

Муниципальный этап ВсОШ по химии
7-8 класс

Задача 1

75-летию атомной промышленности в России посвящается

Многие элементы образуют несколько стабильных изотопов, отличающихся друг от друга массой атома, но не отличающихся зарядом ядра.

1. Изотоп некоторого элемента **X** содержит в ядре 18 протонов и имеет атомную массу 40. Запишите обозначение этого изотопа (в виде ${}^b_a\text{X}$).

Элемент **A** образует 2 стабильных изотопа, массы которых различаются в 2 раза. Элемент **B** образует также 2 стабильных изотопа, при этом один из изотопов содержит на 1 нейтрон больше, чем другой, а масса более легкого изотопа на 25% меньше, чем масса более тяжелого.

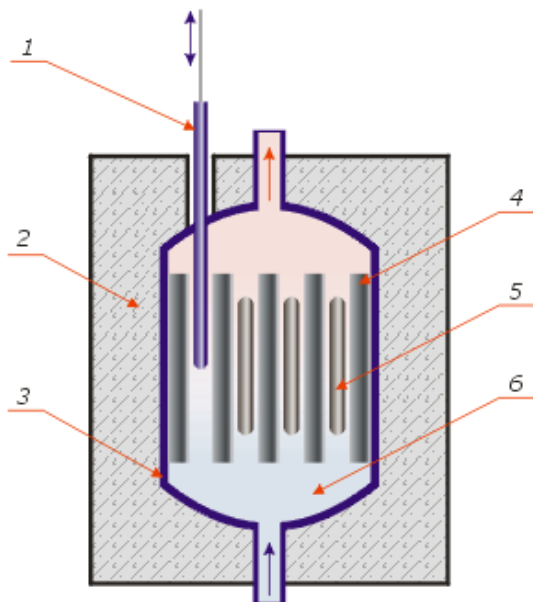
2. Определите элементы **A** и **B**. Запишите обозначения всех упомянутых изотопов, для каждого изотопа определите количество нейтронов и протонов в ядре.

3. Считая, что относительные атомные массы изотопов элемента **A** целые, определите, сколько % более тяжелого изотопа **A** содержится в природном элементе **A**.

Иногда изотопы одного и того же элемента имеют разные свойства. Например, изотоп бора с массовым числом 10 обладает уникальной эффективностью поглощения нейтронов (а бор-11 таких свойств не проявляет). Продуктами, выделяющимися при поглощении нейтронов, являются литий-7 и гелий-4.

4. Запишите уравнение ядерной реакции, происходящей при поглощении нейтронов бором-10. Для каждой частицы-реагента и частицы продукта вновь используйте обозначения ${}^b_a\dots$.

5. Это свойство позволяет применять стержни, обогащенные бором-10, в ядерных реакторах (см. рис.), внутри которых, в ядерном топливе (5 на рисунке), происходит цепная реакция, выделяющая на каждой стадии нейтроны, которые инициируют новые акты цепной реакции. На рисунке ниже этот стержень обозначен цифрой 1. Изменяя глубину погружения стержня, регулируют скорость цепной реакции. Как вы думаете, как изменяют глубину погружения стержня в случае неожиданного выхода цепной реакции из-под контроля и спонтанного увеличения ее скорости? Ответ кратко объясните.



Задача 2

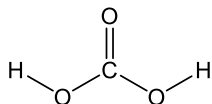
В два сосуда поместили смеси газов **A** и **B**. В каждом из сосудов общее количество обоих компонентов составило 1 моль. В первом содержались равные количества **A** и **B**, масса смеси в этом сосуде составила 67.50 г. Во втором же содержались **A** и **B** в мольном соотношении 1 : 3, и общая масса смеси во втором сосуде оказалась равной 99.25 г.

1. Рассчитайте молярные массы **A** и **Б**.
2. Предложите формулы этих газов.
3. Что значат их названия?

Задача 3

Чаще всего элементы в молекулярных соединениях имеют валентность (число связей, образуемых данным атомом), либо равную номеру группы, либо равную числу электронов, недостающих для завершения внешнего энергетического уровня (то есть до 8 электронов). Например, кислород почти во всех соединениях двухвалентен, водород и фтор – одновалентны.

Валентности помогают составлять структурные формулы молекул, на которых показываются все химические связи в молекуле. Например, структурная формула молекулы H_2CO_3 имеет следующий вид:



В ней, например, углерод образует две одинарные и одну двойную связь, то есть его валентность равна IV, как и ожидается из положения в таблице Менделеева.

1. Какова валентность элемента **X**, если он образует соединение CX_2 ?
2. Для азота типична валентность III. Нарисуйте структурные формулы молекул N_2H_4 и N_2F_2 .
3. Каковы две типичные валентности фосфора? Нарисуйте структурные формулы PHF_2 и H_3PO_4 .
4. Нарисуйте две разные возможные структурные формулы молекулы H_3PO_3 .

Задача 4

Смесь меди и цинка при помещении в раствор соляной кислоты образовала 511 мл раствора с массовой долей ZnCl_2 8% (плотность 1.072 г/мл), а масса не растворившегося твердого остатка оказалась меньше массы исходной смеси в 1.72 раза.

1. Рассчитайте:
 - а) массу хлорида цинка в растворе;
 - б) массу меди и цинка в исходной смеси;
 - в) объем водорода, выделившегося в реакции (при нормальных условиях);
 - г) массу раствора соляной кислоты, который использовали для реакции.Приведите ваши расчёты.
2. Как называются сплавы меди с цинком?

Задача 5

В данной задаче загаданы элементы только малых периодов.

1. Элемент **A** состоит из четырехатомных молекул, имеющих массу $2.06 \cdot 10^{-22}$ г. (1 а.е.м. = $1.66 \cdot 10^{-24}$ г)
 2. Элемент **Б** образует с элементом **A** соединение AB_3 , которое можно получить из газа **Б** и твердого **A**, причем **A** расположен в том же периоде, что и **Б**.
 3. Металл **B** и неметалл **Г** расположены в одной группе, и их атомные массы отличаются в 23 раза.
 4. Элемент **Д** расположен в одном периоде с **Г**.
 5. Элемент **Е** расположен с **Д** в одной группе, но в разных периодах с элементом **A**.
- Определите элементы **A** – **Е**. Запишите формулу еще одного соединения, состоящего из **A** и **Б**. Предложите формулу соединения, состоящего из **B** и **Г**.

Задача 1

1. В ядре 18 протонов, значит, порядковый номер элемента – 18, это аргон. Обозначение изотопа: ${}^{40}_{18}\text{Ar}$.

2. Обычно массы изотопы отличаются на единицу друг от друга. Только изотопы водорода могут отличаться по массе в 2 раза (изотопы с массой 1 и 2), **А – водород, Н**.

Массы изотопов **Б** отличаются на 1, и при этом – на 25%. То есть масса более тяжелого изотопа равна $1 : 0.25 = 4$, а более легкого тогда – 3. Этот элемент **Б – гелий, He**.

Обозначения изотопов и состав ядер:

${}^1_1\text{H}$ - 1 протон, 0 нейтронов;

${}^2_1\text{H}$ - 1 протон, 1 нейтрон;

${}^3_2\text{He}$ - 2 протона, 1 нейтрон;

${}^4_2\text{He}$ - 2 протона, 2 нейтрона.

3. Табличное значение относительной атомной массы складывается из вкладов двух стабильных изотопов. Так, если доля ${}^2\text{H}$ в природном водороде равна x , то доля ${}^1\text{H}$ равна $1 - x$, и справедливо уравнение: $1 \cdot (1 - x) + 2x = 1.008$.

Получаем $x = 0.008 = 0.8\%$.

4. Уравнение ядерной реакции: ${}^{10}_5\text{B} + {}^1_0n \rightarrow {}^7_3\text{Li} + {}^4_2\text{He}$.

5. Поскольку именно нейтроны инициируют цепную реакцию и в ней же получаются, то для замедления цепной реакции необходимо увеличить число нейтронов, которые поглощаются стержнем (и в инициировании цепной реакции уже не участвуют). Поэтому необходимо увеличить количество бора-10 внутри реактора, то есть **увеличить** глубину погружения.

Система оценивания:

	Элемент решения	Количество баллов
1	Обозначение изотопа	2 балла
2	Элементы А и Б – по 1 баллу, обозначение каждого изотопа – по 0.5 балла, состав каждого ядра – по 1 баллу.	8 баллов
3	Вычисление распространенности дейтерия – 4 балла Если уравнение составлено, но не решено – 2 балла	4 балла
4	Верное уравнение ядерной реакции – 2 балла	2 балла
5	Ответ «увеличить» без объяснения – 0 баллов Ответ «увеличить» с верным объяснением (о необходимости увеличения количества бора-10 и увеличением числа поглощенных нейтронов) – 4 балла.	4 балла
	Итого:	20 баллов

Задача 2

1. Рассмотрим данные о двух сосудах. Первый содержит суммарно 1 моль газов, при этом – равные их количества, значит, каждого газа **по 0.5 моль**. Значит, если молярная масса газа **А** равна a г/моль, а молярная масса **Б** равна b г/моль, то масса газа в первом сосуде может быть записана так:

$$0.5a + 0.5b = 67.5 \quad (1)$$

Во втором сосуде суммарно 1 моль газов, а соотношение количеств **А** и **Б** – 1:3. Значит, количество **А** во втором сосуде равно **0.25 моль**, а количество **Б** – **0.75 моль**. Тогда второе уравнение:

$$0.25a + 0.75b = 99.25 \quad (2)$$

Решением системы уравнений (1) и (2) является $a = 4$, $b = 131$.

Значит, молярные массы газов – 4 и 131 г/моль.

2. Такие молярные массы имеют ксенон (Xe) и гелий (He). Если ученик приведет иные здравые варианты газообразных веществ, их необходимо считать верными (например, для 4 – D_2 , для 131 – ClF_5).

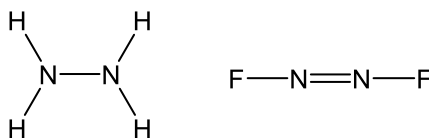
Система оценивания:

	Элемент решения	Количество баллов
1	Расчет количеств А и Б в первом сосуде – 2 балла Расчет количеств А и Б во втором сосуде – 2 балл Составлены уравнения (1) и (2) – по 2 балла, всего 4 балла Расчет молярных масс А и Б – по 3 балла, всего 6 баллов.	14 баллов
2	Формулы А и Б – по 3 балла	6 баллов
	Итого:	20 баллов

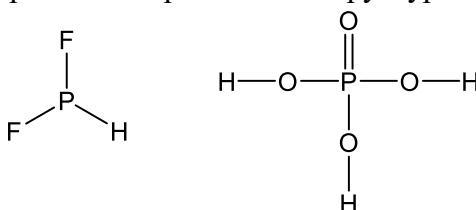
Задача 3

1. Типичная валентность углерода – IV, значит, в соединении CX_2 элемент X **двухвалентен**.
2. Азот трехвалентен в большинстве своих соединений, фтор и водород – одновалентны.

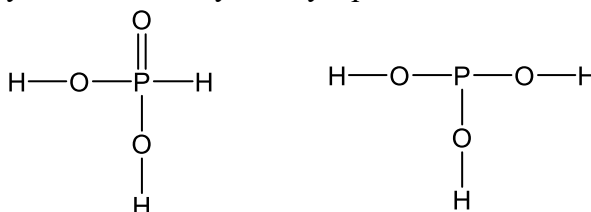
Получим такие структурные формулы.



3. Типичные валентности фосфора – III и V, как у элемента пятой группы. На основании этих значений валентности атома фосфора можно предложить структурные формулы.



4. Две структурные формулы соответствуют двум разным валентностям фосфора.



Система оценивания:

	Элемент решения	Количество баллов
1	Валентность X – 2 балла	2 балла
2	Структурные формулы N_2H_4 , N_2F_2 – по 2 балла	4 балла
3	Возможные валентности фосфора – по 2 балла Структурные формулы PHF_2 , H_3PO_4 – по 2 балла	8 баллов
4	Две структурные формулы H_3PO_3 – по 3 балла	6 балла
	Итого:	20 баллов

Задача 4

1. а) Масса хлорида цинка равна $m = m_{p-paw} = V\rho w = 511 \cdot 1.072 \cdot 0.08 = 43.82$ г.

б) Количество хлорида цинка, равное количеству цинка в исходной смеси:

$$n = \frac{m(\text{ZnCl}_2)}{M(\text{ZnCl}_2)} = \frac{43.82}{136.3} = 0.321 \text{ моль}$$

Масса цинка в смеси равна $m_{\text{Zn}} = M_{\text{Zn}}n = 21.0$ г.

Если масса меди в смеси была равна x г, то масса смеси, согласно условию, была $1.72x$, то есть масса цинка – $0.72x = 21$, а значит $x = 29.2$ г.

Итак, **масса цинка – 21 г, масса меди – 29 г.**

в) Уравнение произошедшей реакции: $\text{Zn} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2\uparrow$.

Значит, количество выделившегося водорода равно $n = 0.321$ моль.

Объем водорода $V = V_m n = 22.4 \cdot 0.321 = 7.19$ л.

г) Воспользуемся законом сохранения массы. До взаимодействия смеси с раствором кислоты было $21 + 29.2 = 50.2$ г смеси и некоторая масса t раствора. После взаимодействия осталось 29.2 г

нерастворенной меди, $511 \cdot 1.072 = 547.8$ г раствора и $0.321 \cdot 2 = 0.64$ г водорода. Можно записать это в следующем виде:

$$50.2 + m = 547.8 + 29.2 + 0.64$$

$$m = 527.4 \text{ г.}$$

2. Сплавы меди с цинком имеют общее название **латунь**.

Система оценивания:

	Элемент решения	Количество баллов
1	а) Масса хлорида цинка – 3 балла б) Масса цинка и меди – по 3 балла в) Уравнение реакции – 2 балла Объем водорода – 2 балла з) Масса раствора – 4 балла (Если не учтен выделившийся водород – 3 балла)	17 баллов
2	Название сплава – 3 балла	3 балла
	Итого:	20 баллов

Задача 5

1. Молярная масса – это масса одного моля частиц, то есть масса числа Авогадро молекул. Значит, $M(\text{A}_4) = m_{\text{мол-лы}} N_A = 2.06 \cdot 10^{-22} \cdot 6.02 \cdot 10^{23} = 124$ г/моль. Значит, молярная масса элемента **А** равна $124 : 4 = 31$ г/моль. **А – фосфор, Р.**

2. Двухатомный газ может быть образован галогеном или кислородом, азотом, водородом. Поскольку фосфор образует соединение состава РБ_3 , значит, степень окисления **Б** в соединении равна -1 . Значит, **Б** – галоген. Галоген, расположенный в одном периоде с фосфором – это хлор. **Б – Cl.**

3. Из элементов малых периодов только в I и III группах есть и металлы, и неметаллы. При этом в 23 раза отличаются массы только водорода и натрия. Значит, **В – Na, Г – H.**

4. В одном периоде с водородом (**Г**) находится только гелий. **Д – это He.**

5. **Е** расположен в малых периодах (1 – 3), в группе гелия (VIII), но в разных периодах с хлором. Значит, **Е – неон, Ne.**

Кроме PCl_3 , фосфор и хлор образуют PCl_5 , в соответствии с их положением в периодической системе.

Водород имеет отрицательную степень окисления -1 , натрий - $+1$. Значит, они образуют соединение состава **NaH**.

Система оценивания:

	Элемент решения	Количество баллов
1	Элемент А – 3 балла	3 балла
2	Элемент Б – 3 балла	3 балла
3	Элементы В и Г – по 2 балла	4 балла
4	Элемент Д – 3 балла	3 балла
5	Элемент Е – 3 балла	3 балла
	Формулы двух соединений – по 2 балла	4 балла
	Итого:	20 баллов