 180 мл подкисленного 0.2 М раствора перманганата калия. Такой же объём перманганата калия окисляет 2.79 г **В**. Установите строение **А** и **В**, напишите уравнения упомянутых реакций и укажите условия их протекания.

Задача 7 (24 балла)

7.1. В двух баллонах содержатся газы (газовые смеси) с одинаковой относительной плотностью по воздуху. При пропускании газа из первого баллона через 800 мл 0.05 М раствора ацетата свинца(II) образуется 9.56 г черного осадка. При пропускании газа из второго баллона через избыток раствор гидроксида бария образуется 21.70 г осадка, способного прореагировать с 1 М раствором пероксида водорода объемом 100 мл. Известно, что газ из второго баллона был поглощен раствором лишь частично, его объем при этом уменьшился в 2.0 раза. Определите состав непоглощенного газа. Укажите, возможно ли взаимодействие осадка, полученного в растворе ацетата свинца, с перекисью водорода. Определите состав газов (газовых смесей). Напишите уравнения всех перечисленных реакций. Подтвердите свои выводы и ответ расчетами.

7.2. В двух баллонах содержатся газы (газовые смеси) с одинаковой относительной плотностью по воздуху. При пропускании газов через порции 0.05 М раствора нитрата серебра объемом 120 мл каждая образование светло-желтого осадка массой 1.41 г происходит только в случае газа из первого баллона, при этом непоглощенный остается 87.1% исходного объема пропускаемого газа. При пропускании равных объемов газов (объем измерен при одинаковых температуре и давлении) через избыточные порции раствора нитрата свинца осадки образуются в обоих случаях, отношение масс осадков равно 4.12. Определите состав газов (газовых смесей). Укажите, возможно ли взаимодействие осадка, полученного из раствора нитрата серебра, с концентрированным раствором азотной кислоты. Напишите уравнения всех перечисленных реакций. Подтвердите свои выводы и ответ расчетами.

7.3. В двух баллонах содержатся газы (газовые смеси) с одинаковой относительной плотностью по воздуху. При пропускании газов через избыточные порции раствора гидроксида кальция происходит образование осадков двух веществ **А** и **В**, молярные массы которых различаются в 1.20 раза. Заметим, что при пропускании газа из второго баллона через раствор гидроксида кальция остается непоглощенным 23% его исходного объема. Полученные осадки **А** и **В** по-разному реагируют с раствором, содержащим 15.8 г перманганата калия и 29.4 г серной кислоты. При реакции **А** происходит полное обесцвечивание раствора, а при реакции **В** выделяется газ. При взаимодействии 5 г **В** с

указанным раствором максимально может выделяться 1.12 л (н. у.) газа. Определите состав газов (газовых смесей). Напишите уравнения всех перечисленных реакций. Подтвердите свои выводы и ответ расчетами.

7.4. В двух баллонах содержатся газы (газовые смеси) с одинаковой относительной плотностью по воздуху. При пропускании 100.00 мл газа из первого баллона через концентрированный раствор азотной кислоты непоглощенным остается 25.37 мл (объемы газов измерены при одинаковых температуре и давлении, окраска газа не меняется и остается бесцветной). Напишите уравнение реакции, протекающей при нагревании кристаллов соединения, образующегося в данном растворе. При пропускании 784 мл (н. у.) газа из второго баллона через избыток концентрированного раствора азотной кислоты выделяется 6.272 л (н. у.) бурого газа. При пропускании газов через порции раствора хлорида алюминия осадок образуется только в случае газа из первого баллона: при пропускании через раствор 900.44 мл газа (н. у.) получается 0.78 г осадка; часть газа, как и в случае с азотной кислотой, остается непоглощенной. Определите состав газов (газовых смесей). Напишите уравнения всех перечисленных реакций. Подтвердите свои выводы и ответ расчетами.

Решения заданий олимпиады «Ломоносов» по химии (5-9 классы).

Отборочный тур

Задача 1 (8 баллов)

1.1. 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. 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. 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. 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.

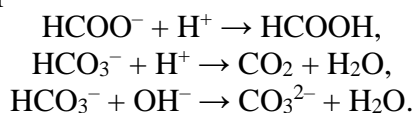
Ответ: 14.

Задача 2 (14 баллов)

2.1. Различие степеней окисления на 2 говорит о том, что в одном из ионов на один атом О (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:

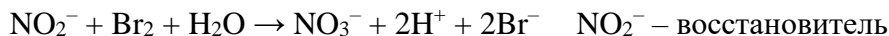
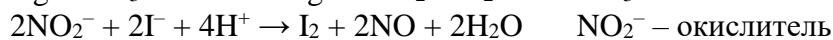
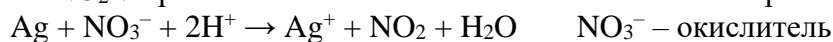


Ответ: HCO_3^- и $HCOO^-$.

2.2. Различие степеней окисления на 2 говорит о том, что в одном из ионов на один атом О (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:

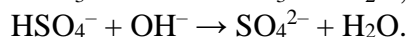
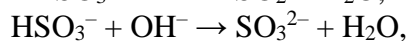
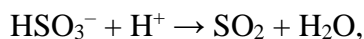


Ответ: NO_3^- и NO_2^- .

2.3. Различие степеней окисления на 2 говорит о том, что в одном из ионов на один атом О (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:

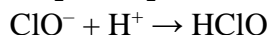
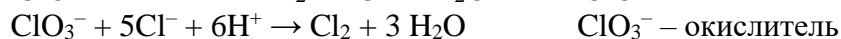
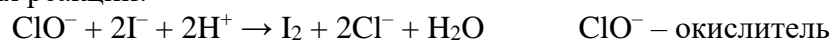


Ответ: HSO_3^- и HSO_4^- .

2.4. Различие степеней окисления на 4 говорит о том, что в одном из ионов на два атома О (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.

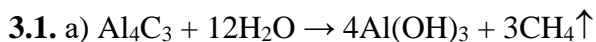
$$\frac{N}{N+16} = \frac{13}{21},$$

$N = 26$. 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:



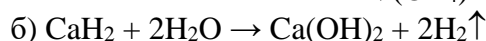
Ответ. ClO^- и ClO_3^- .

Задача 3 (12 баллов)



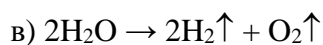
$$\nu(\text{CH}_4) = \nu(\text{H}_2\text{O}) / 4 = 0.25 \text{ моль},$$

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



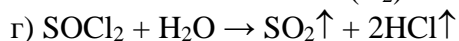
$$\nu(\text{H}_2) = \nu(\text{H}_2\text{O}) = 1 \text{ моль},$$

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



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

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



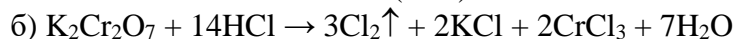
$$\nu(\text{SO}_2) + \nu(\text{HCl}) = 3\nu(\text{H}_2\text{O}) = 3 \text{ моль},$$

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



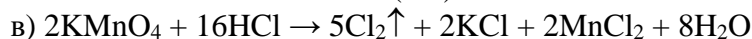
$$\nu(\text{CH}_4) = \nu(\text{HCl}) / 4 = 0.25 \text{ моль,}$$

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



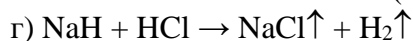
$$\nu(\text{Cl}_2) = \nu(\text{HCl}) \cdot 3 / 14 = 0.214 \text{ моль,}$$

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



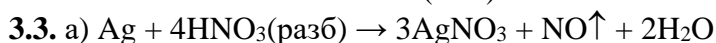
$$\nu(\text{Cl}_2) = \nu(\text{HCl}) \cdot 5 / 16 = 0.313 \text{ моль,}$$

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



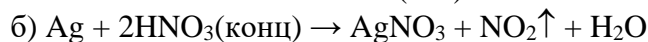
$$\nu(\text{H}_2) = \nu(\text{HCl}) = 1 \text{ моль,}$$

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



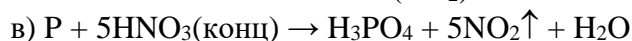
$$\nu(\text{NO}) = \nu(\text{HNO}_3) / 4 = 0.25 \text{ моль,}$$

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



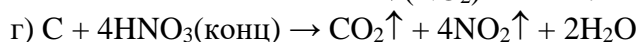
$$\nu(\text{NO}_2) = \nu(\text{HNO}_3) / 2 = 0.5 \text{ моль,}$$

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



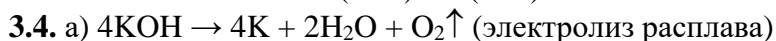
$$\nu(\text{NO}_2) = \nu(\text{HNO}_3) = 1 \text{ моль,}$$

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



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

$$V(\text{CO}_2) + V(\text{SO}_2) = 1.25 \cdot 22.4 = 28.0 \text{ л.}$$



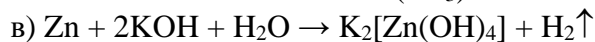
$$\nu(\text{O}_2) = \nu(\text{KOH}) / 4 = 0.375 \text{ моль,}$$

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



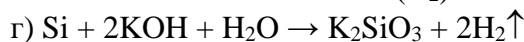
$$\nu(\text{PH}_3) = \nu(\text{KOH}) / 3 = 0.5 \text{ моль,}$$

$$V(\text{PH}_3) = 0.5 \cdot 22.4 = 11.2 \text{ л.}$$



$$\nu(\text{H}_2) = \nu(\text{KOH}) / 2 = 0.75 \text{ моль,}$$

$$V(\text{H}_2) = 0.75 \cdot 22.4 = 16.8 \text{ л.}$$

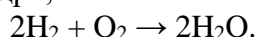


$$\nu(\text{H}_2) = \nu(\text{KOH}) = 1.5 \text{ моль,}$$

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

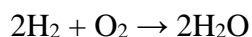
Задача 4 (16 баллов)

4.1. 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.

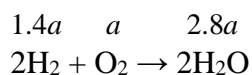


Если $V(\text{H}_2) < 2V(\text{O}_2)$, то в недостатке находится H_2 , в противном случае – O_2 . Во втором случае теплоты выделилось в 1.4 раза больше. Если принять $b = 1.4a$, то в обеих реакциях H_2 в недостатке:

$$a \quad 1.4a \quad 2a$$



H_2 в недостатке, $\nu(\text{H}_2\text{O}) = \nu(\text{H}_2)$

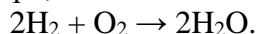


H_2 в недостатке, $v(\text{H}_2\text{O}) = v(\text{H}_2)$

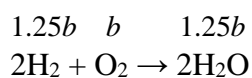
Во втором случае образуется в 1.4 раза больше H_2O , следовательно, и теплоты выделится в 1.4 раза больше, т.е. $Q_2 = 1.4Q$. Соотношение $a : b = 5 : 7$ удовлетворяет условию задачи.

Ответ: $a : b = 5 : 7$.

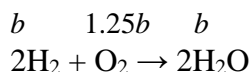
4.2. Решение задачи основано на том, что в термохимических уравнениях, как и в обычных уравнениях реакций, расчет проводят по тому веществу, которое находится в недостатке. Для определения недостатка нет необходимости находить количества вещества, можно, основываясь на законе Авогадро, использовать объемы.



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:



H_2 в недостатке, $v(\text{H}_2\text{O}) = v(\text{H}_2)$

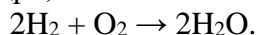


H_2 в недостатке, $v(\text{H}_2\text{O}) = v(\text{H}_2)$

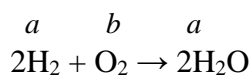
Во втором случае образуется в 1.25 раза меньше H_2O , следовательно, и теплоты выделится в 1.25 раза меньше, т.е. $Q_2 = 0.8Q$. Соотношение $a : b = 5 : 4$ удовлетворяет условию задачи.

Ответ: $a : b = 5 : 4$.

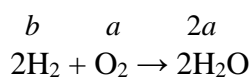
4.3. Решение задачи основано на том, что в термохимических уравнениях, как и в обычных уравнениях реакций, расчет проводят по тому веществу, которое находится в недостатке. Для определения недостатка нет необходимости находить количества вещества, можно, основываясь на законе Авогадро, использовать объемы.



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:



H_2 в недостатке, $v(\text{H}_2\text{O}) = v(\text{H}_2)$

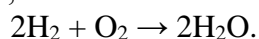


O_2 в недостатке, $v(\text{H}_2\text{O}) = 2v(\text{O}_2)$

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.

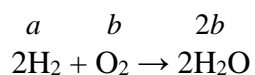
Ответ: $a \leq b/2$.

4.4. 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.

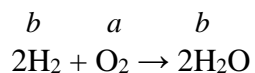


Если $V(\text{H}_2) < 2V(\text{O}_2)$, то в недостатке находится H_2 , в противном случае – O_2 .

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:



O_2 в недостатке, $\nu(\text{H}_2\text{O}) = 2\nu(\text{O}_2)$



H_2 в недостатке, $\nu(\text{H}_2\text{O}) = \nu(\text{H}_2)$

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: $a \geq 2b$.

Задача 5 (16 баллов)

5.1.



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.



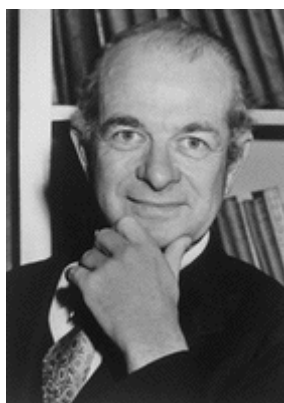
1) Джон Дальтон – выдающийся английский химик и физик. Один из основоположников атомно-молекулярной теории. Рассчитал атомные веса многих элементов и составил первую таблицу атомных масс.



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.

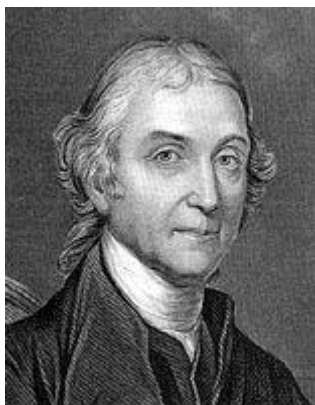
5.3.



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.



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.

Задача 6 (14 баллов)

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

- 1) $2\text{Ba}(\text{NO}_3)_2 \xrightarrow{t} 2\text{BaO} + 4\text{NO}_2 + \text{O}_2$
- 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) $\text{BaCO}_3 + 2\text{HNO}_3 \rightarrow \text{Ba}(\text{NO}_3)_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- 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. X – KI ($\omega(\text{K}) = 39 / 166 = 0.235$ соответствует условию).

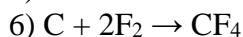
- 1) $\text{S} + 2\text{KO}_2 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4$
- 2) $\text{K}_2\text{SO}_4 + 4\text{C} \xrightarrow{t} \text{K}_2\text{S} + 4\text{CO}$
- 3) $(\text{NH}_4)_2\text{S} + 2\text{KOH} \xrightarrow{t} \text{K}_2\text{S} + 2\text{NH}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$
- 4) $(\text{NH}_4)_2\text{S} + \text{Br}_2 \rightarrow \text{S} + 2\text{NH}_4\text{Br}$
- 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. 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) $\text{CaCO}_3 + 2\text{HBr} \rightarrow \text{CaBr}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

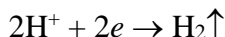
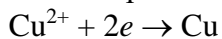
6.4. X – CF₄. ($\omega(\text{F}) = 76 / 88 = 0.864$)

- 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) $2\text{XeF}_2 + 4\text{KOH} \rightarrow 2\text{Xe} \uparrow + 4\text{KF} + \text{O}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$

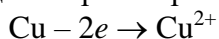


Задача 7 (20 баллов)

7.1. 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:

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

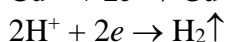
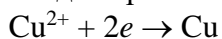
На водород израсходовано $0.08 \cdot 2 = 0.16$ моль электронов, остальные $0.49 - 0.16 = 0.33$ моль электронов израсходованы на восстановление ионов меди на катоде.

Увеличение массы катода:

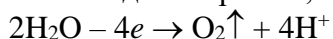
$$m(\text{Cu}) = 0.33 / 2 \cdot 64 = 10.56 \text{ г.}$$

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

7.2. 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:

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

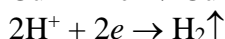
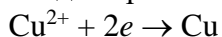
На водород израсходовано $0.08 \cdot 2 = 0.16$ моль электронов, остальные $0.49 - 0.16 = 0.33$ моль электронов израсходованы на восстановление меди на катоде.

Увеличение массы катода:

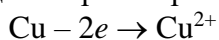
$$m(\text{Cu}) = 0.33 / 2 \cdot 64 = 10.56 \text{ г.}$$

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

7.3. 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:

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

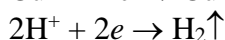
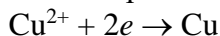
На водород израсходовано $0.06 \cdot 2 = 0.12$ моль электронов, остальные $0.43 - 0.12 = 0.31$ моль электронов израсходованы на восстановление ионов меди на катоде.

Увеличение массы катода:

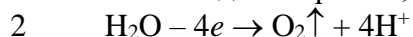
$$m(\text{Cu}) = 0.31 / 2 \cdot 64 = 9.92 \text{ г.}$$

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

7.4. 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:

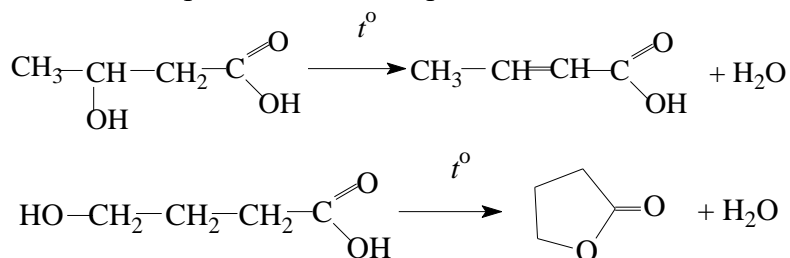
$$m(\text{Cu}) = 0.31 / 2 \cdot 64 = 9.92 \text{ г.}$$

Ответ: масса катода увеличится на 9.92 г; 2.41 л O_2 на аноде.

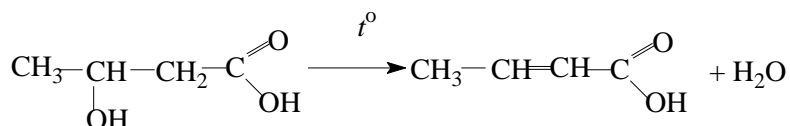
Решения заданий отборочного этапа олимпиады «Ломоносов» по химии 10 класс

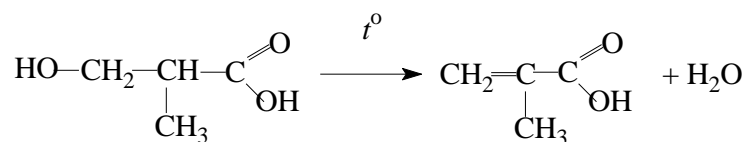
Задача 1 (8 баллов)

1.1. 3-Гидроксипропановая и 4-гидроксипропановая кислоты являются изомерами, продукты их внутримолекулярной дегидратации – также изомеры, отвечающие формуле $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_2$. Продукты относятся к разным классам органических соединений:

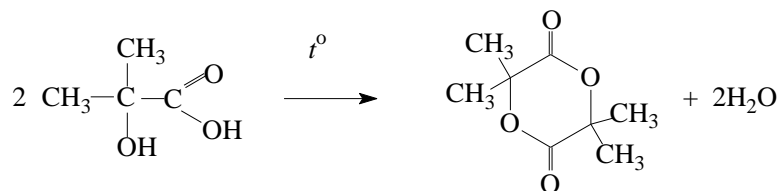
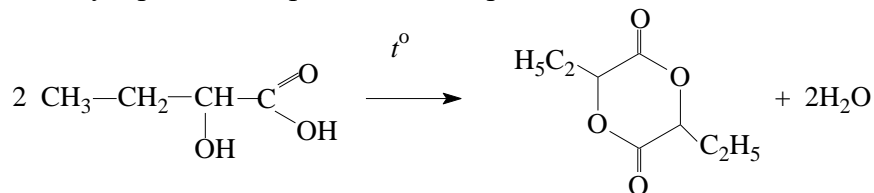


1.2. 3-Гидроксипропановая и 3-гидрокси-2-метилпропановая кислоты – изомеры, продукты их внутримолекулярной дегидратации – также изомеры, отвечающие формуле $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_2$. Продукты реакций относятся к одному классу органических соединений – к одноосновным непредельным кислотам:

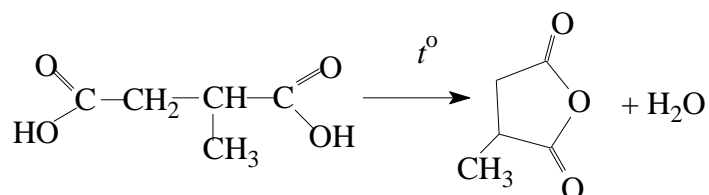
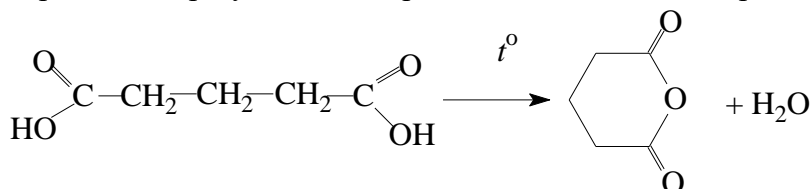




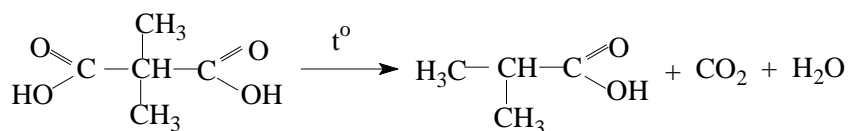
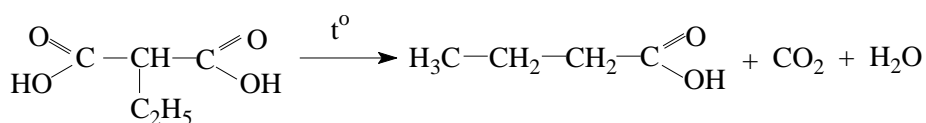
Еще один вариант решения – пара изомерных α -гидроксикислот, образующих в результате межмолекулярной дегидратации изомерные лактиды:



1.3. Дикарбоновые кислоты $\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_4$ – глутаровая и метилянтарная – изомеры, в результате их дегидратации образуются изомерные циклические ангидриды:



1.4. Дикарбоновые кислоты $\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_4$ – этилмалоновая и диметилмалоновая – изомеры. В результате декарбоксилирования этих кислот образуются изомерные монокарбоновые кислоты, отвечающие формуле $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$:



Задача 2 (8 баллов)

2.1. По условию задачи, в растворе

$$[\text{H}^+] = 1000[\text{OH}^-].$$

Ионное произведение воды:

$$K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = [\text{H}^+]^2 / 1000 = 10^{-14}.$$

Отсюда

$$[\text{H}^+] = \sqrt{1000 \cdot 10^{-14}} = \sqrt{10^{-11}} = 10^{-5.5} \text{ (моль/л)}.$$
$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = -\lg(10^{-5.5}) = 5.5.$$

Ответ: pH = 5.5.

2.2. По условию задачи, в растворе

$$[\text{H}^+] = 100[\text{OH}^-].$$

Ионное произведение воды:

$$K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = [\text{H}^+]^2 / 100 = 10^{-14}.$$

Отсюда

$$[\text{H}^+] = \sqrt{100 \cdot 10^{-14}} = \sqrt{10^{-12}} = 10^{-6} \text{ (моль/л)}.$$
$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = -\lg(10^{-6}) = 6.$$

Ответ: pH = 6.

2.3. По условию задачи, в растворе

$$1000 [\text{H}^+] = [\text{OH}^-].$$

Ионное произведение воды:

$$K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = 1000[\text{H}^+]^2 = 10^{-14}.$$

Отсюда

$$[\text{H}^+] = \sqrt{\frac{10^{-14}}{1000}} = \sqrt{10^{-17}} = 10^{-8.5} \text{ (моль/л)}.$$
$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = -\lg(10^{-8.5}) = 8.5.$$

Ответ: pH = 8.5.

2.4. По условию задачи, в растворе

$$100[\text{H}^+] = [\text{OH}^-].$$

Ионное произведение воды:

$$K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = 100[\text{H}^+]^2 = 10^{-14}.$$

Отсюда

$$[\text{H}^+] = \sqrt{\frac{10^{-14}}{100}} = \sqrt{10^{-16}} = 10^{-8} \text{ (моль/л)}.$$
$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = -\lg(10^{-8}) = 8.$$

Ответ: pH = 8.

Задача 3 (12 баллов)

3.1. Количество вещества воздуха в шине с объемом камеры $V_{ш}$ при рабочем давлении p_1 (2 атм) и первоначальной температуре T_1 :

$$n_1 = \frac{p_1 V_{ш}}{RT_1}.$$

После того, как температура упала до T_2 и шину подкачали до исходного давления p_1 , общее число моль воздуха в шине составило

$$n_1 + n_x = \frac{p_1 V_{ш}}{RT_2},$$

где n_x – число моль «докачиваемого» воздуха. Отсюда

$$n_x = \frac{p_1 V_{ш}}{RT_2} - n_1 = \frac{p_1 V_{ш}}{RT_2} - \frac{p_1 V_{ш}}{RT_1} = \frac{p_1 V_{ш} (T_1 - T_2)}{RT_1 T_2}.$$

Тогда объем «докачиваемого» воздуха при внешнем атмосферном давлении p^0 (1 атм) и температуре T_2 составит

$$V_x = \frac{n_x RT_2}{p^0} = \frac{p_1 V_w (T_1 - T_2) RT_2}{RT_1 T_2 p^0} = \frac{p_1 V_w (T_1 - T_2)}{T_1 p^0}.$$

Время, необходимое, чтобы подкачать одно колесо при скорости нагнетания воздуха r :

$$t_1 = \frac{V_x}{r} = \frac{p_1 V_w (T_1 - T_2)}{T_1 p^0 r} = \frac{2 \cdot 80 \cdot 10}{278 \cdot 1 \cdot 20} = 0.29 \text{ мин},$$

а время, необходимое, чтобы подкачать все четыре колеса автомобиля, составит

$$t = 4 \cdot t_1 = 4 \cdot 0.29 = 1.16 \text{ мин} = 1 \text{ мин } 10 \text{ с}.$$

Ответ: 1 мин 10 с.

3.2. Количество вещества воздуха в шине с объемом камеры V_w при рабочем давлении p_1 (2.5 атм) и первоначальной температуре T_1 :

$$n_1 = \frac{p_1 V_w}{RT_1}.$$

После того, как температура упала до T_2 и шину подкачали до исходного давления p_1 , общее число моль воздуха в шине составило

$$n_1 + n_x = \frac{p_1 V_w}{RT_2},$$

где n_x – число моль «докачиваемого» воздуха. Отсюда

$$n_x = \frac{p_1 V_w}{RT_2} - n_1 = \frac{p_1 V_w}{RT_2} - \frac{p_1 V_w}{RT_1} = \frac{p_1 V_w (T_1 - T_2)}{RT_1 T_2}.$$

Тогда объем «докачиваемого» воздуха при внешнем атмосферном давлении p^0 (1 атм) и температуре T_2 составит

$$V_x = \frac{n_x RT_2}{p^0} = \frac{p_1 V_w (T_1 - T_2) RT_2}{RT_1 T_2 p^0} = \frac{p_1 V_w (T_1 - T_2)}{T_1 p^0}.$$

Время, необходимое, чтобы подкачать одно колесо при скорости нагнетания воздуха r :

$$t_1 = \frac{V_x}{r} = \frac{p_1 V_w (T_1 - T_2)}{T_1 p^0 r}.$$

Из условий задачи, время на подкачку одного колеса равно

$$t_1 = 2.2 / 4 = 0.55 \text{ мин}.$$

Тогда падение температуры составило

$$T_1 - T_2 = \frac{t_1 T_1 p^0 r}{p_1 V_w} = \frac{0.55 \cdot 258 \cdot 1 \cdot 15}{2.5 \cdot 60} = 14.2 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Ответ: температура понизилась на 14.2 °C.

3.3. Решение. Количество вещества воздуха в шине с объемом камеры V_w при рабочем давлении p_1 (2.5 атм) и первоначальной температуре T_1 :

$$n_1 = \frac{p_1 V_w}{RT_1}.$$

После того, как температура упала до T_2 и шину подкачали до исходного давления p_1 , общее число моль воздуха в шине составило

$$n_1 + n_x = \frac{p_1 V_w}{RT_2},$$

где n_x – число моль «докачиваемого» воздуха. Отсюда

$$n_x = \frac{p_1 V_w}{RT_2} - n_1 = \frac{p_1 V_w}{RT_2} - \frac{p_1 V_w}{RT_1} = \frac{p_1 V_w (T_1 - T_2)}{RT_1 T_2}.$$

Тогда объем «докачиваемого» воздуха при внешнем атмосферном давлении p^0 (1 атм) и температуре T_2 составит

$$V_x = \frac{n_x RT_2}{p^0} = \frac{p_1 V_w (T_1 - T_2) RT_2}{RT_1 T_2 p^0} = \frac{p_1 V_w (T_1 - T_2)}{T_1 p^0}.$$

Время, необходимое, чтобы подкачать одно колесо при скорости нагнетания воздуха r :

$$t_1 = \frac{V_x}{r} = \frac{p_1 V_w (T_1 - T_2)}{T_1 p^0 r}.$$

Из условий задачи, время на подкачку одного колеса равно

$$t_1 = 1.066 / 2 = 0.533 \text{ мин.}$$

$$T_1 = \frac{p_1 V_w (T_1 - T_2)}{t_1 p^0 r} = \frac{2.5 \cdot 60 \cdot 10}{0.533 \cdot 1 \cdot 10} = 281 \text{ К} = 8 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Ответ: 8 °С.

3.4. Количество вещества воздуха в шине с объемом камеры V_w при рабочем давлении p_1 (2.5 атм) и первоначальной температуре T_1 :

$$n_1 = \frac{p_1 V_w}{RT_1}.$$

После того, как температура упала до T_2 и шину подкачали до исходного давления p_1 , общее число моль воздуха в шине составило

$$n_1 + n_x = \frac{p_1 V_w}{RT_2},$$

где n_x – число моль «докачиваемого» воздуха. Отсюда

$$n_x = \frac{p_1 V_w}{RT_2} - n_1 = \frac{p_1 V_w}{RT_2} - \frac{p_1 V_w}{RT_1} = \frac{p_1 V_w (T_1 - T_2)}{RT_1 T_2}.$$

Тогда объем «докачиваемого» воздуха при внешнем атмосферном давлении p^0 (1 атм) и температуре T_2 составит

$$V_x = \frac{n_x RT_2}{p^0} = \frac{p_1 V_w (T_1 - T_2) RT_2}{RT_1 T_2 p^0} = \frac{p_1 V_w (T_1 - T_2)}{T_1 p^0}.$$

Из условий задачи, время на подкачку одного колеса равно

$$t_1 = 1.78 / 4 = 0.445 \text{ мин.}$$

Тогда скорость нагнетания воздуха составит

$$r = \frac{V_x}{t_1} = \frac{p_1 V_w (T_1 - T_2)}{T_1 p^0 t_1} = \frac{2.5 \cdot 50 \cdot 10}{270 \cdot 1 \cdot 0.445} = 10 \text{ л/мин.}$$

Ответ: 10 л/мин.

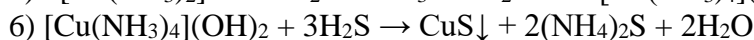
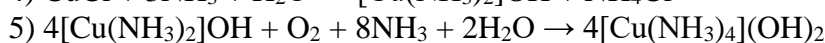
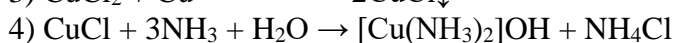
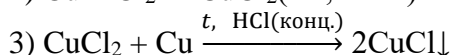
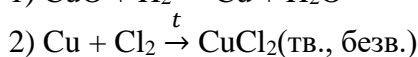
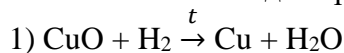
Задача 4 (14 баллов)

4.1. Металл А – хром. Уравнения возможных реакций:

- 1) $\text{Cr}_2\text{O}_3 + 2\text{Al} \xrightarrow{t} 2\text{Cr} + \text{Al}_2\text{O}_3$
- 2) $\text{Cr} + 2\text{HCl}(\text{p-p}) \rightarrow \text{CrCl}_2 + \text{H}_2\uparrow$
- 3) $4\text{CrCl}_2 + \text{O}_2 + 4\text{HCl}(\text{p-p}) \rightarrow 4\text{CrCl}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$
- 4) $2\text{CrCl}_3 + 3\text{K}_2\text{S} + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Cr}(\text{OH})_3\downarrow + 3\text{H}_2\text{S}\uparrow + 6\text{KCl}$
- 5) $2\text{Cr}(\text{OH})_3 + 3\text{Br}_2 + 10\text{KOH}(\text{конц}) \xrightarrow{t} 2\text{K}_2\text{CrO}_4 + 6\text{KBr} + 8\text{H}_2\text{O}$
- 6) $\text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{Sr}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{SrCrO}_4\downarrow + 2\text{KNO}_3$

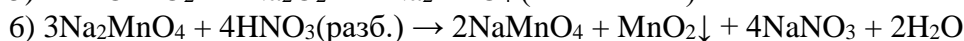
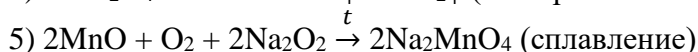
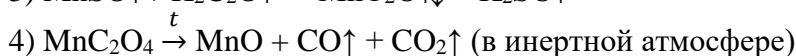
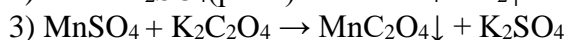
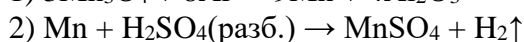
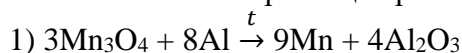
Ответ: А – хром; **X1** – $\text{Cr}(\text{OH})_3$, **X2** – K_2CrO_4 , **X3** – SrCrO_4 ; Cr_2O_3 – темно-зеленый, CrCl_2 – голубой раствор.

4.2. Металл А – медь. Уравнения возможных реакций:



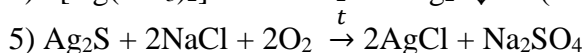
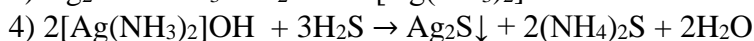
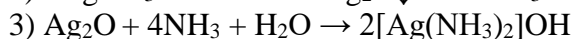
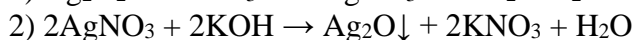
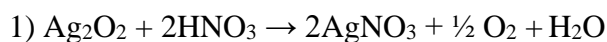
Ответ: А – медь; **X1** – CuCl_2 безв., **X2** – $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$, **X3** – $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2$; CuCl – белый, CuS – черный.

4.3. Металл А – марганец. Уравнения возможных реакций:

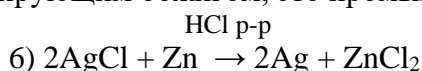


Ответ: А – марганец; **X1** – MnC_2O_4 , **X2** – Na_2MnO_4 , **X3** – NaMnO_4 ; раствор MnSO_4 – бледно-розовый, практически бесцветный, MnO – серо-зеленый.

4.4. Металл А – серебро. Уравнения возможных реакций:



Сульфид серебра чрезвычайно инертен (ПР порядка 10^{-50}), растворить его можно только в горячей концентрированной азотной кислоте. Хлорид серебра получают из сульфида хлорирующим обжигом, это промышленный метод.



Ответ: А – серебро; **X1** – AgNO_3 , **X2** – $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$, **X3** – Ag ; Ag_2O_2 – черный, AgCl – белый.

Задача 5 (14 баллов)

5.1. 1) Пусть масса раствора равна 100 г. Тогда в нем содержится 13.6 г KOH и 86.4 г H_2O . Количества вещества гидроксида и воды составляют

$$\nu(\text{KOH}) = 13.6 / 56 = 0.24 \text{ моль,}$$

$$\nu(\text{H}_2\text{O}) = 86.4 / 18 = 4.80 \text{ моль.}$$

Таким образом, в растворе на 1 моль KOH приходится 20 моль H_2O . В таблице для раствора данного состава находим $Q = 53.95 \text{ кДж/моль}$.

2) Теплота Q расходуется на нагревание n моль воды от температуры T_1 до температуры T_2 и на ее последующее испарение. Запишем уравнение теплового баланса:

$$Q = n \cdot C(\text{H}_2\text{O}) \cdot (T_2 - T_1) + n \cdot Q_{\text{исп}},$$

откуда получим

$$n = Q / (C(\text{H}_2\text{O}) \cdot (T_2 - T_1) + Q_{\text{исп}}) = 53950 / (75.3 \cdot (100 - 18) + 40700) = 1.15 \text{ моль.}$$

Поскольку в формуле стоит разность температур $T_2 - T_1$, то нет необходимости переводить значения температуры в градусы Кельвина (разность не изменится).

Масса испарившейся воды:

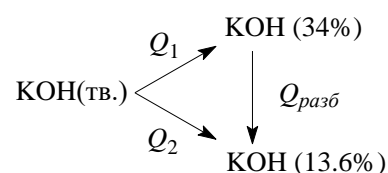
$$m(\text{H}_2\text{O}) = 18 \cdot 1.15 = 20.7 \text{ г.}$$

3) Выполняем расчет, аналогичный п. 1. В 100 г 34%-го раствора содержится $34/56 = 0.61$ моль КОН и $66/18 = 3.67$ моль H_2O . Таким образом, в растворе на 1 моль КОН приходится 6 моль H_2O . И тогда количество теплоты Q_1 , выделившейся при растворении 1 моль КОН в воде с образованием 34%-го раствора, равно 49.87 кДж/моль. При разбавлении этого раствора в 2.5 раза массовая доля щелочи в растворе понизится до $52/2.5 = 13.6\%$, для раствора такого состава теплота растворения $Q_2 = 53.95$ кДж/моль. Теплоту разбавления можно рассчитать по закону Гесса следующим образом (см. рис.):

$$Q_2 = Q_1 + Q_{\text{разб}},$$

$$Q_{\text{разб}} = Q_2 - Q_1 = 53.95 - 49.87 = 4.08 \text{ кДж/моль.}$$

Ответ: 1) 53.95 кДж/моль; 2) 20.7 г; 3) 4.08 кДж/моль.



5.2. 1) Пусть масса раствора равна 100 г. Тогда в нем содержится 9.8 г H_2SO_4 и 90.2 г H_2O . Количества вещества кислоты и воды составляют

$$\nu(\text{H}_2\text{SO}_4) = 9.8 / 98 = 0.10 \text{ моль,}$$

$$\nu(\text{H}_2\text{O}) = 90.2 / 18 = 5.01 \text{ моль.}$$

Таким образом, в растворе на 1 моль H_2SO_4 приходится 50 моль H_2O . В таблице для раствора данного состава находим $Q = 73.35$ кДж/моль.

2) Теплота Q расходуется на нагревание n моль воды от температуры T_1 до температуры T_2 и на ее последующее испарение. Запишем уравнение теплового баланса:

$$Q = n \cdot C(\text{H}_2\text{O}) \cdot (T_2 - T_1) + n \cdot Q_{\text{исп}}$$

откуда получим

$$n = Q / (C(\text{H}_2\text{O}) \cdot (T_2 - T_1) + Q_{\text{исп}}) = 73350 / (75.3 \cdot (100 - 5) + 40700) = 1.53 \text{ моль.}$$

Поскольку в формуле стоит разность температур $T_2 - T_1$, то нет необходимости переводить значения температуры в градусы Кельвина (разность не изменится).

Масса испарившейся воды:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 18 \cdot 1.53 = 27.5 \text{ г.}$$

3) Выполняем расчет, аналогичный п. 1. В 100 г 52%-го раствора содержится $52 / 98 = 0.53$ моль H_2SO_4 и $48 / 18 = 2.67$ моль H_2O . Таким образом, в растворе на 1 моль H_2SO_4 приходится 5 моль H_2O . И тогда количество теплоты Q_1 , выделившейся при растворении 1 моль H_2SO_4 в воде с образованием 52 %-ного раствора, равно 58.03 кДж/моль. При разбавлении этого раствора в 5.3 раза массовая доля кислоты в растворе понизится до $52 / 5.3 = 9.8\%$, для раствора такого состава $Q_2 = 73.35$ кДж/моль. Теплоту разбавления можно рассчитать по закону Гесса следующим образом (см. рис. к задаче 5.1):

$$Q_{\text{разб}} = Q_2 - Q_1 = 73.35 - 58.03 = 15.32 \text{ кДж/моль.}$$

Ответ: 1) 73.35 кДж/моль; 2) 27.5 г; 3) 15.32 кДж/моль.

5.3. 1) Пусть масса раствора равна 100 г. Тогда в нем содержится 10.0 г NaOH и 90.0 г H_2O . Количества вещества гидроксида и воды составляют

$$\nu(\text{NaOH}) = 10.0 / 40 = 0.25 \text{ моль,}$$

$$\nu(\text{H}_2\text{O}) = 90.0 / 18 = 5.0 \text{ моль.}$$

Таким образом, в растворе на 1 моль NaOH приходится 20 моль H₂O. В таблице для раствора данного состава находим $Q = 42.87$ кДж/моль.

2) Теплота Q расходуется на нагревание n моль воды от температуры T_1 до температуры T_2 и на ее последующее испарение. Запишем уравнение теплового баланса:

$$Q = n \cdot C(\text{H}_2\text{O}) \cdot (T_2 - T_1) + n \cdot Q_{\text{исп}}$$

откуда получим

$$n = Q / (C(\text{H}_2\text{O}) \cdot (T_2 - T_1) + Q_{\text{исп}}) = 42870 / (75.3 \cdot (100 - 14) + 40700) = 0.91 \text{ моль.}$$

Поскольку в формуле стоит разность температур $T_2 - T_1$, то нет необходимости переводить значения температуры в градусы Кельвина (разность не изменится).

Масса испарившейся воды:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 18 \cdot 0.91 = 16.4 \text{ г.}$$

3) Выполняем расчет, аналогичный п. 1. В 100 г 27%-го раствора содержится $27/40 = 0.675$ моль NaOH и $73/18 = 4.06$ моль H₂O. Таким образом, в растворе на 1 моль NaOH приходится 6 моль H₂O. И тогда количество теплоты Q_1 , выделившейся при растворении 1 моль NaOH в воде с образованием 27%-го раствора, равно 39.87 кДж/моль. При разбавлении этого раствора в 2.7 раза массовая доля щелочи в растворе понизится до $27/2.7 = 10\%$, для раствора такого состава теплота растворения $Q_2 = 42.87$ кДж/моль. Теплоту разбавления можно рассчитать по закону Гесса следующим образом (см. рис. к задаче 5.1):

$$Q_{\text{разб.}} = Q_2 - Q_1 = 42.87 - 39.87 = 3.0 \text{ кДж/моль.}$$

Ответ: 1) 42.87 кДж/моль; 2) 16.4 г; 3) 3.0 кДж/моль.

5.4. 1) Пусть $m_{\text{р-ра}} = 100$ г. Тогда в растворе содержится 6.5 г HNO₃ и 93.5 г воды. Количества вещества кислоты и воды составляют

$$\nu(\text{HNO}_3) = 6.5 / 63 = 0.10 \text{ моль,}$$

$$\nu(\text{H}_2\text{O}) = 93.5 / 18 = 5.19 \text{ моль.}$$

Таким образом, в растворе на 1 моль HNO₃ приходится ~52 моль H₂O. В таблице для раствора данного состава находим $Q = 32.74$ кДж/моль.

2) Теплота Q расходуется на нагревание n моль воды от температуры T_1 до температуры T_2 и на ее последующее испарение. Запишем уравнение теплового баланса:

$$Q = n \cdot C(\text{H}_2\text{O}) \cdot (T_2 - T_1) + n \cdot Q_{\text{исп}}$$

откуда получаем

$$n = Q / (C(\text{H}_2\text{O}) \cdot (T_2 - T_1) + Q_{\text{исп}}) = 32740 / (75.3 \cdot (100 - 23) + 40700) = 0.7 \text{ моль.}$$

Поскольку в формуле стоит разность температур $T_2 - T_1$, то нет необходимости переводить значения температуры в градусы Кельвина (разность не изменится).

Масса испарившейся воды:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 18 \cdot 0.7 = 12.6 \text{ г.}$$

3) Выполняем расчет, аналогичный п. 1. В 100 г 36.8 %-го раствора содержится $36.8 / 63 = 0.58$ моль HNO₃ и $63.2 / 18 = 3.51$ моль H₂O. Таким образом, в растворе на 1 моль HNO₃ приходится 6 моль H₂O. И тогда количество теплоты Q_1 , выделившейся при растворении 1 моль HNO₃ в воде с образованием 36.8 %-ного раствора, равно 29.84 кДж/моль. При разбавлении этого раствора в 5.7 раза массовая доля кислоты в растворе понизится до $36.8 / 5.7 = 6.5\%$, для раствора такого состава теплота растворения $Q_2 = 32.74$ кДж/моль. Теплоту разбавления можно рассчитать по закону Гесса следующим образом (см. рис. к задаче 5.1):

$$Q_{\text{разб.}} = Q_2 - Q_1 = 32.74 - 29.84 = 2.9 \text{ кДж/моль.}$$

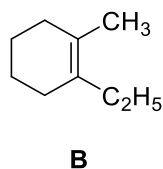
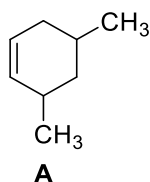
Ответ: 1) 32.74 кДж/моль; 2) 12.6 г; 3) 2.9 кДж/моль.

Задача 6 (20 баллов)

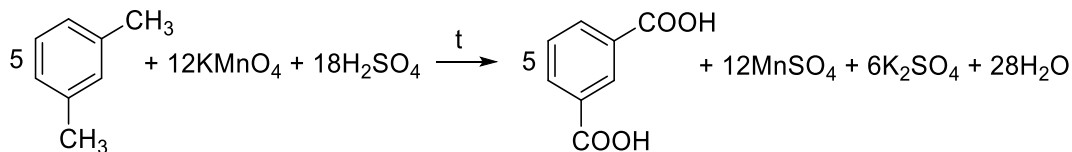
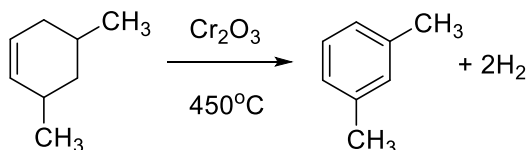
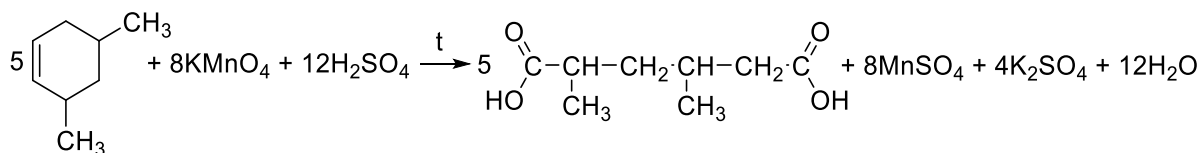
6.1. Углеводороды **A** и **B** – непредельные. Для их окисления было использовано перманганата калия

$$v(\text{KMnO}_4) = c \cdot V = 0.25 \cdot 0.224 = 0.056 \text{ моль},$$

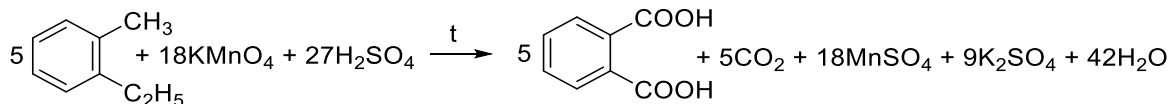
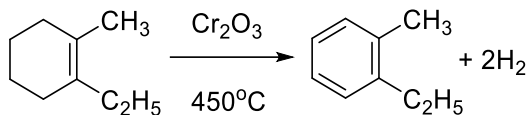
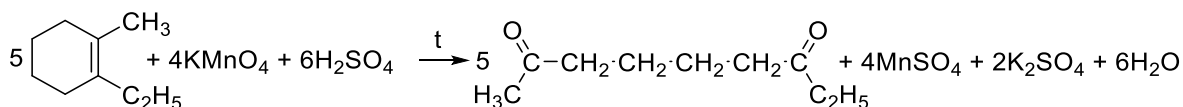
следовательно, неизвестных углеводородов могло бы быть 0.035, 0.047 или 0.07 моль в зависимости от строения исходного непредельного углеводорода. Для углеводорода **A** подходит 0.035 моль, что соответствует молярной массе **A** 110 г/моль, а для углеводорода **B** – 0.07 моль, что соответствует молярной массе **B** 124 г/моль. Единственным решением для таких молярных масс является $14n - 2$, что соответствует алкинам, диенам или циклоалкенам. Принимая во внимание, что при дегидрировании и последующем окислении из углеводорода **A** образуется изофталевая, а из углеводорода **B** – фталевая кислота, можно предположить следующие структурные формулы.



Уравнения протекающих реакций для углеводорода **A**:



Уравнения протекающих реакций для углеводорода **B**:

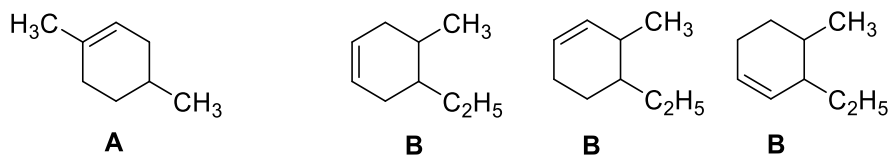


6.2. Углеводороды A и B – непредельные. Для их окисления было использовано дихромата калия

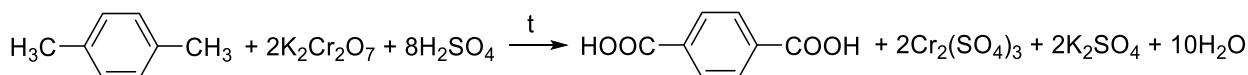
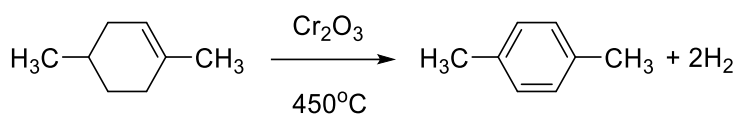
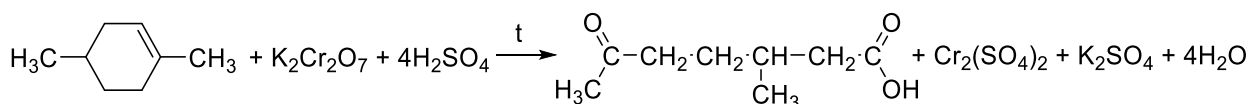
$$v(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = c \cdot V = 0.25 \cdot 0.192 = 0.048 \text{ моль},$$

следовательно, неизвестных углеводородов могло бы быть 0.036, 0.048 или 0.072 моль в зависимости от строения исходного непредельного углеводорода. Для углеводорода **A** подходит 0.048 моль, что соответствует молярной массе **A** 110 г/моль, а для углеводорода **B** – 0.072 моль, что соответствует молярной массе **B** 124 г/моль. Единственным решением для

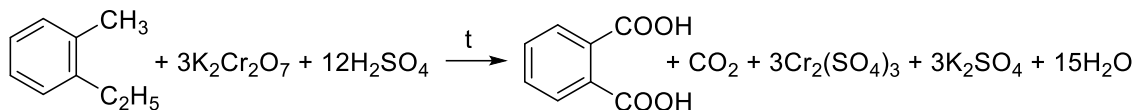
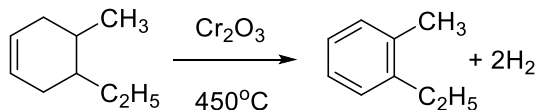
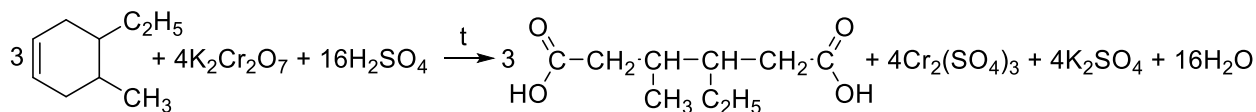
таких молярных масс является выражение $14n - 2$, что соответствует алкинам, диенам или циклоалкенам. Принимая во внимание, что при дегидрировании и последующем окислении из углеводорода **A** образуется терефталевая, а из углеводорода **B** – фталевая кислота, можно предположить следующие структурные формулы.



Уравнения протекающих реакций для углеводорода **A**:



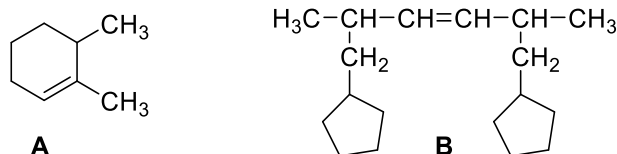
Уравнения протекающих реакций для углеводорода **B** (одна из возможных структур):



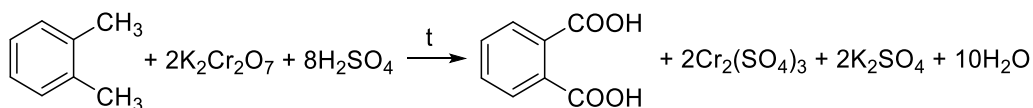
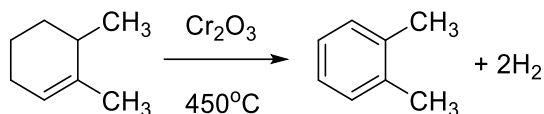
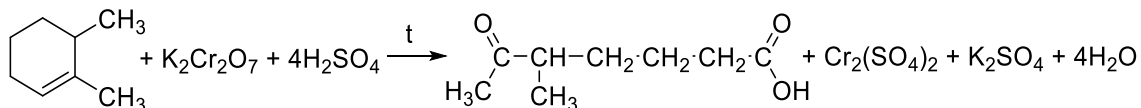
6.3. Углеводороды A и B – непредельные. Для их окисления было использовано дихромата калия

$$v(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = c \cdot V = 0.2 \cdot 0.3 = 0.06 \text{ моль,}$$

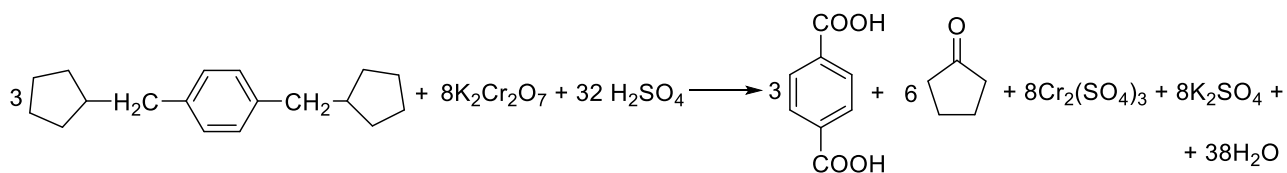
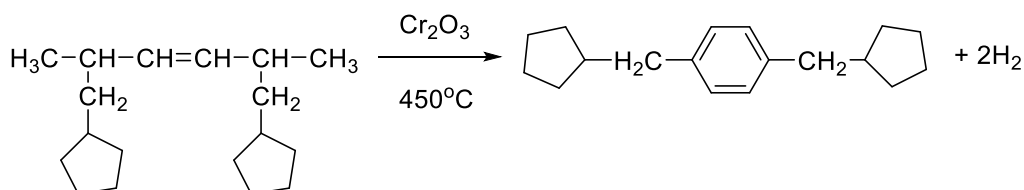
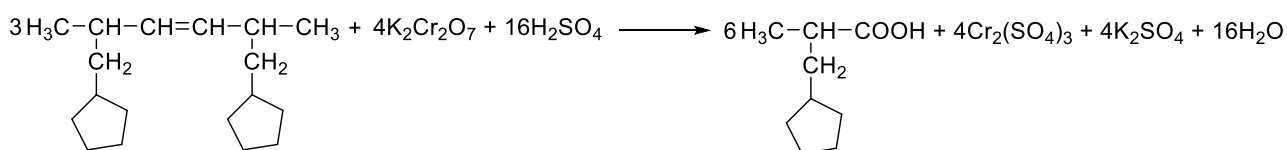
следовательно, неизвестных углеводородов могло бы быть 0.045, 0.06 или 0.09 моль в зависимости от строения исходного непредельного углеводорода. Для углеводорода **A** подходит 0.06 моль, что соответствует молярной массе **A** 110 г/моль, а для углеводорода **B** – 0.045 моль, что соответствует молярной массе **B** 124 г/моль. Единственным решением для таких молярных масс является выражение $14n - 2$, что соответствует алкинам, диенам или циклоалкенам. Принимая во внимание, что при дегидрировании и последующем окислении из углеводорода **A** образуется фталевая, а из углеводорода **B** – терефталевая кислота, можно предположить следующие структурные формулы.



Уравнения протекающих реакций для углеводорода **A**:



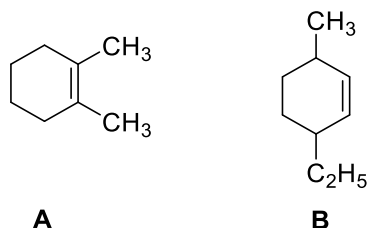
Уравнения протекающих реакций для углеводорода **B**:



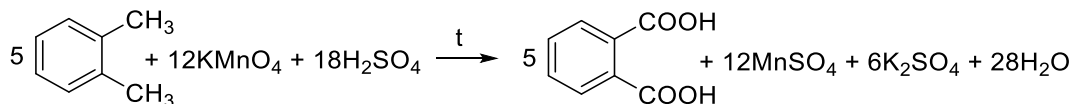
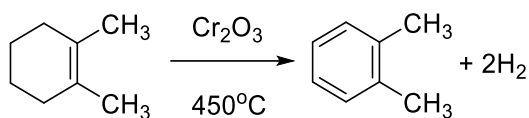
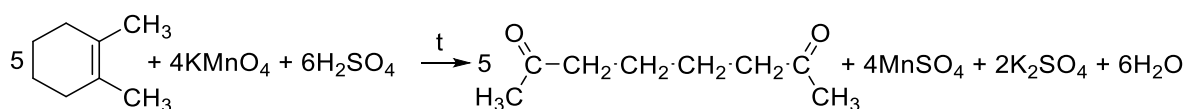
6.4. Углеводороды **A** и **B** – непредельные. Для их окисления было использовано перманганата калия

$$v(\text{KMnO}_4) = c \cdot V = 0.2 \cdot 0.180 = 0.036 \text{ моль,}$$

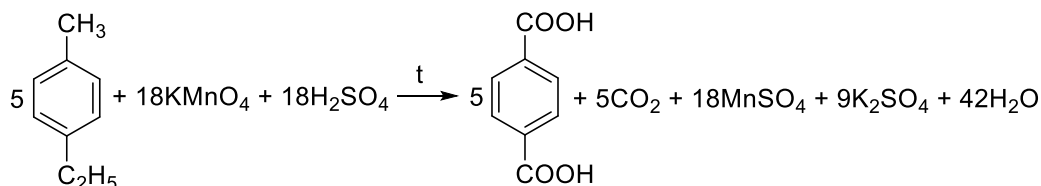
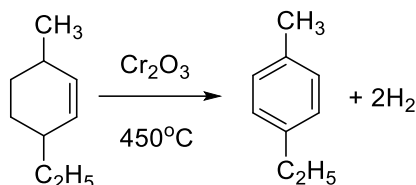
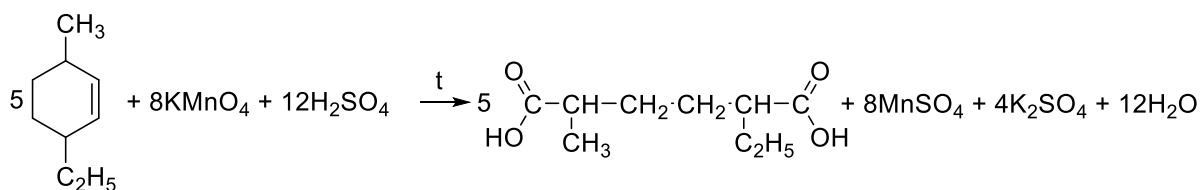
следовательно, неизвестных углеводородов могло бы быть 0.0225, 0.03 или 0.045 моль в зависимости от строения исходного непредельного углеводорода. Для углеводорода **A** подходит 0.045 моль, что соответствует молярной массе **A** 110 г/моль, а для углеводорода **B** – 0.0225 моль, что соответствует молярной массе **B** 124 г/моль. Единственным решением для таких молярных масс является выражение $14n - 2$, что соответствует алкинам, диенам или циклоалкенам. Принимая во внимание, что при дегидрировании и последующем окислении из углеводорода **A** образуется фталевая, а из углеводорода **B** – терефталевая кислота, можно предположить следующие структурные формулы.



Уравнения протекающих реакций для углеводорода **A**:



Уравнения протекающих реакций для углеводорода В:



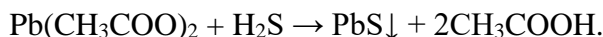
Задача 7 (24 балла)

7.1. Если предположить, что количество ацетата свинца $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ равно количеству образовавшегося осадка, то, зная массу осадка, можно рассчитать его молярную массу:

$$M(\text{осадка}) = m(\text{осадка}) / \nu(\text{осадка}) = m(\text{осадка}) / (c \cdot V) = 9.56 / (0.8 \cdot 0.5) = 239 \text{ г/моль,}$$

$$M(\text{аниона}) = M(\text{осадка}) - M(\text{Pb}) = 239 - 207 = 32 \text{ г/моль.}$$

Анион – сульфид-ион S^{2-} , черный осадок – PbS , а газ из первого баллона – сероводород H_2S :



Газ из второго баллона реагирует с гидроксидом бария, проявляя кислотные свойства, а также окисляется пероксидом водорода, следовательно, является восстановителем. Найдем количество восстановленного пероксида водорода:

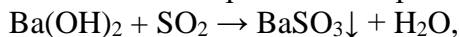
$$\nu(\text{H}_2\text{O}_2) = c \cdot V = 1 \cdot 0.1 = 0.1 \text{ моль.}$$

Рассмотрим вариант, когда соль бария реагирует с пероксидом водорода в молярном соотношении 1 : 1. Если $\nu(\text{соли бария}) = \nu(\text{H}_2\text{O}_2) = 0.1 \text{ моль}$, тогда

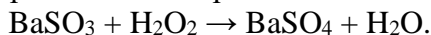
$$M(\text{соли бария}) = m / \nu = 21.7 / 0.1 = 217 \text{ г/моль,}$$

$$M(\text{аниона}) = 217 - 137 = 80 \text{ г/моль,}$$

что соответствует аниону SO_3^{2-} . Реакция с гидроксидом бария:



окисление продукта реакции пероксидом водорода:



Количество сернистого газа равно количеству вещества образовавшегося сульфита (0.1 моль). Относительные плотности по воздуху газов (смесей) из обоих баллонов одинаковы, следовательно, одинаковы и их молярные массы:

$$M_{\text{ср.}}(\text{смеси 2}) = M(\text{H}_2\text{S}) = 34 \text{ г/моль.}$$

В случае с сернистым газом известно, что газ реагирует не полностью, т. е. есть, как минимум, еще один компонент.

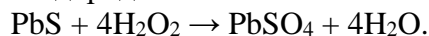
По условию, $V(\text{SO}_2) = V(\text{газа})$, следовательно, $v(\text{газа}) = v(\text{SO}_2) = 0.1$ моль.

$$(0.1 \cdot 64 + 0.1 \cdot M(\text{газа})) / 0.2 = 34,$$

$$6.4 + 0.1 \cdot M(\text{газа}) = 6.8,$$

$$M(\text{газа}) = 4, \text{ этот газ – гелий He.}$$

Реакция PbS с пероксидом водорода:



Ответ: баллон 1 – H₂S, баллон 2 – SO₂ и He в равных количествах.

7.2. Количество вещества нитрата серебра

$$v(\text{AgNO}_3) = c \cdot V = 0.05 \cdot 0.12 = 0.006 \text{ моль.}$$

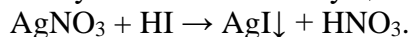
Если предположить, что количество вещества осадка равно количеству нитрата серебра, то можно определить молярную массу осадка:

$$M(\text{осадка}) = m(\text{осадка}) / v(\text{осадка}) = 1.41 / 0.006 = 235 \text{ г/моль.}$$

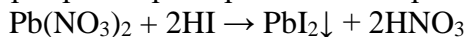
Тогда молярная масса аниона

$$M(\text{A}) = 235 - M(\text{Ag}) = 235 - 108 = 127 \text{ г/моль.}$$

Анион – иодид-ион (соответствует светло-желтому цвету осадка), газ – иодоводород:



При пропускании газа через раствор нитрата свинца протекает реакция



Если количества газов, пропускаемых из каждого баллона, равны 1 моль, то иодоводорода пропускается

$$v(\text{HI}) = 1 \cdot (1 - 0.871) = 0.129 \text{ моль,}$$

количество осадка $0.129 / 2 = 0.0645$ моль, масса осадка равна

$$m(\text{осадка 1}) = 0.0645 \cdot (207 + 127 \cdot 2) = 29.7345 \text{ г.}$$

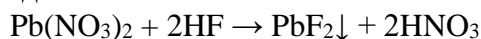
Масса осадка при пропускании 1 моль газа из второго баллона (происходит полное поглощение газа) будет больше и составит

$$m(\text{осадка 2}) = 29.7345 \cdot 4.12 = 122.5 \text{ г.}$$

Если стехиометрия взаимодействия такая же, то количество будет равно половине прореагировавшего газа, т. е. 0.5 моль. Молярная масса осадка составит $122.5 / 0.5 = 245$ г/моль,

$$M(\text{аниона}) = (245 - M(\text{Pb})) / 2 = (245 - 207) / 2 = 38 / 2 = 19 \text{ г/моль.}$$

Анионом является фторид-ион:



Реакция между концентрированной азотной кислотой и первым осадком:



Определим второй газ, содержащийся в первом баллоне. Средняя молярная масса смеси:

$$M(\text{смеси}) = x(\text{HI}) \cdot M(\text{HI}) + x(\text{газа}) \cdot M(\text{газа}) = M(\text{HF}),$$

$$0.129 \cdot 128 + 0.871 \cdot M(\text{газа}) = 20,$$

$$M(\text{газа}) = 4 \text{ г/моль, этим газом является гелий He.}$$

Ответ: баллон 1 – иодоводород и гелий, баллон 2 – фтороводород.

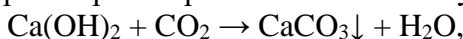
7.3. Из описания реакции с перманганатом калия можно сделать вывод, что газ из первого баллона проявляет восстановительные свойства, а газ из второго баллона восстановителем не является, но ему соответствует слабая кислота, поэтому происходит его выделение из кислого раствора.

Если предположить, что протекает реакция $\mathbf{B} + 2\mathbf{H}^+ \rightarrow \mathbf{Ca}^{2+} + \text{газ}$

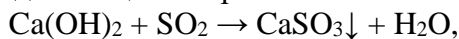
$$M(\mathbf{B}) = m(\mathbf{B}) / \nu(\mathbf{B}) = m(\mathbf{B}) / \nu(\text{газ}) = 5 / (1.12 / 22.4) = 5 / 0.05 = 100 \text{ г/моль},$$

$$M(\text{аниона в } \mathbf{B}) = 100 - M(\text{Ca}) = 100 - 40 = 60 \text{ г/моль}.$$

Этим анионом может являться карбонат-ион, а газ из второго баллона и выделяющийся при реакции с подкисленным раствором перманганата калия – углекислый газ:



Молярная масса осадка **A** – 83.3 г/моль или 120 г/моль. Если молярная масса осадка **A** составляет 120 г/моль, то молярная масса аниона $120 - 40 = 80$ г/моль, что соответствует сульфит-иону, который проявляется восстановительные свойства, а сульфит может быть получен при реакции гидроксида кальция с сернистым газом:



Определим второй газ, содержащийся во втором баллоне. Средняя молярная масса смеси:

$$M(\text{смеси}) = x(\text{CO}_2) \cdot M(\text{CO}_2) + x(\text{газа}) \cdot M(\text{газа}) = M(\text{SO}_2),$$

$$0.77 \cdot 44 + 0.23 \cdot M(\text{газа}) = 64,$$

$$M(\text{газа}) = 131 \text{ г/моль} - \text{этим газом является ксенон Xe}.$$

Ответ: баллон 1 – SO_2 , баллон 2 – CO_2 и Xe.

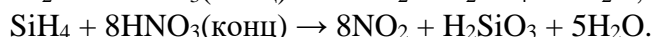
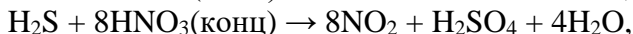
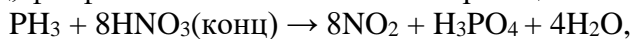
7.4. При пропускании газа из второго баллона через раствор азотной кислоты образуется бурый газ:

$$\nu(\text{NO}_2) = 6.272 / 22.4 = 0.28 \text{ моль},$$

количество исходного газа

$$\nu(\text{газа}) = 0.784 / 22.4 = 0.035 \text{ моль},$$

т. е. количество выделяющегося NO_2 больше количества исходного газа в $0.28 / 0.035 = 8$ раз, что означает, что пропускаемый газ отдает 8 электронов в расчете на 1 молекулу. Таким газом могут быть сероводород, фосфин или силан. Возможные реакции:



При пропускании через раствор хлорида алюминия газ не реагирует, что справедливо для любого из вышеперечисленных газов.

Газ из первого баллона способен реагировать с азотной кислотой без ОВР, а также он осаждает гидроксид алюминия из раствора его хлорида. Это означает, что раствор газа в воде имеет щелочную реакцию, с азотной кислотой он образует соль.

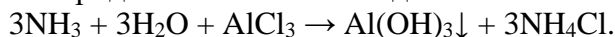
Количество гидроксида алюминия

$$\nu(\text{Al}(\text{OH})_3) = m(\text{Al}(\text{OH})_3) / M = 0.78 / 78 = 0.01 \text{ моль}.$$

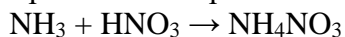
Количество пропускаемого газа, который вступает в реакцию с хлоридом алюминия

$$\nu(\text{газа}) = (0.90044 \cdot (100 - 25.37) / 100) / 22.4 = 0.03 \text{ моль}.$$

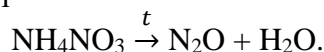
Соотношение газа и хлорида алюминия 3 : 1. Одним из таких газов может быть аммиак:



С азотной кислотой реакция протекает с образованием соли:



Термическое разложение нитрата аммония:



Средняя молярная масса смеси:

$$M(\text{смеси}) = x(\text{NH}_3) \cdot M(\text{NH}_3) + x(\text{газа}) \cdot M(\text{газа}) = M(\text{PH}_3),$$

$$0.7463 \cdot 17 + 0.2537 \cdot M(\text{газа}) = 34.$$

$$M(\text{газа}) = 84 \text{ г/моль} - \text{этим газом является криптон Kr}.$$

Ответ: баллон 1 – Кг и аммиак NH_3 , баллон 2 – фосфин (или сероводород, или силан).