

Харківська обласна хімічна олімпіада 2016 р.

8 клас

1. АБВГДЕйка. При сильному нагріванні металу **А** с газоподібною (за н. у.) простою речовиною елемента **Б** утворилася тверда речовина **В**. При дії на цю речовину хлоридної кислоти утворився розчин, що містить два хлориди, один з яких (речовина **Г**) хлорид металу **А**, а інший (речовина **Д**) не містить катіонів металів. При додаванні до отриманого розчину луку та наступному нагріванні виділився газ **Е**, що має різкий запах.

1. Визначте речовини **А–Е**, якщо відомо, що:
 - масова частка металу **А** в його хлориді дорівнює 25.5%;
 - відносна густина газу **Е** за воднем дорівнює 8.5, а масова частка елемента **Б** у цьому газі становить 82.4%.
2. Запишіть рівняння описаних хімічних перетворень.
3. Визначте тип хімічного зв'язку в речовинах **А–Е**.
4. Як використовується газ **Е** у промисловості?

2. Елементи та їх ізотопи. Визначте, про які ізотопи яких хімічних елементів йде мова. Свої відповіді обґрунтуйте.

1. Атом елемента має 2 електронні рівні, причому на зовнішньому знаходиться 7 електронів, а ядро цього атома містить 10 нейтронів.
2. Атом елемента має на 5 електронів більше, ніж іон Mg^{2+} , а кількість нейтронів у його ядрі у 2 рази більше, ніж в ядрі ізотопу ^{14}C .
3. Ізотоп елемента утворює просту речовину, яка за н. у. є газоподібною та має густину 1.607 г/л; при цьому в ядрі атома міститься 10 нейтронів.
4. Цей ізотоп утворюється в результаті реакції термоядерного синтезу при злитті ядра дейтерію з ядром тритію; у ході цієї реакції також вивільнюється один нейтрон.

3. Колесо машини. Об'єм повітряної камери шини колеса легкового автомобіля становить 25 л, рекомендований тиск у ній дорівнює 2 атм.

1. Основними компонентами повітря є азот, кисень і аргон. Їх вміст (у об'ємних відсотках) становить 78%, 21% і 0.9%, відповідно. Розрахуйте середню молярну масу повітря.
2. Розрахуйте масу повітря, яке знаходиться в камері колеса автомобіля при температурі 25°C та тиску 2 атм.
3. Розрахуйте кількість атомів кисню, який знаходиться в камері колеса автомобіля при $t^o = 25^oC$ і $p = 2$ атм.
4. Припустимо, що колесо було накачане до тиску 2 атм при 25°C. Розрахуйте, який тиск встановиться в камері, якщо температура повітря знизиться до -5°C, вважаючи, що об'єм камери залишиться сталим.

4. Розчини. Є 250 г водного розчину сульфату нікелю, у якому масова частка $NiSO_4$ становить 10%. Густина цього розчину дорівнює 1.109 г/см³.

1. Розрахуйте, яка маса $NiSO_4 \cdot 7H_2O$ була взята для приготування даного розчину.
2. Розрахуйте молярну концентрацію $NiSO_4$ і його мольну частку в цьому розчині.
3. Через даний розчин було пропущений сірководень, 2.24 л (н. у.) якого було повністю поглинено розчином. Розрахуйте масу чорного осаду, який у результаті цього випав.
4. Розрахуйте масові частки всіх розчинених речовин, що перебувають у розчині після випадіння осаду.

5. Хлорування води. Найпоширенішим способом знезаражування питної води є її хлорування. Найчастіше для його проведення застосовують газоподібний хлор, який розчиняють у воді.

1. При розчиненні хлору у воді утворюється хлорноватиста кислота, яка так само, як і її солі, має бактерицидні властивості. Запишіть рівняння реакції, яка перебігає при розчиненні хлору у воді.

2. Для досягнення знезаражуючого ефекту необхідне створення певної концентрації хлору у воді. Так, при хлоруванні підземних вод, доза розчиненого хлору звичайно становить 1 мг/л. Розрахуйте, скільки літрів газоподібного хлору (за н. у.) необхідно взяти для обробки 1 т питної води.

3. В окремих випадках для досягнення необхідного ефекту при хлоруванні може знадобитися збільшення кількості розчиненого у воді хлору, наприклад, через наявність у воді солей Феруму (II), які окислюються хлором до Феруму (III). Розрахуйте, який об'єм газоподібного хлору (н.у.) потрібно взяти, щоб обробити 1 т питної води, вміст іонів Fe^{2+} у якій становить 5 мг/л.

6. Суміші.

1. Запропонуйте методи розділення наступних систем на компоненти: а) суспензія глини у воді; б) суміш бензину з водою; в) тверда суміш солей NH_4Cl , $NaCl$, $AgCl$, г) суміш тирси, мідних і залізних стружок.

2. Молоко можна розглядати як емульсію жиру у воді. Молочний жир перебуває в плазмі молока у вигляді жирових кульок, оточених захисними оболонками, що містять білки. Запропонуйте метод виділення жиру з молока, якщо відомо, що густина самого жиру дорівнює 0.92 г/см^3 , а молочної плазми, що містить у розчиненому вигляді цукор, солі та білки – 1.03 г/см^3 .

3. Для визначення складу твердої суміші сульфату й карбонату магнію наважку цієї суміші масою 10 г розчинили в соляній кислоті, при цьому виділилося 1.12 л (н. у.) газу. Розрахуйте масові частки солей у суміші.

7. Завдання експериментального туру. Порошок мінералу **A** світло-зеленого кольору було насипано до пробірки з газовідвідною трубкою, кінець якої занурили до пробірки з вапняною водою. При нагріванні речовина **A** розкладається на три оксиди **B**, **C** і **D**, які за стандартних умов існують у трьох агрегатних станах – твердому, рідкому і газоподібному, відповідно. У процесі розкладання вміст пробірки набуває чорного кольору (речовина **B**), та виділяється суміш безбарвних газоподібних речовини **C** і **D**. На стінках пробірки конденсується речовина **C**, а в пробірці з вапняною водою випадає білий осад речовини **E**. Визначте речовини **A**, **B**, **C**, **D**, **E**, напишіть рівняння всіх згаданих хімічних реакцій, наведіть раціональну хімічну формулу мінералу **A** і його назву, якщо відомо, що:

а) масова частка металу в речовині **B** становить 79.89 %, а в речовині **A** 57.48 %, солі цього металу забарвлюють полум'я в зелений колір;

б) при розкладі 1 моль речовини **A** утворюється 2 моль речовини **B** і по 1 моль речовини **C** і **D**;

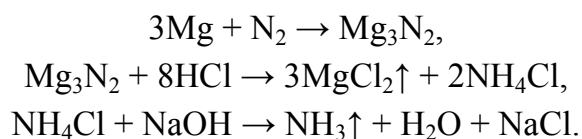
в) відносна густина речовини **D** за воднем становить 21.79, молярна маса речовини **D** в 2.44 рази більша, ніж **C**;

г) речовина **C** не реагує з вапняною водою.

Розв'язки-8

1. АБВГДЕйка. 1. Пусть ACl_x – формула хлорида металла **А**, а M – молярная масса этого металла. Тогда $\omega(M) = M/(M + 35.5x)$, откуда $M = 12.15x$. Так как x – целое число, методом подбора находим, что для $x = 2$, $M = 24.3$ г/моль, что соответствует магнию. Значит **Г** – хлорид магния. При нормальных условиях газообразными простыми веществами, реагирующими с магнием являются: H_2 , N_2 , O_2 , F_2 , Cl_2 . Если в растворе находится хлорид, в состав катиона которого не входят атомы металла, то элементом **Б** может быть только азот, образующий катион аммония; на это также указывает и выделение газа **Е** с резким запахом, который образуется при добавлении щёлочи. Тогда **Д** – хлорид аммония. Исходя из плотности газа **Е** по водороду, рассчитаем его молярную массу: $8.5 \times 2 = 17$ г/моль, это соответствует аммиаку. Подтверждением этому также является, то что в нём $\omega(N) = 14.0/(14.0 + 3.0) = 82.35\%$, что соответствует условию задачи.

2. Уравнения реакций



3. Типы химической связи: **А** – металлическая, **Б** – ковалентная неполярная, **В**, **Г**, **Д** – ионная, **Е** – ковалентная полярная.

4. В промышленности аммиак используется для производства азотных удобрений (нитрат и сульфат аммония, мочевины), взрывчатых веществ и полимеров, азотной кислоты, соды (по аммиачному методу) и других продуктов химической промышленности. Жидкий аммиак используют в качестве растворителя. В медицине используется 10% раствор аммиака, называемый нашатырным спиртом.

2. Элементы и их изотопы. 1. Так как атом элемента имеет две электронные оболочки, то это элемент второго периода, а раз на внешней оболочке находится семь электронов, а ядро атома содержит 10 нейтронов, то это элемент №9 – фтор, изотоп с массовым числом $9 + 10 = 19$.

2. Ион Mg^{2+} содержит 10 электронов, поэтому в атоме элемента их 15, значит это элемент №15 – фосфор. В ядре изотопа ^{14}C 8 нейтронов, в ядре данного изотопа – 16. Значит это фосфор-31.

3. Молярная масса вещества равна: $1.607 \times 22.4 = 36$ г/моль. Если это одноатомный газ, то порядковый номер элемента будет $36 - 10 = 26$; это – соответствует железу. Однако железо не является газообразным при нормальных условиях и не имеет изотопов с массовым числом 36. Если это двухатомный газ, то его порядковый номер будет $(36 - 2 \times 10)/2 = 8$. Следовательно, речь идет о кислороде, массовое число изотопа равно $36/2 = 18$.

4. При слиянии ядер дейтерия и трития образующееся ядро будет содержать 2 протона, значит это гелий. Массовое число изотопа будет равно: $2 + 3 - 1 = 4$. То есть, образуется атом 4_2He .

3. Колесо машины. 1. Средняя молярная масса воздуха равна:

$$28 \times 0.78 + 32 \times 0.21 + 40 \times 0.009 = 28.92 \text{ г/моль.}$$

2. $pV = \dots$, $m = \dots$ $RT = 2.026 \cdot 10^5 \times 0.025 \times 28.92 / (8.314 \times 298) = 59.12 \text{ г.}$

3. Массовая доля кислорода в воздухе составляет: $32 \times 0.21 / 28.92 = 0.2324$. Следовательно, в камере колеса автомобиля при $t = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ и $p = 2 \text{ атм}$ будет находиться $0.2324 \times 59.12 / 32 = 0.43 \text{ моль O}_2$. Количество атомов кислорода составляет: $0.43 \times 6.02 \cdot 10^{23} \times 2 = 5.18 \cdot 10^{23}$.

4. Так как объём камеры остается постоянным, то $p_1/T_1 = p_2/T_2$. Отсюда:

$$p_2 = p_1 \times T_2 / T_1 = 2 \times 268 / 298 = 1.8 \text{ атм.}$$

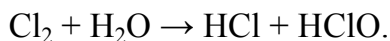
4. Растворы. 1. $M(\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = 155 + 126 = 281 \text{ г/моль}$, $\omega(\text{NiSO}_4) = 155 / 281 = 0.552$, $m(\text{NiSO}_4) = 250 \times 0.1 = 25 \text{ г}$, $m(\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = 25 / 0.552 = 45.3 \text{ г}$.

2. $V(\text{раствор}) = 0.250 / 1.109 = 0.225 \text{ л}$, $n(\text{NiSO}_4) = 25 / 155 = 0.16 \text{ моль}$, $c(\text{NiSO}_4) = 0.16 / 0.225 = 0.7 \text{ моль/л}$, $n(\text{H}_2\text{O}) = (250 - 25) / 18 = 12.5 \text{ моль}$, $x(\text{NiSO}_4) = 0.16 / (0.16 + 12.5) = 0.0126$.

3. $\text{NiSO}_4 + \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NiS} \downarrow$. $n(\text{H}_2\text{S}) = 2.24 / 22.4 = 0.1 \text{ моль}$, значит сероводород находится в недостатке по сравнению с сульфатом никеля. Поэтому количество выпавшего осадка NiS также будет 0.1 моль. $M(\text{NiS}) = 91 \text{ г/моль}$, $m(\text{NiS}) = 0.1 \times 91 = 9.1 \text{ г}$.

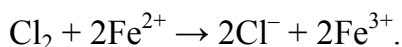
4. После выпадения осадка в растворе будут находиться серная кислота и сульфат никеля. $n(\text{NiSO}_4) = 0.16 - 0.1 = 0.06 \text{ моль}$, $n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.1 \text{ моль}$, $m(\text{NiSO}_4) = 0.06 \times 155 = 9.3 \text{ г}$, $m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.1 \times 98 = 9.8 \text{ г}$, $m(\text{раствора}) = 250 + 3.4 - 9.1 = 244.3 \text{ г}$; $\omega(\text{NiSO}_4) = 9.3 / 244.3 = 0.038$ или 3.8%, $\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 9.8 / 244.3 = 0.040$ или 4.0%.

5. Хлорирование воды. 1. При растворении хлора в воде протекает реакция:



2. Если считать, что плотность воды равна 1 г/мл, то объём 1 т воды составляет 1000 л, если концентрация хлора в ней равна 1 мг/л, то общее содержание хлора в ней будет 1 г или $1 / 71 = 0.014 \text{ моль}$. При нормальных условиях объём этого хлора будет $0.014 \times 22.4 = 0.314 \text{ л}$ или 314 мл.

3. Хлор взаимодействует с ионами Fe^{2+} , окисляя их до Fe^{3+} :



Содержание ионов Fe^{2+} составляет 5 мг/л, или 5 г в 1 т воды, это соответствует $5 / 56 = 0.09 \text{ моль}$. Из уравнения реакции видно, что для окисления этого количества Fe^{2+} необходимо 0.045 моль Cl_2 , объём которого составит $0.045 \times 22.4 = 1.008 \text{ л}$ или 1008 мл. Таким образом, для обеззараживания 1 т такой воды необходимо растворить в ней $1008 + 314 = 1322 \text{ мл}$ хлора.

6. Смеси. 1. а) Суспензия глины в воде может быть разделена отстаиванием, в результате чего частицы глины, имеющие плотность большую, чем вода, с последующей декантацией (сливание раствора над осадком); б) так как бензин и вода взаимно нерастворимы, то для разделения их смеси также необходимо отстаивание с последующим сливом одной из жидких фаз в другой сосуд; в) смесь твердых солей NH_4Cl , NaCl и AgCl может быть разделена таким способом: при нагревании этой смеси при температуре 340°C NH_4Cl возгоняется и отделяется от остальных солей, при добавлении воды к смеси NaCl и AgCl первая соль растворяется, вторая выпадает в осадок; г) железные стружки могут быть извлечены из смеси магнитом, при дальнейшем добавлении воды древесные опилки всплывут, а медная стружка выпадет в осадок.

2. При стоянии цельного молока молочный жир (сливки), имеющий более низкую плотность, чем плазма, под действием силы Архимеда всплывает к поверхности сосуда, в котором находится молоко. В дальнейшем сливки могут быть слиты (сняты) из этого сосуда. Более сильное полное отделение сливок от плазмы производится в сепараторах, представляющих собой центрифугу, в которой разделение молока происходит не только под действием силы Архимеда, а также и под воздействием центробежной силы.

3. С соляной кислотой реагирует только карбонат магния, при этом выделяется углекислый газ:



$n(\text{CO}_2) = 1.12/22.4 = 0.05$ моль, значит и $n(\text{MgCO}_3) = 0.05$ моль. $M(\text{MgCO}_3) = 84$ г/моль, $m(\text{MgCO}_3) = 84 \times 0.05 = 4.2$ г, $\omega(\text{MgCO}_3) = 4.2/10 = 0.42$ или 42%.

7. Экспериментальная задача. Из условия задачи и пункта а) известно, что **В** – оксид металла, соли которого окрашивают пламя в зеленый цвет. Это характерно, например, для солей меди, для которой существует два устойчивых при нагревании оксида меди Cu_2O (красный) и CuO (черный). В условии сказано, что вещество **В** черного цвета, вероятно, это CuO . Этот вывод можно подтвердить расчетами:

$$\omega = \frac{M(X)}{M(X) + 16} = \frac{63.5}{63.5 + 16} = 0.7999 \Rightarrow x = \frac{63.5}{16} = 3.97 \approx 4 \text{ г/моль, то есть}$$

элемент **X** – медь.

Из условия задачи и пункта г) становится понятно, что газ **D** реагирует с известковой водой, образуя белый осадок. Известковая вода – это $\text{Ca}(\text{OH})_2$ основной гидроксид, который может вступать в реакцию только с кислотным оксидом. Среди газообразных бесцветных кислотных оксидов, которые при реакции с $\text{Ca}(\text{OH})_2$ будут образовывать белый осадок можно выделить CO_2 и SO_2 . Рассчитаем относительную плотность по водороду для этих оксидов и сравним с условием в):

$$D_{\text{H}_2} \text{SO}_2 = \frac{M(\text{SO}_2)}{M(\text{H}_2)} = \frac{64.06}{2.02} = 31.71, \quad D_{\text{H}_2} \text{CO}_2 = \frac{M(\text{CO}_2)}{M(\text{H}_2)} = \frac{44.01}{2.02} = 21.84,$$

следовательно газ **D** – CO_2 .

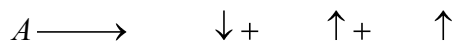


Используя условие пункта в) рассчитаем молярную массу вещества **C**:

$$M(\text{C}) = \frac{M(\text{CO}_2)}{2.44} = \frac{44.01}{2.44} = 18.04 \text{ г/моль.}$$

Так как вещество **C** – оксид, то в формуле вещества **C** должен быть хотя бы 1 атом кислорода. Разница молярных масс вещества **C** и кислорода составляет $18.04 - 16.00 = 2.04$ г/моль, элемент с такой атомной массой не существует, значит это может быть лишь 2 атома водорода. Следовательно, вещество **C** – вода, H_2O .

Минерал **A** разлагается на три оксида в известном из пункта б) молярном соотношении:



Так как ω в минерале **A** составляет 57.48 % (пункт а)), то $M(A) = \frac{1}{0.5748} =$ г/моль. Брутто формула вещества **A** – $Cu_2H_2CO_5$ ($M(Cu_2H_2CO_5) =$ г/моль), так как в процессе разложения выделяется CO_2 , то в формуле должен быть анион CO_3^{2-} , следовательно рациональная химическая формула минерала **A** – $Cu_2(OH)_2CO_3$ – малахит.

Так же, чтоб проверить, что вещества **C** и **D** – H_2O и CO_2 можно использовать их молярные соотношения в реакции разложения и соотношение их молярных масс:



$\frac{M(D)}{M(C)} =$, пусть $M(C) =$, тогда $M(D) =$, а $M(A) =$ г/моль и $M(B) =$ = + = г/моль, тогда получаем $221.12 = \cdot$ + + , отсюда $x =$ г/моль, тогда $M(D) =$ г/моль, что согласуется с молярной массой **D**, полученной из относительной плотности по водороду. Следовательно **D** – CO_2 , а **C** – H_2O .

Реакция разложения малахита:

