

**Задания второго тура заочного отборочного этапа  
Химической олимпиады имени Германа Гесса 2022****Задача 1. Не тормози или «Добро пожаловать на олимпиаду по химии»-2**

Туристы любят брать с собой в походы всякие сладости, ведь они позволяют быстро подкрепиться и восполнить запас сил и энергии. Практика показывает, что одного небольшого сникерса массой 50,5 г хватает, чтобы грести в байдарке до стоянки ещё около 10 км.

Калорийность пищи рассчитывают путем ее сжигания в калориметре. Энергетическая ценность небольшого сникерса составляет 256 ккал. Вычислите, какую массу съеденного сахара ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ) заменяет один сникерс.

*Справочная информация:*

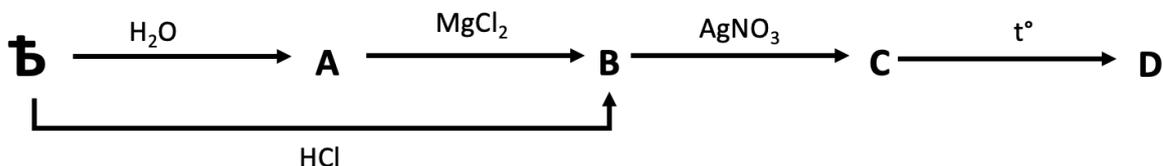
1 кал = 4,2 Дж



## Задача 2. Ave Maria Luminosa

Химик Колбочкин в очередной раз делал инвентаризацию в лаборатории. В одном из отдаленных сейфов своего прадеда он нашел ампулу с датой «1924» и частично стершуюся чернильную надпись «Хлорид ...» с формулой, которую он прочитал как  $\mathbf{B}Cl_2$ . На первый взгляд в ампуле он ничего не обнаружил, однако при внимательном рассмотрении на стенке ампулы он обнаружил 2 маленьких кристалла белой соли. Колбочкин не остановился на этом и решил получить чистый металл  $\mathbf{B}$ , чтобы исследовать его свойства. Для этого он провел электролиз  $\mathbf{B}Cl_2$  на ртутном электроде и затем испарил ртуть в инертной атмосфере. Так он получил чистый металл  $\mathbf{B}$ . Проведя ряд экспериментов с этим металлом он сделал вывод, что будь у него целый 1 грамм этой соли, то можно было бы таким способом получить целых 0,7609 г чистого металла. Хотя это было бы ужасно дорого и ужасно опасно...

- 1) Определите металл  $\mathbf{B}$ . Ответ подтвердите расчетом.
- 2) Напишите уравнение получения  $\mathbf{B}$  описанным в задаче способом.
- 3) Напишите уравнения реакций по следующей схеме (все вещества содержат металл  $\mathbf{B}$ ):



**Задача 3. Аналитика с душком**

В этом году юный Колбочкин решил, что ему обязательно необходимо подготовиться к будущему региональному этапу ВСОШ по химии, ведь когда-то же он дорастет до девятого класса. Колбочкин знал, что девятиклассникам на регионе стандартно дают аналитику, и поэтому решил освоить сероводородную схему анализа катионов.

В сероводородной схеме анализа классически применяют растворы сульфида аммония и соляной кислоты. К сожалению, Колбочкин, как многие другие юные экспериментаторы, не отличался большой аккуратностью. Он случайно пролил 100 мл 6 М соляной кислоты напрямик в стакан с 100 г 20%-ого раствора сульфида аммония (*реакция 1*).

Юный химик проводил свои эксперименты в лаборатории, которая представляла собой не слишком сильно переоборудованный небольшой папин сарай; размеры сарая — 10 × 7 × 2,5 м. Опыты Колбочкин проводил на зимних каникулах, а лаборатория плохо отапливалась, температура в ней была около 15 °С, давление атмосферное. Кроме того, в сарае-лаборатории не было оборудованной тяги.

- 1) Напишите уравнение описанной в задаче химической реакции.
- 2) Вычислите объем выделившегося сероводорода.
- 3) Считая, что газ распределен в лаборатории равномерно, рассчитайте концентрацию сероводорода в воздухе (в ppm или ppb; используйте более подходящие единицы).
- 4) Сможет ли Колбочкин почувствовать запах сероводорода в помещении?
- 5) Ожидают ли его какие-либо опасные последствия? Если да, то какие?

*Справочная информация:*

$pV = \nu RT$  (уравнение Менделеева-Клапейрона)

ppm (parts-per-million) — миллионная доля;  $10^{-6}$ .

ppb (parts-per-billion) — миллиардная доля;  $10^{-9}$ .

1 ppm  $H_2S$  в смеси означает, что на каждый один миллион молекул смеси приходится только одна молекула сероводорода.

Для сероводорода известны следующие данные о токсичности:

~1 ppb — порог обнаружения запаха;

10-20 ppm — нижняя граница ощущения раздражения глаз;

50-100 ppm — повреждение слизистой глаз;

100-150 ppm — паралич обонятельного нерва, запах перестает ощущаться;

320-530 ppm — отек легких, возможность смерти;

800 ppm —  $LC_{50}$  (летальная концентрация для 50% людей при воздействии в течение 5 минут)

> 1000 ppm — мгновенная остановка дыхания и смерть от единственного вдоха.

**Задача 4. Взболтать, но не смешивать.**

Три индивидуальных вещества **A**, **B** и **C**, жидкие при комнатной температуре, попарно не смешиваются и не реагируют друг с другом. Жидкость **A** представляет из себя бинарное соединение с массовой долей углерода 83,3%. Формульная единица **A** в 2,79 раза легче, чем формульная единица **B**, а при горении **A** одним из продуктов является жидкость **C**.

- 1) Укажите формулы жидкостей **A**, **B** и **C**.
- 2) Приведите реакцию горения **A**.
- 3) Приведите реакцию, продуктами которой являются **B** и **C** в мольном соотношении 1:1.

**Задача 5. Защитим земли от вампиров**

Юный химик Колбочкин был крайне удивлен и заинтригован, обнаружив **Y** (соединение металла **M**) в известном сборнике методов синтеза веществ. Как сообщает сборник, из расчета на 13,72 г **Y** вам потребуется взять ровно 4,00 г **A** (**A** — оксид металла **M**), и кипятить его с водой в серебряной колбе в течение суток, строго следя за отсутствием  $\text{CO}_2$  в колбе. Полученный порошок **B** следует добавить к очень крепкому (60%!), кипящему раствору соединения **C**. Эту реакцию совершенно необходимо проводить в серебряной колбе. Соединение **C** хорошо известно Колбочкину, но, уважаемому читателю он сообщит лишь массовую долю кислорода в нем: 40%. В результате реакции между **B** и **C** образуется требуемое вещество **Y**, чувствительное к влаге при хранении.

Колбочкина удивило сразу несколько вещей. Во-первых, серебряные колбы сразу навели химика на мысль, что здесь где-то замешаны вампиры или аристократы. Во-вторых, сам факт существования **Y** казался удивительным. Посмотрев на соседей металла **M** по группе, металлы **L** и **N**, Колбочкин все сразу понял. Оксид металла **L** при взаимодействии с растворами **C** легко образует соединение **X**, отличающееся от **Y** только металлом. А вот оксид **N** с **C** не реагирует совсем.

- 1) Определите вещества **A**, **B**, **C**, **Y**, запишите уравнения упомянутых реакций.
- 2) Запишите уравнение реакции **Y** с водой.
- 3) Объясните выбор серебряной посуды вместо стеклянной, не прибегая к гипотезам о вампирах.
- 4) О каких металлах **L**, **N** идет речь? Что за соединение **X** образуется при реакции **L** с **C**?

### Задача 6. Кинетика новогодних мандаринов

Из курса химии известно, что при увеличении температуры проведения реакции на 10 градусов ее скорость увеличивается в  $X$  раз, где  $X$  — число от 2 до 4. Мандарины, купленные вечером 1 января, испортились в холодильнике к ужину 19 января. При этом мандарины, забытые на подоконнике, испортились за 2 дня.

1) считая температуру в холодильнике равной 0 °С, а на подоконнике равной 20 °С, определите температурный коэффициент  $X$  процесса порчи мандаринов

2) какого числа испортятся мандарины, купленные 1 января, которые поместили в камеру с температурой 10 °С?

Также из курса химии известно, что за одинаковые промежутки времени мандарин становится менее свежим в одинаковое количество раз. Например, за неделю мандарин остаётся свежим наполовину, за две недели — на четверть, за три недели — на одну восьмую и т.д.

3) Приблизительно оцените, за какое время мандарин испортится на 99,9%?

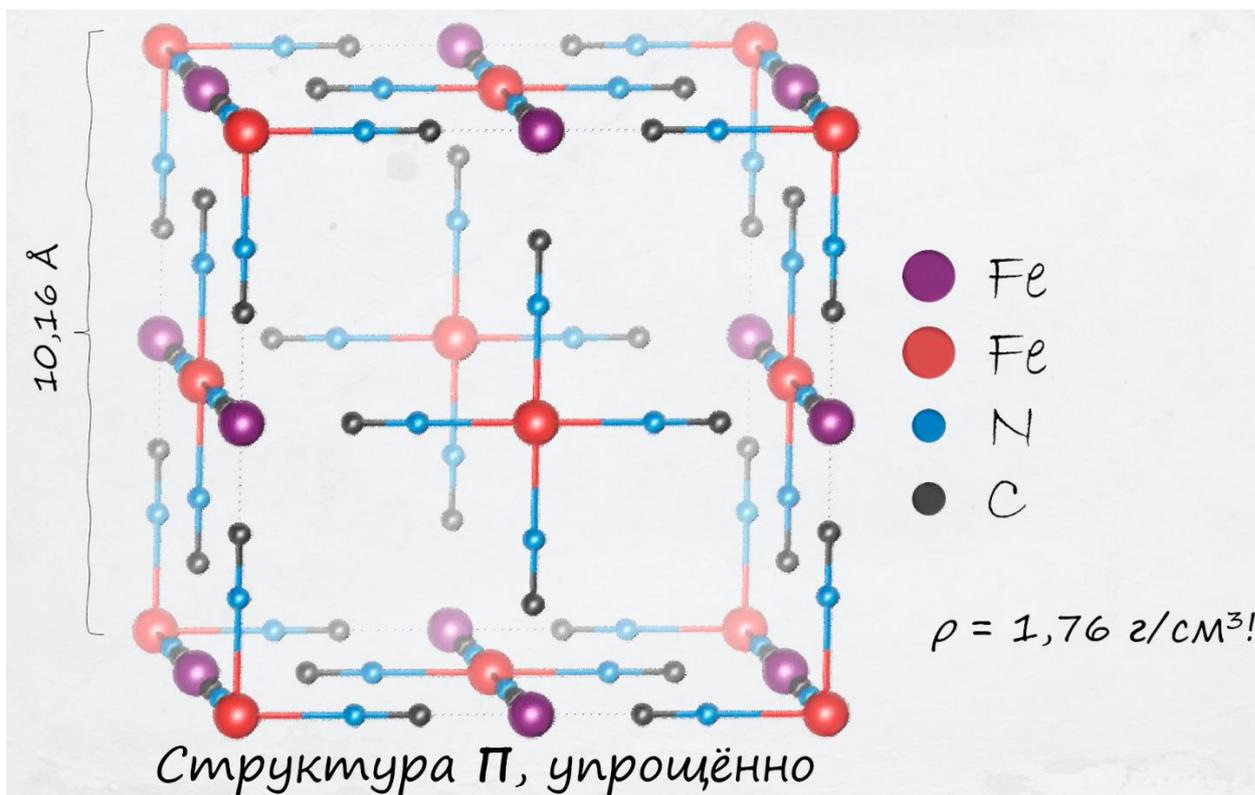
### Задача 7. Дедовские методы

Прадед Колбочкина тоже был химиком. В его времена трава была зеленее, солнце — ярче, а многие современные методы исследования химических веществ попросту еще не были изобретены. Одним из самых модных и точных инструментов для определения строения веществ тогда были рентгеновские методы — использующие то же самое рентгеновское излучение, которым тогда и сейчас определяют переломы или делают флюорографию.

Однажды, играя с котом, юный Колбочкин нашел тетрадь с записями своего знаменитого предка. Оказалось, что Колбочкин-старший занимался исследованием состава знаменитого пигмента, вещества **П**. Судя по записям, было хорошо известно, что в его состав входят углерод, азот, железо, а также водород и кислород, но точная формула пигмента ускользала от исследователей. Колбочкин-старший нашел интересный подход к этой задаче. С помощью трофейного рентгеновского дифрактометра, вывезенного из Германии, он установил расположение атомов железа, углерода и азота в кристаллической структуре пигмента **П** — оказалось, что кристалл вещества состоит из абсолютно одинаковых кубиков со стороной  $10,16 \text{ \AA}$  ( $10^{-10} \text{ м}$ ). Несколько упрощенное расположение атомов Fe, C и N в них указано на рисунке в тетради.

Расположение атомов кислорода и водорода надежно определить не удалось. Тогда прадед Колбочкина применил смекалку и измерил плотность порошка пигмента **П** по его плавучести в разных растворителях – она равна  $1,76 \pm 0,01 \text{ г/см}^3$ . Последним шагом стала гипотеза о том, что водород и кислород соединены в соединении в молекулы воды, которые находятся в полостях кубиков. К сожалению, листа тетради с окончательным выводом формулы пигмента не нашлось. Помогите Колбочкину повторить научный подвиг прадеда!

- 1) Установите формулу соединения  $\text{Fe}_x\text{C}_y\text{N}_z \cdot n \text{ H}_2\text{O}$ , обязательно приведите расчёт и пояснения!
- 2) Как называется этот пигмент?



**Задача 8.  $\cos A = \sqrt{2}/2$** 

Соединение **A**, состоящее из трёх элементов, в таблице Менделеева «имеет форму равнобедренного прямоугольного треугольника». Его можно синтезировать следующим образом.

Газ **B** ( $\omega(O) = 57,1\%$ ) пропускается через кварцевую трубку (нагретую до  $800\text{ }^\circ\text{C}$ ) с простым веществом **C**. Полученная при этом газовая смесь многократно очищается, после чего конденсируется вещество **A**. Оно крайне реакционноспособно и даже холодной водой гидролизуется с образованием двух газов **D** ( $\omega(O) = 0,0\%$ ) и **E** ( $\omega(O) = 72,7\%$ ). При растворении в холодном растворе КОН можно получить раствор двух солей **F** и **G**. Соль **G** при стоянии на воздухе постепенно окисляется в растворе с образованием красного порошка простого вещества **C**.

- 1) Расшифруйте все загаданные вещества. Ответ подтвердите расчётом.
- 2) Напишите все описанные уравнения реакций.
- 3) Какое строение в реальности имеет молекула вещества **A**?

**Задача 9. 33 богатыря**

На позапрошлой олимпиаде Гесса участники пытались разобраться в сложных приключениях трех богатырей. Теперь вам предстоит разобраться в приключении сразу тридцати трех богатырей, которые сторожили князя Гвидона в его дворце. В один вечер после ужина всем тридцати трем богатырям стало резко плохо. Придворный доктор сразу заподозрил коварную повариху в отравлении доблестных воинов. По его предположению она могла использовать соединения элемента Э, которые могут вызвать симптомы острого отравления, а также даже убить, если не начать срочно принимать меры.

Итак, доктор взял аликвоту предположительно отравленного борща, добавил в колбу с аликвотой несколько гранул цинка и несколько капель серной кислоты. Через некоторое время он начал наблюдать выделение газа, обладающего характерным неприятным запахом травянистого растения (**вещество А, реакция 1**). Присоединив к колбе трубку и начав нагревать ее середину, доктор через некоторое время обнаружил, что на стенках трубки образуется гладкий слой черного цвета (**вещество Б, реакция 2**). Для окончательного подтверждения своей правоты он сжег одну часть вещества Б на воздухе (**вещество В, реакция 3**), а другую — в чистом кислороде (**вещество Г, реакция 4**). В первом случае образовался белый порошок, масса которого оказалась в 1,320 раза больше, чем масса Б. Во втором случае также образовался белый порошок, масса которого изначально была в 1,534 раза больше массы Б, со временем масса порошка только увеличивалась.

Известно, что все четыре вещества содержат элемент Э, причем в каждом из соединений степень окисления Э разная. Вещество Б простое, а степени окисления Э в веществах А и В одинаковые по модулю. В **реакции 1** используйте в качестве реагента вещество В. Также дополнительно известно, что массовая доля элемента Э в веществе А составляет 96,15%.

1) Напишите уравнения четырех описанных реакций, разгадайте все вещества и элемент Э. Ответ подтвердите расчетами.

2) Масса вещества Г увеличивается со временем из-за поглощения им воды. Напишите уравнение реакции Г с водой. Какую среду дает полученный раствор?

К счастью, у доктора было необходимое лекарство БАЛ, которое часто используется при подобных отравлениях.

3) Установите простейшую формулу лекарства БАЛ, если при сжигании его навески массой 12,42 г образуется 13,2 г углекислого газа, 7,2 г воды, 12,8 г оксида серы (IV).

*Подсказка:* при сгорании веществ  $C_xH_yS_mO_z$  в кислороде образуются исключительно вышеперечисленные продукты.

**Задача 10. Одна Ошибка и ты Ошибся**

Это страшно ядовитое вещество **Z** (не дай бог вам им облиться, или съесть его!) встречается нам заметно чаще, чем можно сперва подумать. С этим веществом можно столкнуться в поликлинике, в хвойном лесу, а некоторые из вас даже могут найти его в своем холодильнике. В его состав входит один из самых распространенных элементов во Вселенной. Основное применение вещества **Z**, как и других похожих отравляющих веществ — массовое уничтожение живых организмов.

Рубрика «забавные факты»: исторически, основной источник получения вещества **Z** — действие излучения крупного термоядерного реактора на распространенное и доступное простое вещество **Щ**. На Титане вещество **Z** было бы темно-синей жидкостью. Пары вещества **Z**, согласно мнению знаменитого химика, обладают слабым запахом раков.

- 1) Определите вещество **Z**. Нарисуйте строение молекулы **Z**.
- 2) Напишите реакцию образования **Z** из **Щ** под действием излучения термоядерного реактора.
- 3) Напишите реакцию вещества **Z** с каким-нибудь жидким при комнатной температуре металлом.