

**ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ СПБГУ ПО ХИМИИ.
ЗАДАНИЯ ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО ЭТАПА**

8 класс

Задача 1. «Элемент Э» (25 баллов).

В 1669 году немецкий алхимик Хенниг Бранд при поисках философского камня случайно открыл новый химический элемент Э.

Навеску простого вещества, образованного элементом Э, массой 1.0 г сожгли в закрытой системе в избытке жёлто-зелёного газа, после охлаждения до комнатной температуры в системе образовались желтоватые кристаллы К. Полученные кристаллы поместили в сосуд объёмом 1 литр и запаяли его под вакуумом. При 20 °С в сосуде установилось давление 0.012 мм рт. ст., при этом плотность газа по воздуху составляет 7.181. Сосуд нагрели до 350 °С, кристаллы исчезли, а плотность газа по воздуху составила 3.5905.

Вопросы:

- 1) Определите элемент Э, приведите его название и укажите, почему он так называется.
- 2) Напишите уравнения протекающих реакций.
- 3) Определите качественный состав газовой смеси и общее давление в сосуде при температуре 350 °С.
- 4) Напишите реакции простого вещества элемента Э при кипячении в концентрированной азотной и концентрированной серной кислоте.
- 5) Что произойдёт, если всыпать кристаллы К в стакан с дистиллированной водой?

Задача № 2. «Извести» (25 баллов)

Как известно, термин известь входит в название целого ряда химических веществ. Четыре из этих веществ являются индивидуальными соединениями. С образцами таких известей были проделаны следующие опыты:

А) Навески извести 1 и извести 2 поместили не перемешивая в горизонтально расположенную медную трубку. Через трубку пропустили избыток нагретого до 200 °С фтороводорода. Газ на выходе собрали в контейнер и определили его относительную плотность по неону. Она оказалась ровно в 2 раза больше, чем плотность фтороводорода по аргону. Опыт повторили, взяв теперь навески извести 3 и извести 4. Результаты эксперимента оказались идентичны предыдущему.

Б) Во второй серии эксперимента опыт проводили с такими же навесками тех же веществ, однако пропускали через трубку не фтороводород, а углекислый газ, нагретый до 200 °С. В первом случае относительная плотность газа по азоту осталась неизменной, а во втором уменьшилась.

1. О каких известях идет речь в задаче? Приведите тривиальные названия и химические формулы этих веществ. Предложите хотя бы одну известь, состоящую из нескольких веществ.

2. Определите состав смесей известь 1 – известь 2 и известь 3 – известь 4. В каких массовых соотношениях были взяты эти вещества?

Задача № 3. «Жизненно-важный кальций» (25 баллов)

Одним из жизненно важных элементов является кальций, контроль за содержанием которого в плазме крови является актуальной задачей медицинской диагностики. Среди разработанных методик определения концентрации кальция в плазме крови пациента одной из наиболее надежных является фотометрия пламени. В этом методе образец крови пациента вносят в пламя аналитической горелки, определяют интегральную интенсивность аналитического сигнала (она пропорциональна содержанию аналита) и анализируют ее изменение при введении добавки стандарта.

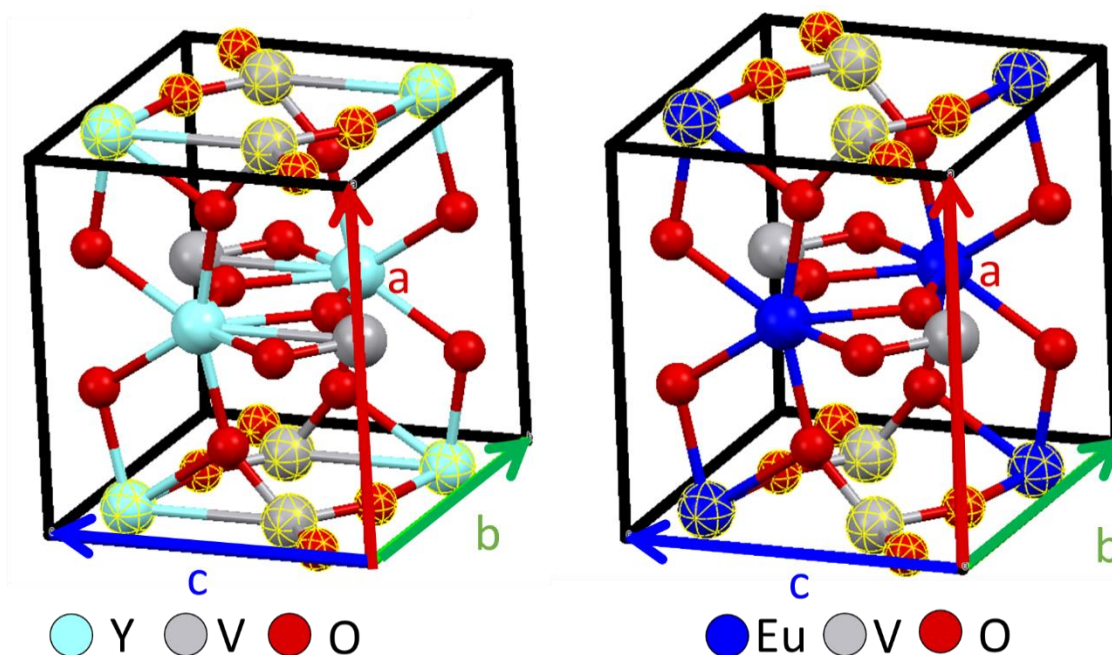
У двух пациентов взяли по две одинаковые пробы крови объемом по 0,25 мл. После этого к каждой пробе добавили по 9,75 мл воды. К одной из проб крови каждого пациента прибавили по 10,0 мкл раствора CaCl_2 с концентрацией 0,05 моль/л. После компьютерного интегрирования (определения площади) полученных сигналов площади пиков составили: у первого пациента - $32,1 \cdot 10^6$ и $58,6 \cdot 10^6$ усл. ед. соответственно, у второго пациента – $38,5 \cdot 10^6$ и $65,4 \cdot 10^6$ усл. ед. соответственно.

Рассчитайте содержание кальция в плазме крови пациентов (в ммоль/л) и определите, не страдает ли кто-либо из них гиперкальциемией (референсные значения содержания кальция – 2,10 – 2,55 ммоль/л).

Задача 4. «Ванадаты редкоземельных элементов» (25 баллов)

Из-за схожести ионных радиусов редкоземельных элементов (РЗЭ), многие соединения редкоземельных ионов, к которым относятся иттрий, скандий, лантан и лантаноиды, способны образовывать твёрдые растворы замещения, в которых один вид ионов в кристаллической решётке частично замещён на другие. Несмотря на относительную схожесть химических свойств, различные ионы проявляют уникальные физические свойства, например, люминесценцию и высокие значения магнитной восприимчивости. Поэтому, вводя в состав материалов различные РЗЭ, можно получать функциональные (в том числе наноразмерные) материалы для применения в медицине (люминесцентные метки и МРТ контрастные вещества) и технике (светящиеся покрытия, защитные знаки денег и документов, плазменные и OLED экраны). Так, например, наночастицы ванадат иттрия с добавкой ионов европия могут применяться как люминесцентные термометры в живой клетке, так как форма спектра люминесценции таких частиц зависит от температуры.

Ванадаты иттрия и европия имеют тетрагональную кристаллическую решётку, элементарные ячейки которых представлены ниже. Элементарная ячейка определяется тремя базовыми векторами (параметры элементарной ячейки a , b и c); два из трёх базовых векторов имеют одинаковую длину, а третий отличается от них. Все три вектора перпендикулярны друг другу. Значения параметров элементарной ячейки для ванадата иттрия составляют - $a=b= 0.7126$ нм, $c= 0.6295$ нм, а для ванадата европия - $a=b= 0.7237$ нм, $c= 0.6368$ нм. Атомы, помеченные жёлтым, лежат на гранях гексаэдра.



- 1) Определите формулы ванадатов иттрия и европия исходя из их структуры и число формульных единиц, приходящихся на элементарную ячейку. Укажите степени окисления всех элементов. Определите координационные числа ионов иттрия и европия, учитывая, что ванадий не образует химическую связь с иттрием и европием.
- 2) Определите плотность ванадатов иттрия и европия в г/см^3 .
- 3) Ванадаты иттрия и европия способны образовывать твёрдые растворы замещения. То есть, ионы европия способны неограниченно замещать ионы иттрия в кристаллической решётке. Для твёрдых растворов замещения выполняется закон Вегарда, одним из следствий из которого является линейная зависимость объёма элементарной ячейки от атомной доли элемента. Рассчитайте объём элементарной ячейки и плотность ванадата иттрия в г/см^3 , в котором 16 процентов ионов иттрия заменено на ионы европия.