

Большая олимпиада Росхим по химии и химической технологии

2024-2025 учебный год

Задания заключительного этапа

9 класс

Мы очень рады, что ты решил проявить себя в олимпиадном движении по химии. Это увлекательный путь к самосовершенствованию, развитию своего кругозора и лучшему пониманию мира, в котором мы живём.

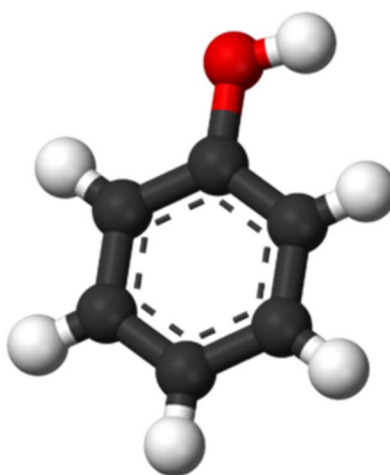
Обратите внимание: решение каждой задачи оформляется на выданных Вам листках, так же не забудьте указать номер задачи, решение которой вы приводите. Пишите разборчиво и будьте внимательны: учитывайте, что именно от вас требуется в вопросе; не забывайте о подтверждении расчётами, где это требуется. Будьте уверены, каждый из вас может решить какую-то часть задачи. При возникновении трудностей переходите к следующим заданиям – вернётесь в конце, если у вас останется время.

Желаем вам интересной олимпиады и плодотворного участия!

Задача 1. Карболовая кислота

В современном мире огромное количество различных антисептических препаратов, которые в свободном доступе продаются в аптеках. Например, пероксид водорода (H_2O_2), спиртовой раствор иода (I_2), борная кислота (H_3BO_3), перманганат калия (KMnO_4) и большое количество различных органических соединений.

Однако вплоть до конца XIX века в медицинском сообществе внедрение антисептиков в хирургию встречало сильную критику и сопротивление. Джозеф Листер, основатель антисептической хирургии, одним из первых использовал тряпки, пропитанные карболовой кислотой, для обработки ран перед операцией. Ввиду этого карболовая кислота считается одним из первых применённых в медицине антисептиков.



На картинке приведена структурная формула карболовой кислоты. Чёрными шариками обозначены атомы углерода, белыми – атомы водорода, красным – атом кислорода.

Карболовая кислота умеренно растворима в воде. Для приготовления антисептического раствора необходимо растворить 6 грамм карболовой кислоты в 100 граммах воды. Она обладает слабыми кислотными свойствами и способна взаимодействовать с гидроксидом натрия (NaOH) с образованием соответствующей соли ($\omega(\text{Na}) = 19,83\%$) и воды.

1. Укажите степени окисления всех элементов в перечисленных современных антисептиках. (H_2O_2 , I_2 , H_3BO_3 , KMnO_4)
2. Определите брутто-формулу карболовой кислоты. Рассчитайте массовые доли каждого элемента в ней.
3. Рассчитайте, сколько грамм карболовой кислоты необходимо взять, чтобы приготовить 600 грамм антисептического раствора.
4. Определите формулу продукта взаимодействия карболовой кислоты с гидроксидом натрия. Ответ подтвердите расчётом.
5. Напишите уравнение реакции взаимодействия карболовой кислоты с гидроксидом натрия.

Задача 2. «В составе Кока-Колы»

Вещество **А** имеет довольно широкий спектр применения, однако в основном используется в производстве жидких моющих средств и в сельском хозяйстве в качестве удобрения.

В промышленности вещество **А** получают реакцией веществ **Б** и **В** в отношении 3 к 1, при этом в качестве побочного продукта образуется лишь вода (*реакция 1*).

Вещество **Б** производится электролитическим методом из раствора соли **Г**, при этом также выделяются хлор и водород (*реакция 2*). Соль **Г** в больших количествах встречается в природе и добывается в виде минералов, например, сильвина.

Вещество **В** можно получить двумя способами, экстракционным и термическим. Экстракционный способ заключается в обработке некоторых минералов, например фторапатита (вещества **Д**), серной кислотой, при этом кроме целевого продукта также выделяются сульфат кальция в виде дигидрата и фтороводород (*реакция 3*).

Термический способ заключается в предварительном обжиге смеси фторапатита, диоксида кремния и угля (*реакция 4*). В результате этой реакции образуется силикат и фторид кальция, угарный газ и простое вещество **Е** в виде паров, которые позже конденсируются в мягкое белое вещество, светящееся на воздухе. Вещество **Е** после конденсации сжигают на воздухе (*реакция 5*) и растворяют в воде с получением вещества **В** (*реакция 6*).

Используя термический способ получения **В**, из 10,08 г фторапатита можно получить 5,88 г продукта.

1. Определите вещества **А-Е**, ответы подтвердите расчетами. Дополнительно известно, что массовая доля хлора в веществе **Г** составляет 47,29 %.
2. Запишите уравнения *реакций 1-6*.

Задача 3. Минералы двух металлов

Основным минералом металла **Х** является смитсонит (голубого цвета), на поверхности которого ввиду явления изоморфизма встречается минерал металла **У**, находящегося в одной группе с **Х** – отавит.

Для выделения чистых металлов из этих минералов используются два способа:

- 1) Обжиг минерала в печи для окисления металла с образованием соответствующего оксида (*реакция 1*), с последующим восстановительным спеканием с углём (*реакция 2*).



2) Перевод металлов в растворимую форму путём обработки серной кислотой (*реакция 3*) с последующим электролитическим выделением металла из полученного раствора (*реакция 4*).

Образец смитсонита с наростом отавита из одного из месторождений был подвергнут модельному эксперименту по описанной выше схеме. Из образца массой 1.28 г были получены 0.57 г **X** и 0.12 г **Y**, а при электролизе током силой 0.2 А выделение металлов на катоде прекратилось спустя 2 часа 38 минут, вместе с тем выделение первого металла закончилось через 17 минут.

1. Используя данные по электролизу, определите металлы **X** и **Y**.
2. Определите формулы минералов в образце и массовое содержание каждого из них.
3. Напишите уравнения *реакций 1-4*, используя в качестве исходного вещества любой из минералов.
4. Металлы в ходе производства необходимо отделять. Какое физическое свойство используется для их разделения?

На основе бинарных веществ **A** ($\omega(\text{Y}) \approx 78\%$) и **B** ($\omega(\text{Y}) \approx 59\%$) синтезируются частицы с необычными свойствами, за изучение которых была вручена престижная научная премия. Известно, что вторые элементы в каждом из соединений находятся в одной группе.

5. Определите соединения **A** и **B**. Напишите название упомянутых частиц.

Справочные материалы:

$$m = \frac{M \cdot I \cdot t}{z \cdot F} - \text{закон электролиза Фарадея, где}$$

m – масса образовавшегося на электроде вещества, г;

M – его молярная масса, г/моль;

I – сила тока, А;

t – время, потраченное на электролиз конкретного вещества, с;

z – количество принимаемых или отдаваемых электронов, которое приходится на 1 молекулу образующегося на электроде вещества;

F = 96485 Кл/моль – постоянная Фарадея.

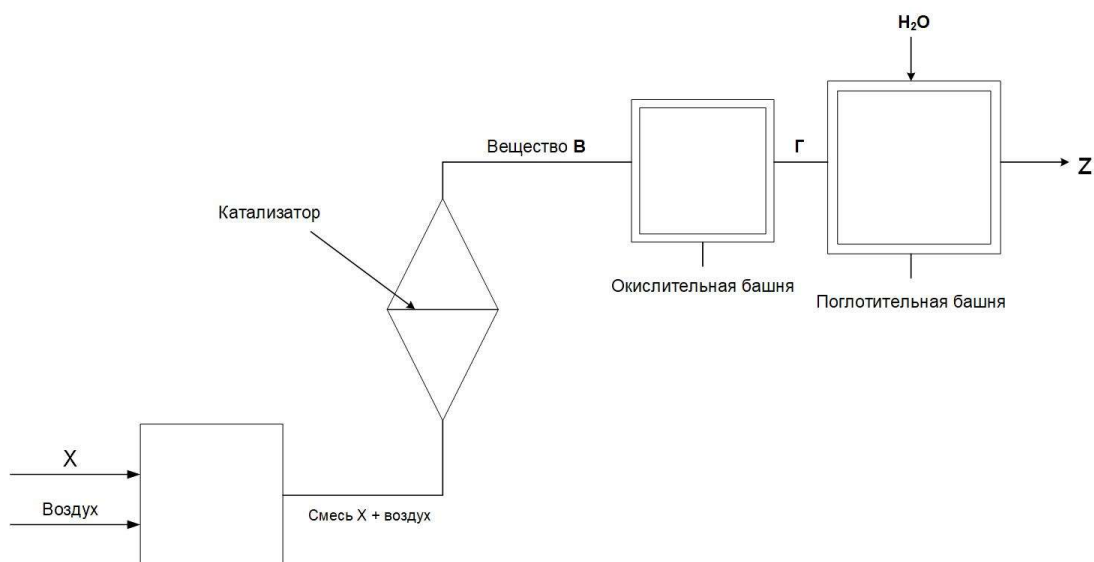
Так как у обоих металлов разные потенциалы восстановления, то выделение второго металла начинается только после полного выделения первого. При расчетах примите, что выходы по току составляют 100 %.

Задача 4. Общие элементы

На сегодня холдинг «Росхим» осуществляет контроль над многими химическими активами в разных регионах России. Россошанские «Минудобрения», производят около 1,2 млн тонн вещества **X**, 550 тыс. тонн вещества **Y** и 850 тыс. тонн неконцентрированной кислоты **Z**. Все они широко применяются в сельском хозяйстве самостоятельно или при производстве различных удобрений.

Все вещества имеют в своем составе два общих элемента, образующих простые вещества **A** и **Б**. Соединение **Y** на производстве получают реакцией вещества **Z** и **X**. Вещество **X** в свою очередь напрямую синтезируют из простых веществ **A** и **Б** (*реакция 1*).

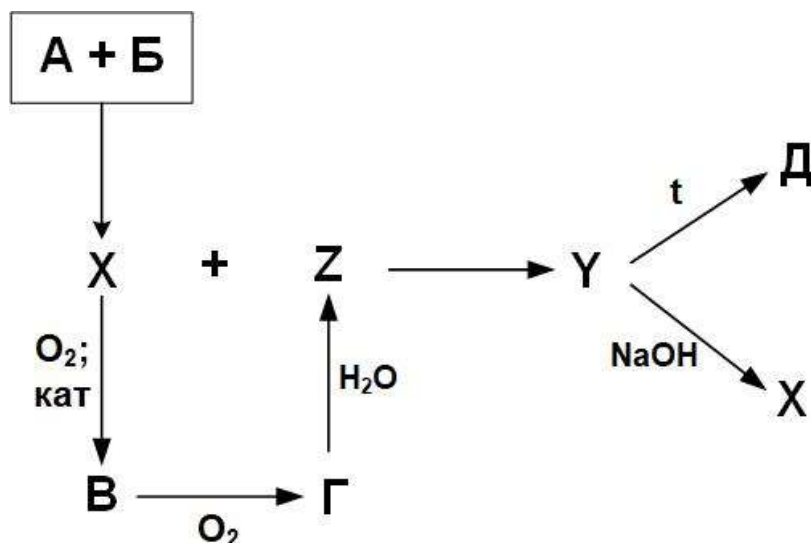
Вещество **A** получают из воздуха, а его объёмная доля в нем составляет 78 %. Вещество **Б** является взрывоопасным газом, одним из вариантов его получения служит взаимодействие цинка с соляной кислотой (*реакция 2*).



Вещество **Z** можно получить из вещества **X** за несколько стадий по схеме, показанной выше. Первая стадия представляет собой окисление вещества **X** кислородом воздуха при нагревании с катализатором на основе платины и оксида алюминия (*реакция 3*). На второй стадии полученный продукт **B** направляется в окислительную башню, где подвергается дальнейшему окислению кислородом, при этом реакция протекает уже без катализатора (*реакция 4*). Продукт *реакции 4* – вещество **Г**, представляющее собой бурый газ, направляется в поглотительную башню, где взаимодействует с водой с образованием кислоты **Z** и вещества **B** (*реакция 5*).

Вещество **Y** способно реагировать с гидроксидом натрия с образованием вещества **X** (*реакция 6*), которое имеет характерный резкий запах. Также вещество **Y** способно разлагаться при нагревании без образования твёрдых продуктов с образованием вещества **Д** (массовая доля элемента, образующего простое вещество **A** составляет 63,64 %) (*реакция 7*).

Для Вашего удобства все описанные в задаче реакции приведены на схеме:



1. Приведите формулы веществ $X - Z$ и $A - D$.
2. Приведите уравнения описанных реакций 1-7.
3. Рассчитайте, сколько тонн 30 % раствора Z можно получить из 1 тонны вещества X , если выход каждой стадии синтеза составляет 65 %.
4. Приведите тривиальное название вещества Y .
5. Реакция 1 может находиться в равновесии. Что нужно для смещения равновесия реакции в сторону образования большего количества X , если известно, что реакция экзотермическая?

Задача 5. Известный полимер.

Полимер **П** является одним из основных продуктов производства на заводе «Мономер» ООО «Газпром нефтехим Салават». Данный материал является самым известным в своём роде, а вещи, произведённые из него, вы можете встретить в каждом доме и на каждой улице. Он обладает исключительной устойчивостью к различным химическим веществам, что делает его идеальным для использования в агрессивных средах. Его гибкость позволяет создавать из него тонкие пленки, а прочность – надежные контейнеры. Этот полимер играет важную роль в современной жизни, обеспечивая сохранность продуктов, транспортировку жидкостей и газов, а также служит основой для множества предметов обихода.



Соответствующим мономером для **П** является бесцветный газ **М**, представляющий собой углеводород. Известно, что при сгорании в кислороде 0,3 моль **М** (реакция 1) выделяется 13,44 л газа **Г** (н.у.), вызывающего помутнение известковой воды (реакция 2), и 10,8 мл бесцветной жидкости **Ж**.

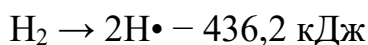
1. Напишите уравнения упомянутых реакций и расшифруйте вещества **П**, **М**, **Г** и **Ж**.

В таблице ниже даны стандартные теплоты образования веществ **М**, **Г** и **Ж**:

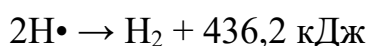
Вещество	М (г)	Г (г)	Ж (ж)
$Q_f^{\circ}_{298}$, кДж/моль	-52,3	393,5	285,5

2. Рассчитайте, сколько тепла (в кДж) выделится при сгорании 0,3 моль **М** и запишите термохимическое уравнение данной реакции.

Для примерного нахождения теплового эффекта реакции также можно использовать энергию связи. Энергия связи – это энергия, необходимая для разрыва связи между двумя атомами в молекуле. Например, для атома водорода она равна 436,2 кДж/моль. Это означает, что для разрыва всех связей Н-Н в 1 моль водорода нам понадобится 436,2 кДж энергии:



В случае если два атома водорода образуют молекулу, на 1 моль водорода выделится то же самое количество тепла:



Таким образом, тепловой эффект полимеризации можно примерно рассчитать, зная энергии образующихся и разрывающихся связей:

$$Q = \sum E_{\text{св (обр)}} - \sum E_{\text{св (разр)}} ,$$

Где $\sum E_{\text{св (обр)}}$ - сумма энергий образующихся связей, $\sum E_{\text{св (разр)}}$ - сумма энергий разрывающихся связей.

3. Известно, что энергия двойной связи $E(\text{C}=\text{C})$ равна 588 кДж/моль, а энергия одинарной связи $E(\text{C}-\text{C})$ – 332 кДж/моль. Запишите реакцию полимеризации **М** (реакция 3) и оцените теплоту образования одного фрагмента полимерной цепи.

Степень полимеризации – количество мономерных звеньев, входящих в состав молекулы полимера. Так, для большинства полимеров она имеет порядок 10^2 – 10^4 .

4. Оцените степень полимеризации и молекулярную массу получившегося полимера, если в результате получения **Г** выделилось 271,396 МДж

теплоты. Чем мы пренебрегаем в расчётах и почему это не является ошибкой?

5. Приведите названия любых трёх известных Вам полимеров.