

Большая олимпиада Росхим по химии и химической технологии

**2025-2026 учебный год
Заключительный этап
Задания теоретического тура
7-8 класс**

Длительность теоретического тура: 235 минут

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.

Обрати внимание: решение каждой задачи оформляется на выданных листах, не забудь указать номер задачи и пункта, решение которого приводишь. Пиши разборчиво и будь внимателен: учитывай, что именно требуется в вопросе; не забывай о подтверждении расчётами, где это требуется. Будь уверен: каждый из вас может решить какую-то часть задачи. При возникновении трудностей переходи к следующим заданиям – вернёшься в конце, если у вас останется время.

Желаем интересной олимпиады и плодотворного участия!

Константы, которые могут быть полезными

Число Авогадро $N_A = 6,02 \times 10^{23}$ моль⁻¹

Постоянная Больцмана $k_B = 1,38 \times 10^{-23}$ Дж/К

Универсальная газовая постоянная $R = 8,314$ Дж/(К*моль)

Постоянная Планка $h = 6,626 \times 10^{-34}$ Дж*с

Число Фарадея (заряд 1 моля электронов) $F = 9,6485 \times 10^4$ Кл/моль

Масса электрона $m_e = 9,1093 \times 10^{-31}$ кг

Атмосферное давление $P_{atm} = 1,01325 \times 10^5$ Па = 760 mmHg = 760 Торр

Ноль по шкале Цельсия 273,15 К

1 пикометр (пм) 10^{-12} м, 1 ангстрем (Å) 10^{-10} м, 1 нанометр (нм) 10^{-9} м

1 кал = 4,18 Дж

Задача 1. Один из двух

Бром – один из двух элементов, простое вещество которого находится в жидком состоянии при комнатной температуре. Соединения брома широко используются в органическом синтезе, в нефтедобыче, в медицине и фотографии.

1. Какой элемент, кроме брома, образует жидкое простое вещество в стандартных условиях?
2. Назовите атомный номер брома. В каком периоде и какой группе он находится? К какому классу принадлежит бром – металлы, неметаллы или полуметаллы?

В природе бром представлен в основном в виде двух стабильных изотопов: ^{79}Br и ^{81}Br .

3. Сколько протонов, нейтронов и электронов содержит каждый изотоп?
4. Исходя из приведенной в таблице Менделеева средней атомной массы брома, рассчитайте содержание (в масс. %) указанных изотопов в природе.
5. Запишите полную электронную конфигурацию атома брома (используя обозначения $1s^2 2s^2 \dots$). Изобразите схематично расположение электронов на энергетических уровнях.
6. Сколько электронов находится на внешнем энергетическом уровне атома брома? Назовите высшую и низшую степени окисления брома.

Ниже приведены некоторые вещества, содержащие бром, имеющие важное значение в жизни человека:

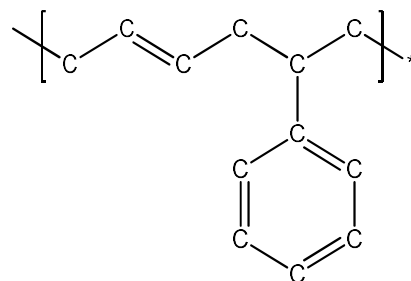
- HBr – ядовитый газ, использующийся для синтеза многих бромсодержащих веществ и в органической химии;
 - HBrO – образуется при растворении брома в воде, используется для идентификации органических веществ и в качестве отбеливающего вещества;
 - AgBr – применяется в фотографии и в создании специальных стекол, меняющих прозрачность в зависимости от освещенности.
7. Приведите названия перечисленных веществ. К каким классам соединений они относятся?

Задача 2. *Elastica*

«Алтайский шинный комбинат» Росхима – ведущее предприятие, производящее разнообразные износостойкие шины для легковых, грузовых и сельскохозяйственных автомобилей – и единственный в России изготовитель авиационных шин. Изготовление шин состоит из четырех этапов: подготовки резиновых смесей на основе каучука, создания компонентов шины, сборки и вулканизации.

Каучуки – это полимеры-макромолекулы, состоящие из множества повторяющихся звеньев, которые характеризуются высокой эластичностью и водонепроницаемостью, твердеют при низкой температуре и размягчаются при нагревании. Вулканизация – это процесс, при котором каучук взаимодействует с серой, что приводит к соединению через атомы серы молекул каучука с образованием сетчатых структур, обладающих эластичностью в более широком диапазоне температур.

На рисунке представлена структурная формула фрагмента бутадиен-стирольного каучука (БСК). Атомы углерода соединены связями, парные линии означают двойные связи. Также атомы углерода связаны с атомами водорода, они на рисунке не показаны. Квадратные скобки означают повторяющуюся часть молекулы, а линии, выходящие за них – связи со следующим звеном.



1. Определите брутто-формулу фрагмента БСК, представленного на картинке. Известно, что в состав БСК входят только атомы углерода и водорода, а каждый атом углерода образует четыре связи.
2. Определите число атомов углерода, образующих двойные связи в повторяющемся фрагменте.
3. Среднечисловая молярная масса БСК составляет 100 000 г/моль. Рассчитайте среднее число фрагментов, содержащихся в 1 макромолекуле полимера, ответ округлите до целых.
4. Определите число макромолекул БСК, содержащихся в 250 г каучука.

Для превращения каучука в резину его смешивают с серой S_8 и различными добавками (наполнителями, активаторами и пр.) при нагревании. Готовая резиновая смесь содержит в себе 63,8% по массе каучука и 1,1% серы.

5. Какая масса серы приходится на 100 г каучука в смеси? Рассчитайте, сколько атомов серы приходится на одну макромолекулу каучука.
6. В процессе вулканизации атомы серы образуют поперечные связи (сшивки) между макромолекулами полимера. Сколько в среднем сшивков приходится на 1 макромолекулу в вулканизированной резине, если каждая сшивка состоит из 2 атомов серы?

Задача 3. АА-сплав

В Лидийском царстве, располагавшемся на территории современной Турции, в VII веке до н.э. начали чеканить первые в истории монеты из природного сплава двух благородных металлов **X** и **Y** – минерала «электрум». Преимущество таких монет заключалось в большей твердости, чем монет из чистого **X**, а значит, и большей износостойкости.



минерал электрум

Для определения состава образец электрума массой 1,8422 г подвергли анализу в лаборатории. Перед вами выписка из лабораторного журнала:

«Опыт 1: образец поместили в стакан, после чего прилили избыток 65%-ной азотной кислоты. Химический стакан разместили на плитке и нагрели до 70 °С, в результате чего образец начал активно растворяться, наблюдалось выделение большого количества бурого газа **A** (*реакция 1*). К концу опыта в стакане остался темный осадок, который сначала определили как чистый металл **X**. Осадок отделили при помощи фильтра, промыли и высушили, его масса составила 0,6920 г. Стаканчик с раствором из этого опыта обозначили как «раствор 1», содержащий соль **B**.

Опыт 2: к осадку из опыта 1 при нагревании прилили «царскую водку» - смесь концентрированных соляной и азотной кислот (*реакция 2*). Осадок вновь растворился не полностью, масса остатка составила 0,0023 г. Получившийся раствор поместили как «раствор 2». Опыт показал, что в монете присутствует устойчивая к действию кислот примесь.

Опыт 3: «раствор 1» перенесли в мерную колбу и разбавили до объема 100 мл. Из колбы отобрали порцию 20 мл раствора и добавили избыток раствора хлорида натрия (*реакция 3*). Выпавший белый творожистый осадок **C** отфильтровали, промыли и высушили, его масса составила 0,3057 г.

Опыт 4: «раствор 2» также разбавили водой в мерной колбе до отметки 50 мл. К образцу 25 мл раствора добавили избыток раствора сульфата натрия (*реакция 4*). После завершения реакции выпавший осадок отделили, промыли, высушили и прокалили. Масса полученного блестящего желтого королька оказалась равной 0,3450 г.

Опыт 5: нерастворившийся остаток из опыта 2 массой 0,0023 г подвергли спектральному анализу. Остаток был определен как чистый иридий.»

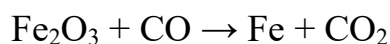
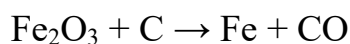
1. Определите массовую долю примеси иридия в образце.
2. Исходя из описанных в опытах химических свойств, определите металлы **X** и **Y**, а также вещества **A-C**. Ответ подтвердите расчетом.

3. Запишите уравнения *реакций 1-3*. Учтите, что в реакции 2 металл переходит в раствор в виде соединения $\text{H}[\text{MeCl}_4]$, при этом происходит выделение газа, окисляющегося при контакте с воздухом до газа А.
4. Рассчитайте массовые доли металлов X и Y в образце.
5. Какую роль выполняет сульфит натрия в *реакции 4*? Перечислите все продукты, которые могут образоваться при протекании реакции.

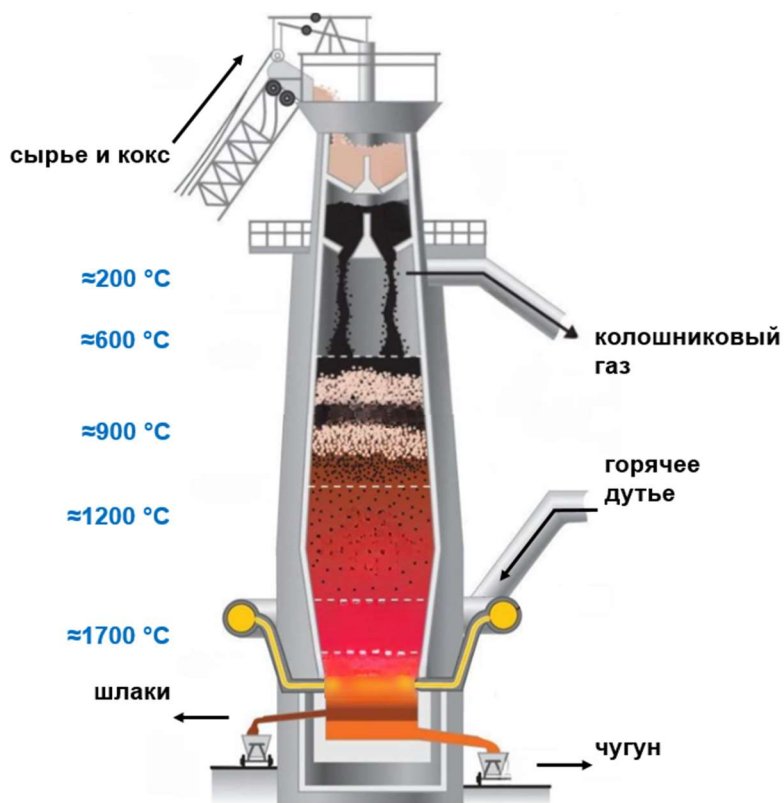
Задача 4. Газ из печи

В доменном процессе для выплавки чугуна в печь загружают шихту – железорудное сырье и кокс (чистый углерод C), а снизу подают горячее кислородное дутье – воздух, обогащенный кислородом O_2 . Часть кокса сгорает с образованием углекислого газа CO_2 , который затем, пройдя через слой раскаленного кокса, восстанавливается до угарного газа CO.

Восстановление железа может протекать как прямым путем (твердым углеродом), в ходе которого также образуется CO, так и непрямым (газами):



На выходе из печи получают жидкий чугун и «колошниковый газ» – смесь CO, CO_2 и азота N_2 , который используется как топливо для нагрева дутья.



В печь загрузили 1000 кг чистого оксида железа (III) Fe_2O_3 . Давление в печи составило 2,5 атм, а температура выходящего колошникового газа – 250 °С. Доля железа, восстановленного прямым путем – 40%, остальное же железо восстанавливается непрямым путем. Объемная доля кислорода в дутье составляет 35%, остальное приходится на азот, при этом весь кислород расходуется в ходе образования СО. Анализ колошникового газа показал, что молярное соотношение $\text{CO}:\text{CO}_2$ в нем равно 3:1.

1. Расставьте коэффициенты в приведенных схемах реакций железа с коксом и угарным газом.
2. Определите массу железа, которую можно получить при восстановлении всего загруженного оксида железа (III).
3. Рассчитайте объем кислорода (м^3 , н.у.), который необходимо подать в печь с дутьем.
4. Найдите объем колошникового газа (в м^3), который образуется после всего процесса в условиях печи. Во сколько раз уменьшится или увеличится объем газов после остывания до стандартных условий (1 атм, 25 °С)?

Для расчетов вам понадобится уравнение состояния идеального газа:

$$pV = nRT,$$

где p – давление, Па (1 атм = 101325 Па);

V – объем, м^3 ;

n – количество моль газа;

R – универсальная газовая постоянная, 8,314 Дж/моль·К;

T – температура, кельвин К.