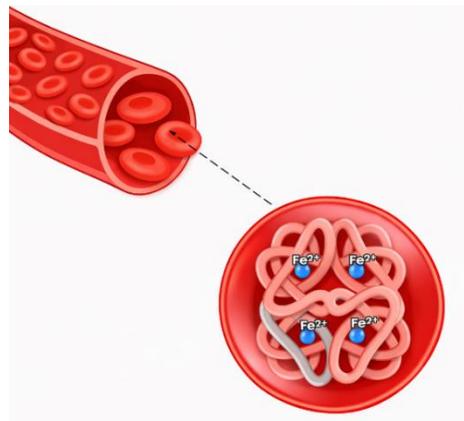


*Из предложенных шести задач оцениваются пять с наибольшим баллом!*

### Задача 1. «Химия крови»

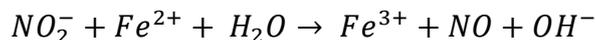
В крови человека содержится гемоглобин, его концентрация в среднем составляет 2,0 ммоль/л. Каждая молекула гемоглобина содержит четыре иона  $Fe^{2+}$ , каждый из которых способен связывать одну молекулу кислорода  $O_2$ .



1. Рассчитайте химическое количество молекул кислорода, которое может быть перенесено гемоглобином, содержащимся в 1 литре крови. *Ответ выразите в моль.*
2. Определите число молекул кислорода, переносимых гемоглобином в 1 л крови.
3. Какой объём кислорода (при н.у.) может быть перенесён гемоглобином в крови человека, если объём крови составляет в среднем 5 литров? *Ответ выразите в литрах.*

При отравлении цианидом калия (KCN) одним из методов лечения является введение нитрита натрия  $NaNO_2$ , который окисляет ионы  $Fe^{2+}$  до  $Fe^{3+}$  с образованием метгемоглобина. Метгемоглобин способен связывать цианид-ионы, однако не переносит кислород.

4. Определите стехиометрические коэффициенты в уравнении реакции окисления ионов  $Fe^{2+}$  нитрит-ионом в водной среде:



5. Какую максимальную массу нитрита натрия можно ввести в расчёте на 1 литр крови, чтобы концентрация кислорода, переносимого гемоглобином, не снизилась ниже нормы 6,0 ммоль/л?

Цианид-ион способен связываться с метгемоглобином: один ион  $Fe^{3+}$  связывает один цианид-ион. Для предотвращения токсического действия необходимо, чтобы весь цианид был связан метгемоглобином.

6. В результате отравления в крови оказалось 110 мг/л цианида калия. Какую массу нитрита натрия необходимо ввести (в расчёте на 1 литр крови), чтобы предотвратить токсическое действие цианида калия?

## Задача 2. «Чеширская радуга химии».

В известной сказке математика Льюиса Кэрролла «Алиса в стране чудес» Чеширский Кот обладает способностью по собственному желанию исчезать или наоборот появляться из воздуха. В ряде химических реакций окраска «появляется из воздуха» или исчезает – так же, как Чеширский Кот.

В каждой из следующих 5 химических реакций есть лишь одно окрашенное вещество, остальные – бесцветные или белые. Окрашенное вещество может быть реагентом или продуктом, осадком, газом или растворённым веществом. Восстановите 5 химических реакций и расставьте коэффициенты, укажите, какое вещество и как окрашено в каждой из реакций:

- 1)  $\text{AgNO}_3 + \text{Na}_3\text{PO}_4 \rightarrow \dots + \dots$
- 2)  $\text{SO}_2 + \text{HNO}_3 \text{ (конец)} \rightarrow \dots + \dots$
- 3)  $\dots + \dots \rightarrow \text{P}_2\text{O}_5$
- 4)  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{KI} \rightarrow \dots + \dots$
- 5)  $\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ (конец)} + \text{HI} \rightarrow \dots + \dots + \dots$

## Задача 3. «Юный химик в стране рыцарей и лжецов»

Юный химик Петя попал в волшебную страну. В местной лаборатории он получил 5 баночек с неизвестными веществами. Петя встретил пятерых лаборантов (А, Б, В, Г, Д), каждый из которых может быть рыцарем, лжецом или шпионом. Рыцарь всегда говорит правду и назовет Пете правильный и катион, и анион соли; лжец всегда говорит неправду, он назовет Пете неправильный как анион, так и катион; а шпион назовет либо правильный катион и неправильный анион, либо правильный анион и неправильный катион. Каждый из лаборантов назвал состав 2 солей из 5:

Лаборант А назвал состав следующих солей: в банке 1 –  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , в банке 4 –  $\text{K}_2\text{SO}_4$

Лаборант Б назвал состав следующих солей: в банке 3 –  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , в банке 5 –  $\text{K}_2\text{SO}_3$

Лаборант В назвал состав следующих солей: в банке 2 –  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ , в банке 4 –  $\text{CuCl}_2$

Лаборант Г назвал состав следующих солей: в банке 1 –  $\text{NH}_4\text{NO}_2$ , в банке 5 –  $\text{Na}_2\text{CO}_3$

Лаборант Д назвал состав следующих солей: в банке 2 –  $\text{SrSO}_3$ , в банке 3 –  $\text{AlCl}_3$

Петя начал исследовать содержание банок. Он установил, что

- 1) соль из банки 1 при нагревании разлагается до газообразных продуктов, не оставляя твёрдого остатка (*реакция 1*), при этом часть газообразных продуктов не поглощается водой;
- 2) соль из банки 2 не растворяется в воде, но растворяется в соляной кислоте (*реакция 2*), при внесении полученного раствора в пламя горелки оно окрашивается в кирпично-красный цвет;
- 3) соль из банки 3 при нагревании разлагается с выделением бурого газа (*реакция 3*), хорошо растворяется в воде, а при внесении в пламя горелки окрашивает его в жёлто-зелёный цвет.

После этого Пете дали задание синтезировать вещества с молярной массой 80 г/моль, 100 г/моль и 120 г/моль; поэтому о солях из банок 4 и 5 Пете известно лишь то, что соль в банке 4 ярко-синяя, а в банке 5 – белая.

1. Определите, кто из лаборантов рыцарь, кто лжец, а кто шпион.
2. Определите, какие соли находятся в каждой из 5 банок.
3. Приведите уравнения указанных химических реакций.
4. Предложите, какие соединения с указанными молярными массами может синтезировать Петя, и приведите уравнения соответствующих реакций. Помимо 5 солей у Пети есть соляная кислота и горелка; молярную массу соединений считать, округляя атомные массы элементов до целых; возможен синтез в несколько стадий.

#### Задача 4. «Не всё то золото, что блестит»

Золото издавна привлекало человека своим ярким желтым цветом и нетускнеющим блеском. Неудивительно, что древние алхимики придумали «тетрасомату» – способ приготовления «искусственного золота», колонизаторы с XVI века искали мифическую страну Эльдорадо, богатую золотом, а с середины XIX века периодически случаются «золотые лихорадки». Но в этой задаче речь пойдёт не о настоящем золоте, а о «золоте дураков» – минерале, который нерадивые золотоискатели иногда путают с заветным благородным металлом.

Минерал **A** действительно чем-то похож на золото – он обладает металлическим блеском и желтым цветом. Но его химические свойства совсем не похожи на свойства золота. Например, **A** реагирует с кислородом при нагревании, при этом образуются два продукта – красно-коричневое твердое вещество **B** и газ **B** с резким запахом (*реакция 1*). Большая часть производимого газа **B** используется для получения **Г**. Для этого **B** вводят в реакцию с диоксидом азота, при этом образуется легколетучая бесцветная жидкость **Д** (*реакция 2*). При взаимодействии **Д** с водой образуется **Г** (*реакция 3*). Если же нагревать минерал **A** в вакууме, то он разлагается на черный твёрдый **Е** и газообразный при температуре проведения разложения **Ж**, представляющий при нормальных условиях простое желтое твёрдое вещество (*реакция 4*). Минерал **A** также растворяется в различных кислотах – например, в азотной концентрированной (*реакция 5*) с образованием желтоватого раствора, окраска которого связана с образованием соли **З**. **З** реагирует с гидроксидом натрия с образованием бурого осадка **И** (*реакция 6*), а также с иодидом натрия (*реакция 7*), при этом раствор также приобретает коричневую окраску из-за присутствия **К**.

1. Определите состав минерала **A**, если известно, что в его составе есть лишь два элемента таблицы Менделеева, а его молярная масса ровно в полтора раза больше молярной массы **Д**, а также остальные неизвестные вещества (**Б-К**), запишите уравнения реакций.
2. Минерал **A** раньше был важнейшей рудой. Какие необходимые для человечества вещества можно получать из минерала **A**?

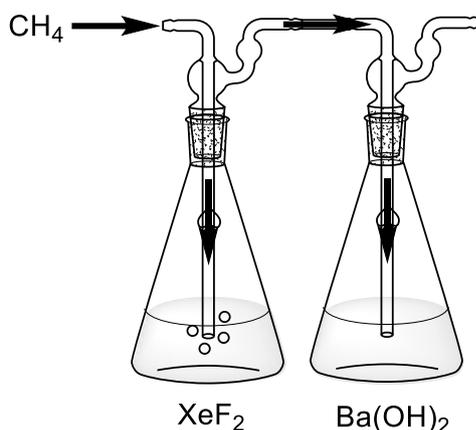
### Задача 5. «Соединение ксенона»

Несмотря на то, что инертные газы долгое время считались химически неактивными, в настоящее время известно, что они способны образовывать соединения. Одним из таких соединений является фторид ксенона(II)  $\text{XeF}_2$ . Он является порошком белого цвета.

1. Определите степени окисления элементов в  $\text{XeF}_2$

2.  $\text{XeF}_2$  проявляет окислительные свойства и может быть использован для превращения простых веществ в соединения с высшей степенью окисления соответствующего элемента. Напишите реакции фторида ксенона(II) с фосфором, бором, магнием (*реакции 1-3*).

3. Для изучения свойств соединения порошок  $\text{XeF}_2$  массой 1,69 г растворили в воде. Через полученный свежеприготовленный раствор пропускали метан ( $\text{CH}_4$ ). Скорость реакции взаимодействия ксенона с водой достаточно мала. В результате реакции метана, фторида ксенона(II) и воды образовалось три продукта: оксид, простое вещество и кислота (*реакция 4*). Полученный при этом газ направляли в колбу с избытком раствора гидроксида бария  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ . В результате наблюдали выпадение белого осадка (*реакция 5*). Запишите уравнения протекающих реакций и определите массу образовавшегося осадка.



4. Для проведения реакции с 10,00 г  $\text{XeF}_2$  использовали 3,621 г простого вещества  $X$ . В ходе реакции при нормальных условиях выделилось 1,76 л газов (н.у.). После завершения реакции визуально пробирка оказалась пустой. Определите простое вещество  $X$ , запишите уравнение протекающей реакции. При решении пункта 4 значения округляйте до десятитысячных.

### Задача 6. «Юный химик-аналитик»

Определение нитратов в природных водах является одной из задач химиков с целью контроля экологической обстановки. Повышенное содержание нитратов в природных водах приводит к нарушению экологического равновесия, что вызывает гибель обитателей водоема.

Вдоль реки были отобраны 10 проб воды из разных участков, по 20 мл каждая. Из каждой пробы отобрали по 2,0 мл и объединили их в одну общую пробу для анализа. Такой подход позволяет сначала выполнить один анализ, а при превышении нормы – исследовать отдельные участки.

1. Какая минимальная и максимальная концентрация нитратов может быть в одной из исходных проб, если концентрация нитратов в объединённой пробе составляет 50 мг/л?

В таблице приведены некоторые из методов определения нитратов в природных водах.

Метод	Диапазон концентрации нитрат-ионов мг/л, при котором метод применим
Индикаторные тест-полоски	10 - 500
Гравиметрический	500 - 20000
Электрохимический	0,6 - 6200

Были отобраны и приготовлены объединенные пробы **А**, **Б**, **В** из разных водоемов и определены концентрации нитрат-ионов разными методами:

	Индикаторные тест-полоски	Гравиметрический	Электрохимический
<b>А:</b> водоем около полей с урожаем	500	1000	1100
<b>Б:</b> водоем в лесу	0	0	2
<b>В:</b> водоем около крупного города	15	0	14

2. Для каждой пробы (**А**, **Б**, **В**) укажите, какие методы определения нитратов подходят для определения концентрации.

3. Предположите, почему концентрация нитратов в реке, протекающей около полей с урожаем наибольшая?

4. Одним из исторически первых методов определения нитрат-ионов является гравиметрический метод, основанный на осаждении нитратов нитроном. Нитрон состоит из атомов углерода, водорода и четырёх атомов азота. Общее число электронов в молекуле нитрона равно 164, массовая доля углерода составляет 76,9%. Определите молекулярную формулу нитрона.

5. Для гравиметрического определения нитрат-ионов к пробе воды объёмом 20 мл добавили кислоту для перевода нитратов в азотную кислоту. Затем внесли раствор нитрона, в результате реакции соединения, протекающей между реагентами в соотношении 1:1, образовался осадок. Определите концентрацию нитрат-ионов в воде (в мг/л), если масса образовавшегося осадка составила 0,375 г.