



Всероссийская химическая олимпиада
«Формула Единства» / «Третье тысячелетие»
2020—2021 учебный год. Отборочный этап



Работы сдаются в электронном виде (например, в виде doc-файлов с текстом или сканов), подробности на странице formulo.org/ru/olymp/2020-chem-ru. Последний день сдачи — 10 декабря 2020 года.

Работы должны быть сделаны самостоятельно. В большинстве задач нужны не только ответы, но и полные обоснования. В работе не должны содержаться личные данные участника, то есть подписывать работу не следует.

Задачи для 8 класса

Задача 8.1

Максимальный балл: 30. Автор: Попов Р. А.

ChemIsTry: Химия – значит пытаться (игра слов, перевод с англ.)

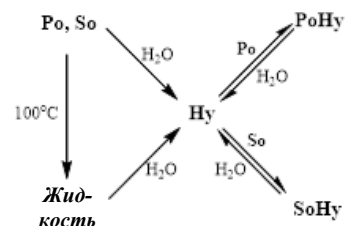
Вода – самый распространенный растворитель, она способна растворять жидкости, твердые тела, газы.

1. Приведите по одному примеру водных растворов твердых, жидких и газообразных веществ.

Мы привыкли к тому, что раствор обязательно должен содержать жидкую фазу. На самом деле, это далеко не всегда так. Газы прекрасно смешиваются, образуя газообразные растворы. Например, смесь 5 л аммиака и 10 л гелия является газообразным раствором.

2. Посчитайте массовые доли каждого компонента в таком растворе.

Совсем необычной для восприятия является ситуация, когда два твердых вещества при относительно низких температурах могут образовать жидкий раствор. **Po** и **So** при комнатной температуре – твердые вещества. Если их нагреть вместе до 100°C, то получится раствор, который остается жидким при охлаждении до 0°C, при этом химической реакции не происходит.



И эта жидкость, и ее компоненты по отдельности бурно реагируют с водой с образованием легкого горючего газа **Hy**. Образующийся газ **Hy** реагирует как с **Po**, так и с **So** с образованием соединений **PoHy** и **SoHy**. (Массовые доли легкого элемента 2.5% и 4.17% соответственно). При попадании в воду **PoHy** и **SoHy** также выделяют газ **Hy**.

3. Определите вещества, упомянутые в задаче **Po**, **So**, **Hy**, **PoHy**, **SoHy** (5 штук), состав **PoHy** и **SoHy** подтвердите расчётом.

4. Запишите уравнения реакций (6 уравнений).

Если вы разгадали, какие вещества зашифрованы под символами **Po** и **So**, то Вам не составит труда написать уравнение их взаимодействия с **Io**. Кстати, раствор **Io** можно найти практически в любой аптечке.

5. Какое вещество является растворителем для **Io** в этом препарате?

6. Напишите уравнения взаимодействия **Po** и **So** с **Io** (2 уравнения).

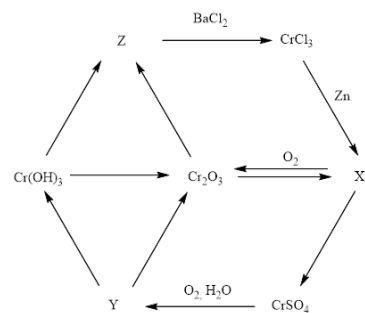
Задача 8.2

Максимальный балл: 30. Автор: Попов Р. А.

Справа представлена схема превращений соединений хрома. Известно, что степень окисления хрома в **X** положительная. В составе **Y** присутствует один атом водорода и один атом серы. Переход из **Y**

в $\text{Cr}(\text{OH})_3$ не является окислительно-восстановительной реакцией, **Z** – средняя соль, **Y** и **Z** содержат общий анион.

1. Определите недостающие вещества **X**, **Y**, **Z**.
2. Напишите уравнения реакций, позволяющих осуществить все переходы между веществами (11 реакций).
3. Какие степени окисления имеет хром в соединениях **X**, **Y**, **Z**?
4. Назовите вещество **Y**.
5. Какое применение **X** находит в промышленности? Приведите 2 примера.



Задача 8.3

Максимальный балл: 30. Автор: Дмитриев В. А.

Доломит – минерал, в котором основными веществами являются карбонаты кальция и магния в соотношении примерно 1:1.

1. Запишите формулу, описывающую состав доломита.
2. Рассчитайте массовую долю магния в минерале.

Кусок доломита растерли в порошок и насыпали в 3 стакана, содержащие:

- А. избыток раствора соляной кислоты,
- Б. избыток раствора NaOH ,
- В. воду.



3. В каком случае произойдет растворение минерала? Объясните почему.
4. Перечислите все вещества, которые будут присутствовать в растворе.

Основной компонент другого минерала **X** в своем составе содержит всего 2 элемента, один из которых Si, а массовая доля второго равна 53,3%.

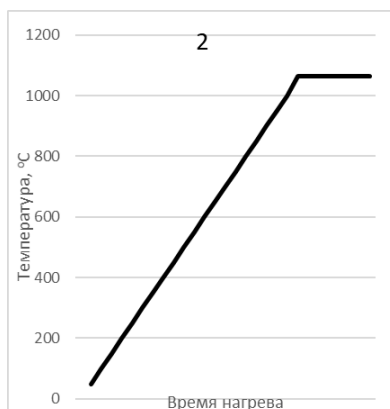
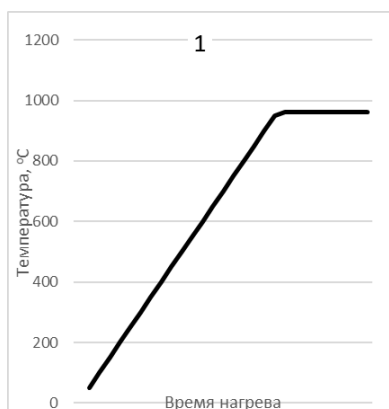
5. Определите формулу минерала **X**, ответ подтвердите расчетом.
6. Как называется минерал, какую долю он занимает в земной коре?

Из минерала A_2B_3 получают металл **A**, который находит широкое применение в металлургии, а также **A** можно найти в составе лекарственных препаратов. **A** тяжелее, чем **B** на 177 а.е.м, а $\omega(\text{A})=81,3\%$.

7. Определите формулу и приведите название минерала, ответ подтвердите расчетом.

Металл **C** можно найти в природе в виде самородков. Один из таких самородков массой 1,5 кг переплавили в цилиндр ($r = 2,8 \text{ см}$, $h = 5,8 \text{ см}$).

8. Рассчитайте плотность данного металла, ответ выразите в г/см^3 .
9. На основании полученных данных определите, какой металл зашифрован под **C**
10. Какой из приведенных графиков описывает процесс плавления металла **C**? Объясните свой выбор.





Всероссийская химическая олимпиада
«Формула Единства» / «Третье тысячелетие»
2020—2021 учебный год. Отборочный этап



Работы сдаются в электронном виде (например, в виде doc-файлов с текстом или сканов), подробности на странице formulo.org/ru/olymp/2020-chem-ru. Последний день сдачи — **10 декабря 2020 года**.

Работы должны быть сделаны самостоятельно. В большинстве задач нужны не только ответы, но и полные обоснования. В работе не должны содержаться личные данные участника, то есть **подписывать работу не следует**.

Задачи для 9 класса

Задача 9.1

Максимальный балл: **30**. Автор: **Попов Р. А.**

ChemIsTry: Химия – значит пытаться (игра слов, перевод с англ.)

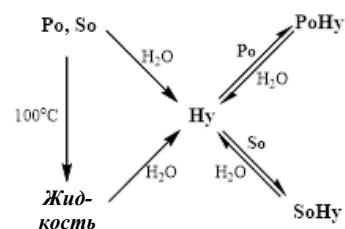
Вода – самый распространенный растворитель, она способна растворять жидкости, твердые тела, газы.

1. Приведите по одному примеру водных растворов твердых, жидких и газообразных веществ.

Мы привыкли к тому, что раствор обязательно должен содержать жидкую фазу. На самом деле, это далеко не всегда так. Газы прекрасно смешиваются, образуя газообразные растворы. Например, смесь 5 л аммиака и 10 л гелия является газообразным раствором.

2. Посчитайте массовые доли каждого компонента в таком растворе.

Совсем необычной для восприятия является ситуация, когда два твердых вещества при относительно низких температурах могут образовать жидкий раствор. **Po** и **So** при комнатной температуре – твердые вещества. Если их нагреть вместе до 100°C, то получится раствор, который остается жидким при охлаждении до 0°C, при этом химической реакции не происходит.



И эта жидкость, и ее компоненты по отдельности бурно реагируют с водой с образованием легкого горючего газа **Hy**. Образующийся газ **Hy** реагирует как с **Po**, так и с **So** с образованием соединений **PoHy** и **SoHy**. (Массовые доли легкого элемента 2.5% и 4.17% соответственно). При попадании в воду **PoHy** и **SoHy** также выделяют газ **Hy**.

3. Определите вещества, упомянутые в задаче **Po**, **So**, **Hy**, **PoHy**, **SoHy** (5 штук), состав **PoHy** и **SoHy** подтвердите расчётом.

4. Запишите уравнения реакций (6 уравнений).

Если вы разгадали, какие вещества зашифрованы под символами **Po** и **So**, то Вам не составит труда написать уравнение их взаимодействия с **Io**. Кстати, раствор **Io** можно найти практически в любой аптечке.

5. Какое вещество является растворителем для **Io** в этом препарате?

6. Напишите уравнения взаимодействия **Po** и **So** с **Io** (2 уравнения).

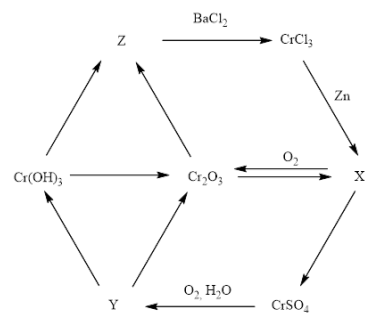
Задача 9.2

Максимальный балл: **30**. Автор: **Попов Р. А.**

Справа представлена схема превращений соединений хрома. Известно, что степень окисления хрома в **X** неположительная. В составе **Y** присутствует один атом водорода и один атом серы. Переход из **Y**

в $\text{Cr}(\text{OH})_3$ не является окислительно-восстановительной реакцией, **Z** – средняя соль, **Y** и **Z** содержат общий анион.

1. Определите недостающие вещества **X**, **Y**, **Z**.
2. Напишите уравнения реакций, позволяющих осуществить все переходы между веществами (11 реакций).
3. Какие степени окисления имеет хром в соединениях **X**, **Y**, **Z**?
4. Назовите вещество **Y**.
5. Какое применение **X** находит в промышленности? Приведите 2 примера.



Задача 9.3

Максимальный балл: 28. Автор: Калиничев А. В.

Смесь двух водородных соединений **A** и **B** сожгли в кислороде, продукты реакции при комнатной температуре представляют собой жидкость и газ. Полученную жидкость полностью поглотили 148 мг сухого хлорида кальция, при этом массовая доля кальция после поглощения уменьшилась на 17,8%. Полученный газ можно полностью поглотить крепким раствором гидроксида стронция, при этом выпадает белый осадок массой 780 мг.

1. Определите газы **A** и **B**, объясните свой выбор.
2. Запишите уравнения реакций, упомянутых в задаче (4 штуки).
3. Рассчитайте объем исходной смеси, а также объёмные доли **A** и **B**.
4. Предположите, что будет, если исходную смесь нагреть до 1000°C ?

Примечание: считайте газы идеальными.



Всероссийская химическая олимпиада
«Формула Единства» / «Третье тысячелетие»
2020—2021 учебный год. Отборочный этап



Работы сдаются в электронном виде (например, в виде doc-файлов с текстом или сканов), подробности на странице formulo.org/ru/olymp/2020-chem-ru. Последний день сдачи — **10 декабря 2020 года**.

Работы должны быть сделаны самостоятельно. В большинстве задач нужны не только ответы, но и полные обоснования. В работе не должны содержаться личные данные участника, то есть **подписывать работу не следует**.

Задачи для 10 класса

Задача 10.1

Максимальный балл: **30**. Автор: **Калиничев А. В.**

При разложении 3,00 г желтого вещества **A** при температуре 200°C получили газ объёмом 934 мл (н.у.) и 1,61 г чёрного твёрдого вещества **B** (реакция 1). При пропускании газа через избыток раствора едкого натра его объём уменьшился в 1/3 раза, при этом масса раствора изменилась на 0,61 г.

1. Определите вещества **A** и **B**, ответ подтвердите расчетом.
2. Запишите разложение **A** при 200°C (реакция 1).

Разложение вещества **A** при более высокой температуре (400°C) — один из лабораторных способов получения пирофорного вещества **X** (реакция 2). При этом для получения 0,72 г вещества **A** необходимо добавить избыток карбоновой кислоты **Y** к 0,28 г веществу **X** (реакция 3).

3. Определите вещества **X** и **Y**.
4. Запишите разложение **A** при 400°C (реакция 2) и получение вещества **A** (реакция 3).

Задача 10.2

Максимальный балл: **30**. Автор: **Калиничев А. В.**

На химических предприятиях большая доля химических реакций проводится в газовой фазе. Для описания физико-химических характеристик газа в первом приближении можно воспользоваться уравнением состояния идеального газа, или уравнение Менделеева-Клапейрона:

$$pV = nRT,$$

где p — давление газа, V — его объём, n — количества вещества, T — температура, R — коэффициент пропорциональности, универсальная газовая постоянная, равная $8,314 \frac{\text{кПа}\cdot\text{л}}{\text{моль}\cdot\text{К}}$. Однако далеко не все газы ведут себя в реальных условиях, как идеальные. Поэтому в конце 19 века голландский учёный Й.Д. Ван дер Ваальс предложил следующее уравнение состояния реального газа

$$\left(p + \frac{n^2a}{V^2}\right)(V - nb) = nRT,$$

где поправки a и b учитывают отклонения от идеальности.

1. По уравнению Менделеева-Клапейрона рассчитайте объём 1 моля любого идеального газа при нормальных условиях (0°C, 1 атм). Сравните полученное значение с известными вам величинами.
2. Определите размерности параметров a и b .
3. Предположите, с чем связаны отклонения от идеальности и какие физико-химические параметры газа учитывают данные поправки: какой параметр отвечает за отталкивание частиц, а какой за притяжение. Ваше предположение объясните.

Для 1 моль некоторого вещества экспериментально были получены следующие данные: при $T = 373$ К давление газа составило 13,20 атм, а молярный объём $V_1 = 2,24$ л.

4. Найдите параметр a , приняв $b = 0,0427$ [ед.], а также давление, которое оказывает один моль исследуемого газа при 424 К, если его молярный объём равен 0,224 л.

Некоторое молекулярное вещество **X** массой 2,214 г при -30°C и 5 атм занимает объём, равный 490,0 мл.

5. Определите вещество **X**, считая, что $a = 422,5$ и что произведение nb пренебрежимо мало. Рассчитайте, какая была бы погрешность (в %) при определении объёма **X** данной массы по уравнению Менделеева-Клапейрона.

Задача 10.3

Максимальный балл: 30. Автор: Попов Р. А.

Изомерные органические соединения **X** и **Y** не реагируют с бромной водой и хлороводородом. **X** образует единственное монобромпроизводное **X**₁, **Y** может образовывать 4, но взаимодействие **Y** с бромом на свету преимущественно (с выходом > 95%) даёт один продукт **Y**₁. Плотность паров веществ **X** и **Y** по аргону равна 2.1.

Вещество **Z**, структурно похожее на **X**, не реагирует ни с бромной водой, ни с чистым бромом. Взаимодействие с хлором приводит к соединению **Z**₁, массовая доля хлора в нём 73,20%. Продукты полного сгорания **Z** имеют плотность 1,096 г/л (120°C, атмосферное давление).

1. Определите все вещества (6 штук), состав **X**, **Y**, **Z**, **Z**₁ подтвердите расчетом.
2. Как можно получить **Z** из **X**? Напишите реакцию.
3. В каких условиях можно получить монобромпроизводное **Z**?

Примечание: считайте, что все газообразные вещества подчиняются уравнению состояния идеального газа.



Всероссийская химическая олимпиада
«Формула Единства» / «Третье тысячелетие»
2020—2021 учебный год. Отборочный этап



Работы сдаются в электронном виде (например, в виде doc-файлов с текстом или сканов), подробности на странице formulo.org/ru/olymp/2020-chem-ru. Последний день сдачи — **10 декабря 2020 года**.

Работы должны быть сделаны самостоятельно. В большинстве задач нужны не только ответы, но и полные обоснования. В работе не должны содержаться личные данные участника, то есть **подписывать работу не следует**.

Задачи для 11 класса

Задача 11.1

Максимальный балл: **30**. Автор: **Калиничев А. В.**

При разложении 3,00 г желтого вещества **A** при температуре 200°C получили газ объёмом 934 мл (н.у.) и 1,61 г чёрного твёрдого вещества **B** (реакция 1). При пропускании газа через избыток раствора едкого натра его объём уменьшился в 1/3 раза, при этом масса раствора изменилась на 0,61 г.

1. Определите вещества **A** и **B**, ответ подтвердите расчетом.
2. Запишите разложение **A** при 200°C (реакция 1).

Разложение вещества **A** при более высокой температуре (400°C) — один из лабораторных способов получения пирофорного вещества **X** (реакция 2). При этом для получения 0,72 г вещества **A** необходимо добавить избыток карбоновой кислоты **Y** к 0,28 г веществу **X** (реакция 3).

3. Определите вещества **X** и **Y**.
4. Запишите разложение **A** при 400°C (реакция 2) и получение вещества **A** (реакция 3).

Задача 11.2

Максимальный балл: **30**. Автор: **Калиничев А. В.**

На химических предприятиях большая доля химических реакций проводится в газовой фазе. Для описания физико-химических характеристик газа в первом приближении можно воспользоваться уравнением состояния идеального газа, или уравнение Менделеева-Клапейрона:

$$pV = nRT,$$

где p — давление газа, V — его объём, n — количества вещества, T — температура, R — коэффициент пропорциональности, универсальная газовая постоянная, равная $8,314 \frac{\text{кПа}\cdot\text{л}}{\text{моль}\cdot\text{К}}$. Однако далеко не все газы ведут себя в реальных условиях, как идеальные. Поэтому в конце 19 века голландский учёный Й.Д. Ван дер Ваальс предложил следующее уравнение состояния реального газа

$$\left(p + \frac{n^2 a}{V^2}\right)(V - nb) = nRT,$$

где поправки a и b учитывают отклонения от идеальности.

1. По уравнению Менделеева-Клапейрона рассчитайте объём 1 моля любого идеального газа при нормальных условиях (0°C, 1 атм). Сравните полученное значение с известными вам величинами.
2. Определите размерности параметров a и b .
3. Предположите, с чем связаны отклонения от идеальности и какие физико-химические параметры газа учитывают данные поправки: какой параметр отвечает за отталкивание частиц, а какой за притяжение. Ваше предположение объясните.

Для 1 моль некоторого вещества экспериментально были получены следующие данные: при $T = 373$ К давление газа составило 13,20 атм, а молярный объём $V_1 = 2,24$ л.

4. Найдите параметр a , приняв $b = 0,0427$ [ед.], а также давление, которое оказывает один моль исследуемого газа при 424 К, если его молярный объём равен 0,224 л.

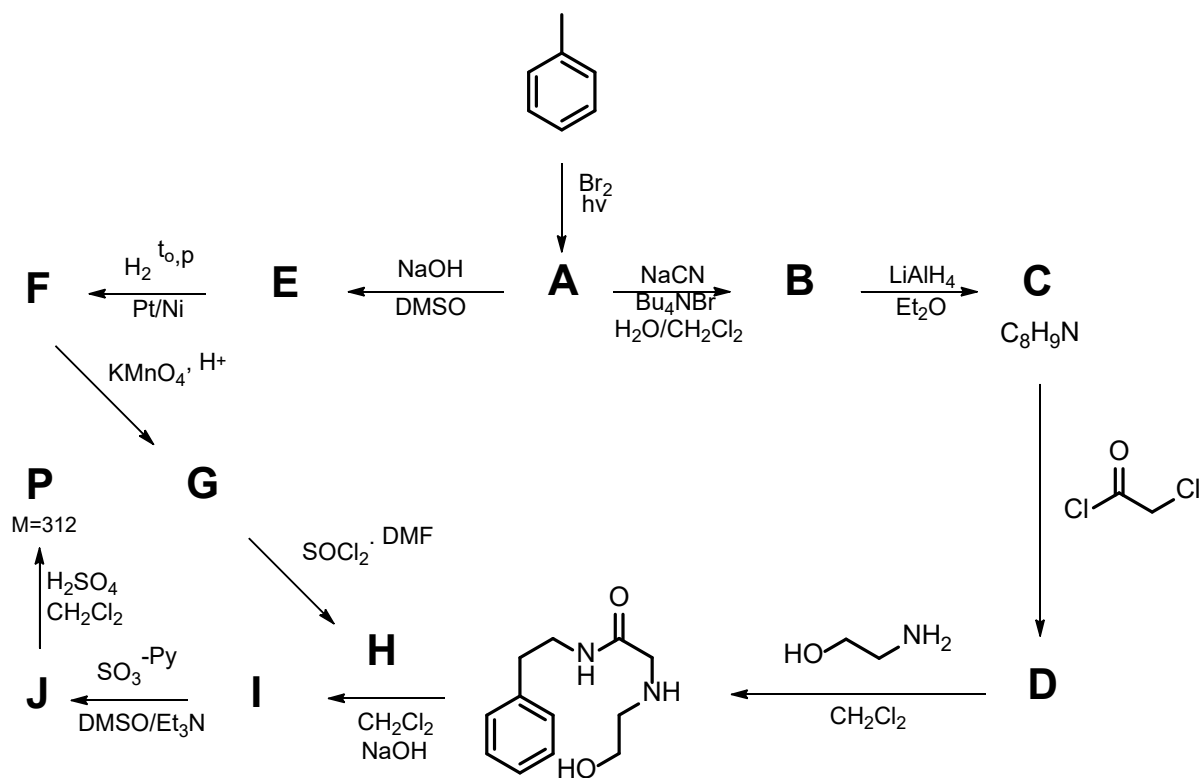
Некоторое молекулярное вещество **X** массой 2,214 г при -30°C и 5 атм занимает объём, равный 490,0 мл.

5. Определите вещество **X**, считая, что $a = 422,5$ и что произведение nb пренебрежимо мало. Рассчитайте, какая была бы погрешность (в %) при определении объёма **X** данной массы по уравнению Менделеева-Клапейрона.

Задача 11.3

Максимальный балл: 30. Автор: Дмитриев В. А.

P является активным веществом лекарственного средства, применяемого в борьбе с червями-паразитами человека. Перед Вами представлена схема синтеза этого вещества из толуола:



Превращения из **A** в **B** и **E**-реакции нуклеофильного замещения. Система $\text{SO}_3\text{-Py}$ является мягким окислителем, а вещество **J** - полуаминь (карбиноламин). Молекула **P** содержит 4 цикла, причем 3 из них конденсированы. Молекулярная масса **P** равна 312.

- Основываясь на схеме превращений, напишите структурные формулы веществ **A-J** (10 штук), **P**.
- Какую роль выполняет LiAlH_4 ?
- Напишите механизм бромирования толуола.
- Для чего используют Bu_4NBr в превращении из **A** в **B**?
- Напишите молекулярную формулу **P** и приведите название этого препарата (тривиальное).