

**Задания второго тура заочного отборочного этапа Химической олимпиады имени Германа Гесса 2020 года**

**Задача 1. О растворимости углекислого газа в жидкостях** (автор задачи: Евгений Анохин)

Рассчитайте, сколько будет весить оставленная открытой полулитровая бутылка Coca-Cola Zero со вкусом вишни, после того как из нее испарится растворённый углекислый газ (испарением воды пренебрегите). Начальная степень карбонизации напитка, то есть соотношение объёма растворённого углекислого газа и объёма раствора, составляет 5. Считайте, что степень карбонизации рассчитана при н.у., исходная плотность напитка равна 1,045 г/мл, вес пустой пластиковой бутылки без пробки составляет 25 г.

**Задача 2. Спасение экономики от коронавируса** (автор задачи: Евгений Анохин)

Одним из используемых в гомеопатии разведений является так называемое «сотенное», обозначаемое буквой *C*; при таком разведении концентрацию вещества уменьшают в сто раз. К примеру, если есть 100 мл раствора любого вещества, то для разведения *1C* необходимо взять 1 мл исходного раствора и добавить к нему 99 мл чистой воды. В случае, если эти манипуляции произвести дважды последовательно (взять 1 мл нового раствора и добавить к нему ещё 99 мл чистой воды), получается разбавление *2C*, трижды — *3C*, и так далее.

Гомеопатический препарат *Oscillococcinum* по утверждению изготовителя содержит в себе экстракт печени и сердца барбарийской утки, при этом каждая доза препарата содержит в себе 0,01 мл экстракта с разведением *200C*. Предположим, что из одной утки можно изготовить 10 мл исходного концентрированного экстракта. Рассчитайте стоимость одной такой барбарийской утки, в предположении, что она стоит столько же, сколько из неё можно изготовить гомеопатического препарата. Сравните полученную стоимость утки с ВВП России за 2018 год (во сколько раз больше или меньше стоит утка?). ВВП России за 2018 год примите равным 100 трлн рублей, т.е.  $10^{14}$  рублей. Упаковка препарата, содержащая 30 доз, стоит в аптеке полторы тысячи рублей.

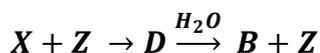
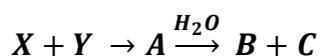
**Задача 3. Корова вырабатывает кубометр метана за два с половиной часа** (автор задачи: Евгений Анохин)

Для ускорения протекания реакций химии часто используют нагревание реакционной смеси, обычно для этого применяют различные вариации газовых горелок. При сжигании 10 л (н.у.) метана выделяется приблизительно 358 кДж тепла. Рассчитайте, сколько тепла выделится при сжигании одного кубометра метана, взятого при давлении 745 мм рт. ст. и температуре 23°C.

**Задача 4. Загадка для всех** (автор задачи: Алексей Тишкин)

Взаимодействие двух простых веществ **X** и **Y** приводит к образованию соединения **A**, с массовой долей **X** в нём 59,65%. Растворение вещества **A** является обменной реакцией, в результате которой образуются растворимое вещество **B** и газообразное **C** (плотность газа **C** по гелию составляет 4,25). Массовая доля кислорода в соединении **B** составляет 66,95%.

Взаимодействие двух простых веществ **X** и **Z** при нагревании приводит к образованию соединения **D**, которое при растворении в воде даёт вещества **B** и **Z**. Кроме того, при взаимодействии при повышенном давлении веществ **Y** и **Z** получается вещество **C**. Данные превращения можно описать следующей схемой:



1. Определите зашифрованные вещества, напишите уравнения протекающих реакций.
2. Напишите уравнения реакций взаимодействия простых веществ **X**, **Y** и **Z** с кислородом, укажите условия протекания этих реакций.

**Задача 5. Глейпнир** (автор задачи: Никита Крысанов)

*Памяти величайшего русского химика.*

**X** представляет собой серебристый металл, легкорастворимый в кислотах и щелочах. Наиболее распространённым его источником в земной коре сейчас служат бокситы, из которых путём очистки и химических превращений получают чистый металл, обладающий довольно низкой плотностью — около  $2,8 \text{ г/см}^3$ . Большая часть производимого металла расходуется на создание сплавов, обладающих повышенной прочностью и твёрдостью, что позволяет использовать их в авиастроении.

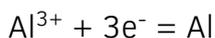
В лаборатории с образцом **X** провели некоторые химические превращения.

Навеску металла **X** растворили в соляной кислоте, при этом образовался бесцветный раствор вещества **A** (*реакция 1*), при добавлении к которому водного раствора аммиака выпал белый осадок вещества **B** (*реакция 2*), который может быть растворён в избытке концентрированного водного раствора гидроксида калия с образованием комплексного соединения **C** (*реакция 3*). При прокаливании вещества **B** образуется оксид **D** (*реакция 4*), причём из  $1,00 \text{ г}$  металла **X** может быть получено  $1,53 \text{ г}$  оксида **D**. Этот оксид обладает невероятно высокой температурой плавления — более  $2000^\circ\text{C}$ . При прокаливании вещества **D** с углем в атмосфере хлора получают безводный хлорид **A** (*реакция 5*), при добавлении к которому раствора фторида натрия образуется малорастворимое в воде бинарное вещество **E** (*реакция 6*).

- 1) Определите элемент **X** и вещества **A-E**, напишите уравнения протекающих реакций.
- 2) По какой причине **X** пассивируется в концентрированной серной и азотной кислотах?

**Задача 6. Электронные весы** (автор задачи: Владимир Королёв)

Компания «РусАл» производит в год 4,15 миллиона тонн алюминия. Для получения алюминия используется электрохимический процесс: путем электролиза раствор  $\text{Al}_2\text{O}_3$  в криолите восстанавливают до металла на графитовых электродах. На одном из электродов процесс можно упрощенно записать так:



Воспользовавшись уравнением химической реакции, определите, сколько тонн электронов в год расходуется «РусАлом» на промышленное получение алюминия? Примите массу электрона 550 мкг/моль. Ответ приведите с точностью до десятых.

**Задача 7. С любовью из Кобальта, Онтарио.** (автор задачи: Алексей Тишкин)

Неизвестный минерал **X** имеет гексагональную кристаллическую структуру, представленную на рисунке 1. В ней можно различить атомы двух различных химических элементов (синие шарики — атомы **A** и зелёные шарики — атомы **B**), принадлежащих одному периоду таблицы Менделеева. Известно, что плотность данного минерала составляет 7,884 г/см<sup>3</sup>, а параметры ячейки:  $a = 3,602 \text{ \AA}$ ,  $c = 5,009 \text{ \AA}$  (считайте, что данная ячейка представляет собой призму с ромбом в основании,  $a$  — сторона ромба,  $c$  — вертикальное ребро призмы).  $1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ м}$ .

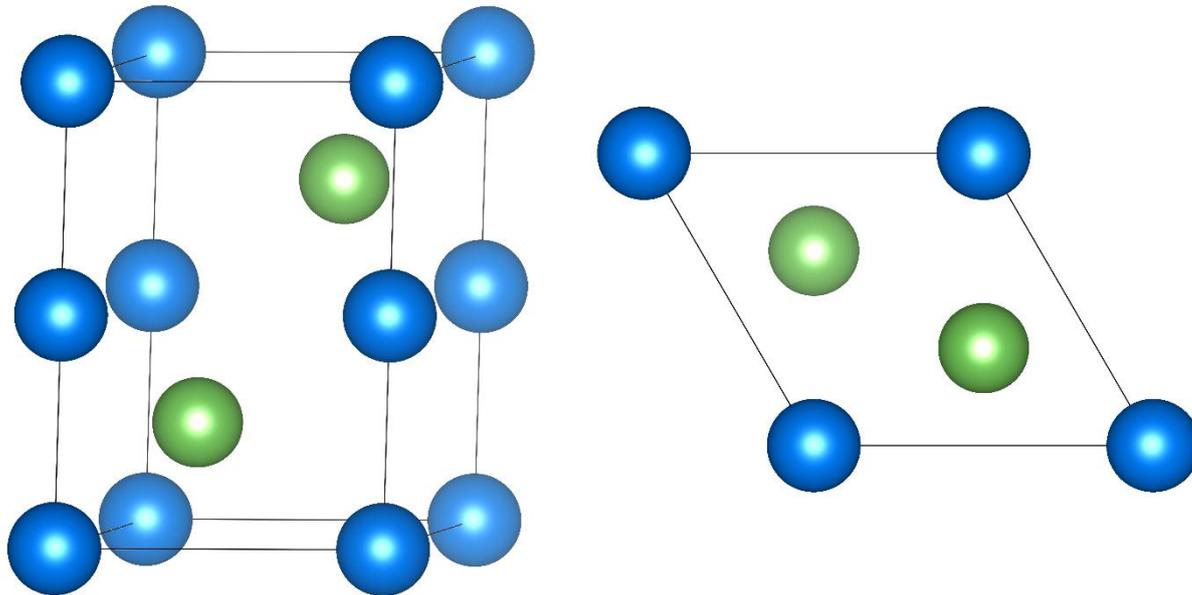


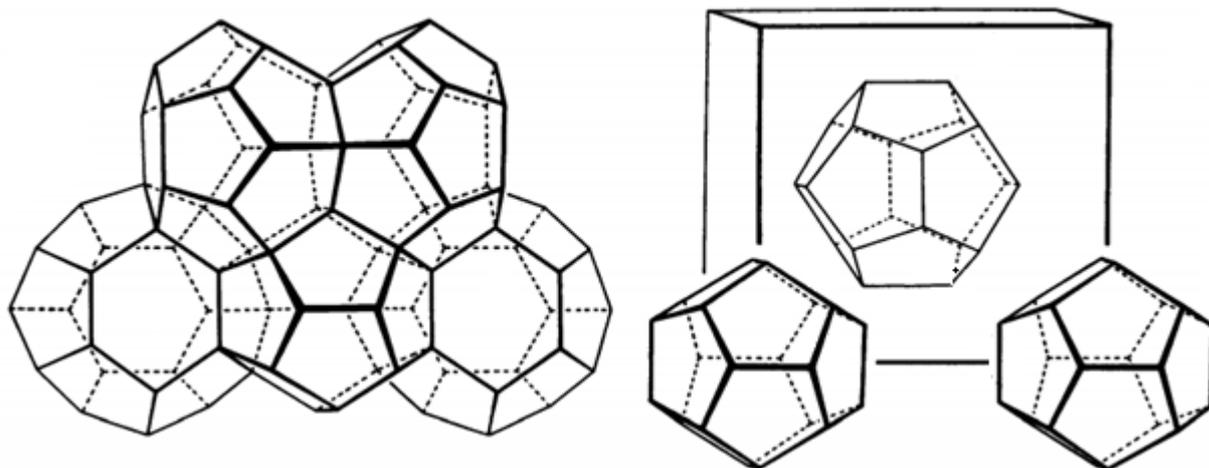
Рисунок 1. Элементарная ячейка **X**. Слева — общий вид ячейки, справа — вид сверху.

- 1) Определите простейшую формулу данного соединения и число формульных единиц.
- 2) По приведённым в условии задачи данным определите неизвестные элементы **A** и **B**.

**Задача 8. Твердый хлор** (автор задачи: Владимир Королёв)

В 1811 году Хэмфри Дэви обнаружил, что вещество, долгое время считавшееся «твердым хлором», на самом деле содержит в своем составе и воду и хлор. В 1951 году Лайнус Полинг определил кристаллическую структуру этого соединения. В его основе лежит кубическая элементарная ячейка с длиной ребра 11,82 Å. Бесконечно повторив такую элементарную ячейку в пространстве мы получим объемный кристалл.

Атомы кислорода из молекул воды стоят в вершинах правильных додекаэдров и четырнадцатигранников (12 пятиугольных и 2 шестиугольных грани). Расположение атомов водорода не принципиально для решения задачи. Каждый додекаэдр из атомов кислорода делит общую грань с 12 четырнадцатигранниками. Каждый четырнадцатигранник соединен с десятью четырнадцатигранниками шестиугольными и некоторыми пятиугольными гранями, а оставшиеся четыре пятиугольные грани поделены с додекаэдрами. По одному додекаэдру из атомов кислорода находятся в вершинах кубической элементарной ячейки и еще один додекаэдр находится в центре ячейки. Молекулы хлора находятся внутри четырнадцатигранников, додекаэдры пусты.



На рисунке слева изображен додекаэдр, окруженный четырьмя из 12 четырнадцатигранников. На рисунке справа изображено расположение додекаэдров в элементарной ячейке.

Определите, сколько молекул хлора и воды содержатся в одной элементарной ячейке. Поясните ответ.

В 50-литровом баллоне содержится примерно 62,5 килограмма сжиженного хлора. Оцените, сколько килограмм хлора содержится в 50 литрах «твердого хлора»? В ответе на этот вопрос вам пригодится соотношение  $1 \text{ дм} = 10^9 \text{ Å}$ .

**Задача 9. Kek!** (авторы задачи: Енни Хульт и Александр Соболев)

Соединение **A**, содержащее металл **X**, издревле применялось при производстве стекла, однако во второй половине 20-ого века изготовление посуды с **A** стало постепенно затухать. Параллельно с этим стало развиваться производство другого соединения **F**, которое также содержит металл **X**. **F** можно получить из **A** в несколько стадий. На первой **A** растворяют в азотной кислоте, при этом образуется **B** - нитрат составного катиона. Затем к **B** добавляют раствор аммиака, после чего выделяют соль аммония **C**. Восстановление **C** в атмосфере водорода позволяет выделить вещество **D**, относящееся к тому же классу соединений, что и **A**. Обработка **D** кислотой **G**, содержащей элемент **Y**, приводит к образованию соединения **E**. Окисление **E** газом  $Y_2$  позволяет получить конечный продукт **F**. Известно, что соединения **A**, **D**, **E**, **F**, **G** — бинарные.

Данные о содержании **X** и **Y** в указанных соединениях приведены в таблице.

Соединение	A	B	C	D	E	F	G
Массовая доля X, %	84,80	60,41	76,28	88,15	75,80	67,61	0
Массовая доля Y, %	0,00	0,00	0,00	0,00	24,20	32,39	95

1. Установите элементы **X**, **Y**, а также соединения **A-G**.
2. Напишите реакцию взаимодействия **B** с водным раствором аммиака, в ходе которой получается **C**.

**Задача 10. Обратите внимание!** (авторы задачи: Александр Соболев и Владимир Королёв)

Вещество **X** представляет собой слоистое соединение, каждый слой которого представляет собой шестиугольную сетку, на манер пчелиных сот. **X** является диэлектриком и не имеет максимумов поглощения в видимой области спектра. Этот материал не проводит электрический ток, находит применение в качестве смазки, обладает высокой термической устойчивостью, а под действием высоких температур и давления переходит в кубическую аллотропную модификацию, прозрачную и обладающую высокой твердостью. Кубическая модификация применяется в инструментах для металлообработки. Средний атомный номер для вещества **X**, который показывает, как легко проникает сквозь него мягкое рентгеновское излучение, близок к 6. В одном из нестандартных методов синтеза **X** используется мочевины в качестве одного из реагентов.

- 1) Определите вещество **X**, назовите его по стандартной номенклатуре.
- 2) Предложите, какое еще вещество может применяться в качестве реагента в синтезе **X** из мочевины и напишите уравнение реакции.