

Большая олимпиада Росхим по химии и химической технологии

2024-2025 учебный год

Задания заключительного этапа

7-8 класс

Дорогой друг!

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.

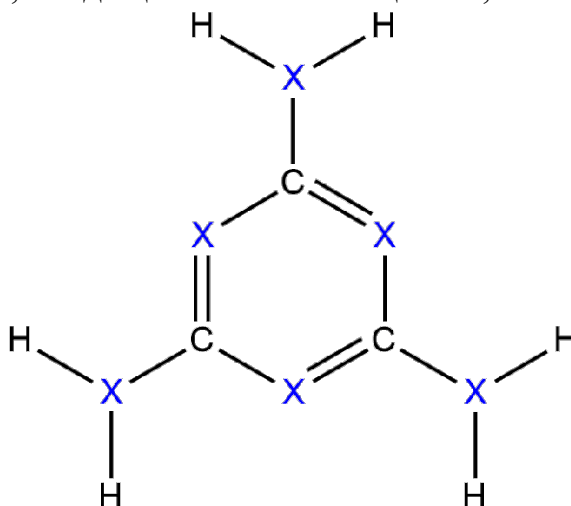
Обратите внимание: решение каждой задачи оформляется на выданных Вам листках, так же не забудьте указать номер задачи, решение которой вы приводите. Пишите разборчиво и будьте внимательны: учитывайте, что именно от вас требуется в вопросе; не забывайте о подтверждении расчётами, где это требуется. Будьте 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. Меламин

Меламин — бесцветное кристаллическое вещество, которое применяется в производстве ингибиторов коррозии, красителей, гербицидов и огнезащитных лакокрасочных покрытий. В России крупнейшим производителем меламина является ПАО «Метафракс Кемикалс» в городе Губаха Пермского края. В 2025 году компания планирует построить вторую установку для синтеза меламина и удвоить запланированную мощность производства. В текущее время производство меламина может достигать 40 тыс. тонн в год.

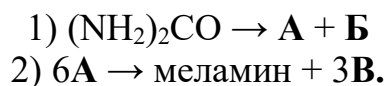
1. Вам представлена структурная формула меламина, в котором один из трёх элементов, входящих в состав вещества, обозначен буквой **X**:



Запишите брутто-формулу меламина, используя обозначение **X**.

2. Определите валентность каждого элемента в структуре меламина. Напомним, что *валентностью* рассматриваемого элемента называют число химических связей, который он образует с другими атомами в данном соединении.
3. Определите элемент **X**, если известно, что его массовая доля в меламине составляет $\frac{2}{3}$ (примерно 66,67 %).

В промышленности в качестве исходного вещества для проведения синтеза меламина используют мочевины — $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$. Пиролиз проходит в две стадии с применением катализаторов на основе Al_2O_3 при температуре около 400 °C и давлении от 50 до 200 МПа:



Все коэффициенты в вышеприведённых уравнениях реакций уже расставлены.

4. Определите, сколько тонн мочевины в каждые три месяца необходимо использовать для производства 40 тыс тонн меламина в год. Выход меламина примите равным 95 % от теоретического.
5. Определите формулы веществ **A**, **B** и **B** ($M_r(\text{A}) > M_r(\text{B})$).

Задача 2. Взрывчатка

Существует огромное множество различных химических веществ и их смесей, способных при влиянии внешнего воздействия к быстрой самораспространяющейся химической реакции с выделением большого количества теплоты и газообразных продуктов. Такие реакции называют *взрывами*, а вещества, способные к взрыву – взрывчатыми, или взрывчаткой.

Первым прообразом взрывчатки считается «греческий огонь», состав которого был изобретен еще в VII веке. Чуть позже, но в том же веке, в Китае были разработаны первые прототипы пороха, который сначала применялся в пиротехнике, а затем нашел свое применение и в военном деле.

В промышленности взрывчатые вещества (ВВ) начали широко применяться значительно позже – в конце XIX века, после изобретения безопасных детонаторов. В настоящее время взрывчатка широко применяется для *взрывных работ* в горном деле для отделения скальных пород от массива.

Одним из простейших и старейших ВВ является дымный порох. Для его получения необходимо смешать соль **А**, в которой содержится 38,60 % калия по массе, простое жёлтое вещество **Б** и простое чёрное вещество **В**, получаемое при сжигании древесины. Дымный порох сгорает с образованием большого объема двух бесцветных газов без цвета запаха и одного твёрдого вещества (*реакция 1*).

Еще одним ВВ можно считать смесь белой соли **Г** ($\omega(\text{K}) = 31,84 \%$), являющейся хорошим окислителем, и вещества **В**. Данная смесь очень чувствительна к трению и ударам, поэтому нашла применение лишь в пиротехнике. При взрыве в качестве продуктов реакции образуется одно газообразное и одно твердое вещество (*реакция 2*).

В качестве примера ВВ, не являющегося смесью, можно привести соль **Д** ($\omega(\text{N}) = 35,00 \%$). При осторожном нагревании при температуре до 200 °C соль разлагается (*реакция 3*), однако при поджигании или при температуре больше 300 °C происходит взрыв, после которого не остается никаких твердых продуктов (*реакция 4*).

Некоторые смеси веществ способны взрываться и без какого-либо внешнего воздействия. Таковой является смесь соли **Г** и простого вещества **Е**, светящегося в темноте – одной из аллотропных модификаций элемента V группы таблицы Менделеева. При их смешивании соль **Г** моментально окисляет **Е** до высшего оксида с выделением огромного количества теплоты (*реакция 5*).

1. Запишите формулы веществ **А** – **Е**. Дополнительно известно, что соли **А** и **Д** называют индийской и аммиачной селитрами соответственно.

2. Напишите уравнения *реакций 1-5*.
3. Какое тривиальное название имеет вещество Г?

Задача 3. Сода

АО «Башкирская содовая компания» – крупнейшее в России предприятие по производству пищевой соды. Пищевая сода используется во многих сферах жизни человека, однако основное ее применение – в пищевой промышленности. Без соды невозможно представить себе пышный хлеб, а ее фирменная жёлто-оранжевая пачка известна во всем мире.



Производство соды основано на аммиачно-хлоридном способе. В холодный концентрированный раствор хлорида натрия, предварительно насытив его аммиаком, пропускают углекислый газ под давлением (*реакции 1 и 2*). В результате происходящих реакций сода выпадает в осадок ввиду своей малой растворимости в холодной воде. Отделив продукт при помощи фильтрования, в оставшийся раствор вносят гашённую известь (*реакция 3*), получаемую при обжиге известняка CaCO_3 (*реакция 4*) и последующей обработке продукта обжига водой (*реакция 5*). В результате выделяется аммиак, вновь возвращаемый в производство.

1. Напишите уравнения реакций протекающих процессов.
2. Рассчитайте массы исходных продуктов (хлорида натрия и известняка), необходимых для производства партии из 100 пачек пищевой соды массой 500 г. Учтите, что углекислый газ, используемый для синтеза, получают перегонкой воздуха, а не как продукт разложения CaCO_3 .

Использование пищевой соды в хлебобулочной промышленности заключается в её способности выделять углекислый газ при нагревании в тесте (*реакция 6*). Газ, образуя пузырьки, вспучивает тесто и придает хлебу объем и характерный «пещеристый» вид после запекания. Однако хлеб, выпеченный при помощи лишь соды, получается меньшего объема и меньшей пористости, чем хлеб, выпеченный с добавлением дрожжей. Дрожжи выделяют как и углекислый газ, так и молочную кислоту $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$, вступающую в реакцию с содой с выделением углекислого газа (*реакция 7*).



3. Напишите уравнения реакции разложения соды в тесте и ее взаимодействия с молочной кислотой. Дополнительно известно, что

молочная кислота одноосновная, то есть содержит в составе лишь один кислый протон.

4. Рассчитайте объем углекислого газа, выделяющегося при выпечке бездрожжевого хлеба, если на 1 кг муки добавляют 5 г соды. Рекомендуемая температура запекания теста – 160 °С.
5. Рассчитайте, на сколько процентов уменьшится объем углекислого газа при остывании хлеба до комнатной температуры (25 °С). Для решения 4 и 5 пункта вам понадобится уравнение Клапейрона-Менделеева:

$$pV = nRT, \text{ где}$$

p – давление, 101,325 [кПа] R – газовая постоянная, $8,314 \left[\frac{\text{Дж}}{\text{моль} \times \text{К}} \right]$
 V – объём газа [л] T – температура [К] ($^{\circ}\text{К} = 273 + ^{\circ}\text{С}$)
 n – количество вещества [моль]

Задача 4. «Дух соли»

Предприятие «Сода-хлорат», расположенное в городе Березники, выпускает разнообразный ассортимент химической продукции, используя уникальные технологии производства. На предприятии, помимо прочего, производят и водный раствор вещества **X**, применяемый в гидрометаллургии, гальванопластике, пайке металлов и для получения некоторых других промышленно важных веществ.

Вещество **X** представляет собой бесцветный ядовитый газ с резким запахом, легко растворяющийся в воде. При -85,1 °С газ конденсируется в бесцветную подвижную едкую жидкость.

Впервые **X** выделил алхимик Василий Валентин еще в XV веке и назвал полученное вещество «духом соли». Позже, в XVII веке, Иоганн Глаубер получил вещество **X** из соли **A** и серной кислоты (*реакция 1*). Соль **A** – бинарная, и в природе встречается в виде минерала галита ($\omega(\text{Na}) = 39,31 \%$). Однако Глаубер все же не смог установить состав полученного вещества.

В 1790 году британский химик Гемфри Дэви получил вещество **X** из простых веществ **B** и **B** (*реакция 2*). Реакция, которую провел Гемфри Дэви, и по сей день используется в промышленности в качестве основного способа получения вещества **X**. Полученным таким образом вещество часто называют синтетическим.

Вещество **B** – самый лёгкий газ, который может быть получен в лаборатории взаимодействием металлического натрия с водой (*реакция 3*).

Вещество **B** является относительно тяжёлым газом жёлто-зеленого цвета с плотностью по воздуху 2,45 г/моль, который можно получить взаимодействием перманганата калия KMnO_4 с веществом **X** (*реакция 4*). При

этом образуется соль калия ($\omega(\text{K}) = 52,35 \%$) и соль марганца ($\omega(\text{Mn}) = 43,65 \%$).

1. Определите формулу вещества **X** и веществ **A – B**.
2. Напишите уравнения реакций *1 – 4*.

Для получения раствора с заданной концентрацией вещества **X** взяли 200 л газа **Б** и 300 л газа **В** (объёмы измерены при н.у). После проведения реакции получившееся газообразное вещество полностью растворили в 800 миллилитрах воды.

3. Определите массовую долю вещества **X** в полученном растворе.
4. Как называется раствор вещества **X** с азотной кислотой в соотношении 3: 1, способный растворять золото?

Задача 5. Металлическая проволока

Одним из незаменимых продуктов металлургии является обыкновенная металлическая проволока. Она применяется для производства тросов, канатов, пружин, электродов и электропроводов, в строительстве, полиграфии и многом другом. Один из первых комбинатов, наладивших массовое производство проволоки еще в XIX веке, находится в Белоречке, продукция которого использовалась при строительстве первых телеграфных линий и мостов. Производство проволоки на данном предприятии продолжается и по сей день.



При плановом контроле качества проволоки диаметром 10 мм (марка СтЗкп, в составе: Fe, C, Si, Mn, Cr и прочие примеси), плотность которой составляет 7850 кг/м^3 были проведены следующие опыты:

Образец проволоки длиной 20 см нарезали на кусочки и растворили в избытке азотной кислоты, в результате чего железо и марганец растворились с образованием нитратов железа (III) и марганца (II), выделилось 146,63 л (н.у.) бурого газа, представляющего собой диоксид азота (*реакции 1-2*), и осталось 1,109 г нерастворимого остатка. Примечание: для всех расчётов округляйте атомную массу до двух знаков после запятой.

1. Рассчитайте массу образца проволоки (г).
2. Какая масса образца приходится на железо и марганец?

3. Напишите уравнения *реакций 1-2*, учитывая, что кроме перечисленных продуктов в этих реакциях образуется вода.
4. Рассчитайте массы железа и марганца в образце. Для этого вам потребуется составить систему из двух уравнений.
5. Посчитайте массовое содержание этих металлов в образце.

Нерастворимый остаток отфильтровали и попробовали растворить в соляной кислоте. Как и ожидалось, масса осадка уменьшилась (*реакция 3*). После обработки соляной кислотой его масса составила 0,961 г.

6. За счёт растворения какого компонента масса осадка уменьшилась?
7. Рассчитайте массу этого компонента и его массовое содержание в образце.
8. Напишите уравнение *реакции 3*.

Последним испытанием осадка стала обработка его раствором концентрированной щёлочи (NaOH). Осадок снова уменьшил свою массу, в этот раз на 0,727 г. Причём в щёлочи не растворился лишь углерод.

9. Рассчитайте массу углерода и его массовое содержание в образце.
10. Напишите уравнение реакции растворения кремния в водном растворе щёлочи (*реакция 4*), в ходе которой образуются соль – силикат – и взрывоопасный газ.
11. По результатам спектрального анализа содержание кремния в образце составило 0,27 %. Какая массовая доля приходится на прочие примеси?

По содержанию углерода в стали её делят на 3 вида: низкоуглеродистая сталь — до 0,25 % углерода; среднеуглеродистая сталь — 0,3–0,6 % углерода; высокоуглеродистая сталь — 0,6–2 % углерода. А также по содержанию легирующих элементов (всё, что не железо и углерод): низколегированная — легирующих элементов не более 2,5 %; среднелегированная — легирующих компонентов от 2,5 % до 10 %; высоколегированная — легирующих элементов более 10 %.

12. К каким видам стали по содержанию углерода и легирующих добавок относится марка Ст3кп?