

Харківська обласна хімічна олімпіада школярів – 2019, 8 клас

1. Фізіологічний розчин. Лікар Айболіт виписав рецепт для маленького зайченя та направив його до аптекаря, щоб той приготував для нього фізіологічний розчин натрій хлориду об'ємом 150 мл.

1. Знаючи, що фізіологічний розчин є розчином натрій хлориду з масовою часткою розчиненої речовини 0.90 %, розрахуйте, яку масу солі має взяти аптекар, щоб виготовити розчин для лікування зайченя. При розрахунках вважати, що при кімнатній температурі густина розчину дорівнює 1 г/мл.

2. Для того, щоб переконатися чи є виготовлений ним розчин дійсно розчином натрій хлориду, аптекар вирішив визначити вміст хлориду натрію в приготованому розчині. Він взяв 1/10 частину приготованого ним розчину і додав надлишок розчину нітрату срібла. Маса осаду, що утворився, після висушування склала 0.3310 г. Чи доводить результат експерименту, що для приготування розчину дійсно був взятий натрій хлорид? Вкажіть, який колір мав отриманий осад.

3. Який експеримент необхідно провести, щоб підтвердити наявність іонів натрію в приготовленому розчині?

1. Фізіологічний розчин. Розв'язання. 1.

$$m(\text{NaCl}) = \frac{150 \text{ г} \cdot 0.9\%}{100\%} = 1.35 \text{ г}$$

2. $\text{NaCl} + \text{AgNO}_3 \rightarrow \text{AgCl} \downarrow + \text{NaNO}_3$, осад білий аморфний

$$n(\text{AgCl}) = \frac{0.3310 \text{ г}}{143.32 \text{ г/моль}} = 0.0023 \text{ моль}, n'(\text{NaCl}) = n(\text{AgCl}),$$

$n'(\text{NaCl})$ – кількість речовини для проведення аналізу,

$$n(\text{NaCl}) = n'(\text{NaCl}) \cdot 10 = 0.0023 \text{ моль} \cdot 10 = 0.023 \text{ моль} \text{ – кількість NaCl у вихідному}$$

розчині

$$m(\text{NaCl}) = n(\text{NaCl}) \cdot M(\text{NaCl}) = 0.023 \text{ моль} \cdot 58.5 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 1.35 \text{ г} \quad \text{– визначена маса}$$

хлориду натрію відповідає умові виготовлення фізіологічного розчину, тобто, використана речовина дійсно є NaCl. Дана реакція є якісною реакцією на Cl^- іони. Для того щоб переконатися чи виготовлений розчин справді має склад NaCl, потрібно провести якісну реакцію ще й на наявність Na^+ .

3. Для підтвердження наявності іонів натрію в приготовленому розчині необхідно провести експеримент по визначенню кольору забарвлення полум'я пальника. При наявності у розчині іонів Na^+ полум'я пальника буде забарвлено у жовтий колір.

2. Аміачна селітра. Амоній нітрат або аміачна селітра широко використовується як добриво у сільському господарстві, а також як компонент-окислювач у деяких вибухових сумішах. У процесі промислового виробництва цієї сполуки використовується реакція взаємодії безводного аміаку та концентрованої нітратної кислоти (реакція 1). Нітратну кислоту отримують з амоніаку відповідно до такої схеми: а) окиснення аміаку киснем повітря до оксиду азоту (II) (реакція 2); б) окиснення оксиду азоту (II) до оксиду азоту (IV) (реакція 3); в) поглинання оксиду азоту (IV) водою з утворенням нітратної кислоти (реакція 4); у свою чергу, амоніак добувають, використовуючи реакцію між воднем та азотом (реакція 5).

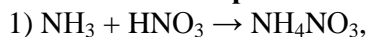
1. Запишіть рівняння згаданих реакцій 1–5, вкажіть умови їх перебігу.

2. Розрахуйте маси азоту, водню та кисню, які необхідно взяти для отримання 1 тони аміачної селітри, вважаючи, що вихід продукту реакції на кожній із стадій, що описуються рівняннями реакцій 1–5, дорівнює 97 %.

3. Розрахуйте кількість зв'язаного Нітрогену (у кг), що потрапляє до ґрунту при внесенні до нього 1 тони амоній нітрату. Які інші азотні добрива Вам відомі?

4. Амоній нітрат при обережному нагріванні розкладається з утворенням Нітроген (I) оксиду, а під час його детонації продуктом відновлення Нітрогену є азот. Запишіть рівняння реакцій, що перебігають під час термічного розкладу та детонації амоній нітрату.

2. Аміачна селітра. Розв'язання. 1. Рівняння реакцій:



- 2) $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \rightarrow 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$,
- 3) $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$,
- 4а) $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$, або для полегшення розрахунків
- 4б) $4\text{NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow 4\text{HNO}_3$,
- 5) $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3$.

2. 1 тона NH_4NO_3 становить 12500 моль, з урахуванням виходу 97%, для проведення реакції 1) потрібно взяти по $12500/0.97 = 12887$ моль NH_3 та HNO_3 .

Виробництво 12887 моль HNO_3 за реакцією 4б) потребує $12887/0.97 = 13286$ моль NO_2 та $13286/4 = 3322$ моль O_2 .

Таку кількість NO_2 можна отримати, використовуючи реакцію 3), з $13286/0.97 = 13697$ моль NO та $13697/2 = 6848$ моль O_2 .

Для добування 13697 моль NO за реакцією 2) потрібно $13697/0.97 = 14121$ моль NH_3 та $14121 \times 5/4 = 17651$ моль O_2 .

Таким чином, загальна кількість амоніаку складає $12887 + 14121 = 27008$ моль.

Виробництво цієї кількості NH_3 за реакцією 5) потребує $27008/2/0.97 = 13922$ моль N_2 та $13922 \times 3 = 41765$ моль H_2 .

На окиснення NH_3 за реакціями 2), 3) та 4б) необхідно взяти $3322 + 6848 + 17651 = 27821$ моль O_2 .

Маси речовин, що необхідно взяти для виробництва, будуть становити:

$\text{N}_2 - 13922 \times 28 = 389.816$ кг, $\text{H}_2 - 41765 \times 2 = 83.532$ кг, $\text{O}_2 - 27821 \times 32 = 890.271$ кг.

3. Масова частка Нітрогену в NH_4NO_3 становить $28/80 = 0.35$ або 35%, тобто в 1 т NH_4NO_3 міститься 350 кг зв'язаного Нітрогену. Інші азотні добрива: KNO_3 (калійна селітра), $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ (кальцієва, або норвезька, селітра), NaNO_3 (чилійська селітра), $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, NH_4Cl , амоніачна вода, сечовина (карбамід); складні азотвмісні добрива: нітроамофоска ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + \text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{KCl}$), нітрофоска (мінеральне азотно-фосфорно-калійне добриво) та інші.

4. а) $\text{NH}_4\text{NO}_3 \rightarrow \text{N}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{O}$; б) $2\text{NH}_4\text{NO}_3 \rightarrow 2\text{N}_2 + \text{O}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$.

3. Невеличкий вибух. Юний хімік Василь вирішив провести вдома невеличкий експеримент. Він налив у колбу розчин перекису водню та додав трохи діоксиду мангану. В результаті з розчину почав бурхливо виділятися газ. Василь зібрав цей газ методом витіснення води в колбу об'ємом 1 л до повного її заповнення при температурі 25 °С та атмосферному тиску. Потім у колбу він помістив шматочок активованого вугілля. Василь знав, що вугілля має активно реагувати з газом, що виділювався, але реакція чомусь не починалася. «Ааааа ... Треба ж нагріти» – подумав Василь. Хлопець герметично закрив колбу кришкою, витягнув з води і почав нагрівати її на печі. Але через кілька хвилин пролунав сильний хлопок і Василь помітив, що тепер на колбі немає кришки.

1. Запишіть рівняння реакції, яка відбувається при додаванні діоксиду мангану до перекису водню. Яку роль відіграє MnO_2 у цьому процесі?

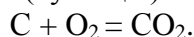
2. Яку реакцію очікував побачити Василь в колбі під час нагрівання? Як хлопець зрозумів би, що реакція почалася? Що потрібно було зробити, щоб дослід вдався?

3. Що сталося при нагріванні колби, чому її кришка «зникла»?

4. Розрахуйте, який тиск був в колбі в момент вильоту кришки (в атм та Па), якщо в цей час температура в ній становила 200 °С, а вихідний атмосферний тиск дорівнював 740 мм ртутного стовпчика.

3. Невеличкий вибух. Розв'язання. 1. $2\text{H}_2\text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2\uparrow$. Роль діоксиду мангану – каталізатор (прискорює реакцію, але сам під час її перебігу не витрачається).

2. Реакція у колбі – згоряння вугілля (вуглецю):



Реакція горіння супроводжується нагрівом вугілля (воно стає червоним або жовтим, світиться від нагрівання), також можна побачити полум'я. Пізніше можна буде побачити дим (коли кисню стане замало для повного згоряння). Щоб реакція розпочалась потрібно було нагріти саме вугілля, а не кисень. Розжарене у полум'ї вугілля активно горить при внесенні у кисень.

3. При нагріванні колби у ній зріс тиск кисню. Цей тиск виштовхнув корок колби і він вилетів.

4. Згідно з рівнянням Менделєєва-Клапейрона:

$$pV = nRT.$$

При постійному об'ємі (вважаємо, що колба не змінює свого об'єму):

$$p/T = nR/V = \text{const.}$$

Тоді $p(\text{кінцевий}) = p(\text{вихідний}) \times T(\text{кінцева})/T(\text{вихідна})$, температура береться у Кельвінах.

Тоді тиск у колбі при 473 К становить:

$$p = 740 \times 473 / 298 = 1175 \text{ мм рт. ст. або Торр.}$$

Оскільки стандартний атмосферний тиск $1 \text{ атм} = 760 \text{ Торр} = 101\,325 \text{ Па}$, то

$$p = 1175 / 760 = 1.55 \text{ атм, } p = 1.55 \times 101\,325 = 156\,654 \text{ Па} = 156.7 \text{ кПа.}$$

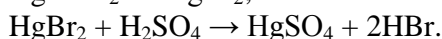
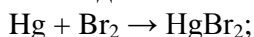
4. АБВГДейка. Прості речовини **А** та **Б** є рідкими за стандартних умов, причому речовина **Б** складається з двохатомних молекул. В результаті взаємодії **А** та **Б** утворюється нерозчинна у воді речовина **В**. Якщо кристали **В** обробити сульфатною кислотою, то утворюється газ **Г** та білі кристали речовини **Д**.

1. Визначте речовини **А–Д**, якщо відомо, що: густина газу **Г** за нормальних умов дорівнює $3.62 \cdot 10^{-3} \text{ г/мл}$; масова частка кисню в речовині **Д** дорівнює 21.55%;

2. Запишіть рівняння описаних хімічних перетворень.

3. Визначте тип хімічного зв'язку в речовинах **А–Д**. Для відповіді на це питання використовуйте довідкові дані з електронегативності деяких елементів: Na – 0.9; Ba – 0.9; Hg – 1.9; Pb – 1.9; Cu – 1.9; H – 2.1; S – 2.5; Br – 2.8; Cl – 3.0; O – 3.5; F – 4.0.

4. АБВГДейка. Розв'язання. 1-2. Відомо, що серед простих речовин рідкими за стандартних умов є тільки ртуть та бром, причому бром дійсно складається з двохатомних молекул. Перевіримо, чи відповідають дані задачі цим елементам. Якщо **А** – це ртуть, а **Б** – бром, то рівняння реакцій мають вигляд:



З даних про газ **Г** знаходимо його молярну масу: $M(\mathbf{Г}) = 0.0036 \times 22400 = 81 \text{ г/моль}$, що відповідає **HBr**. Якщо **Д** – **HgSO₄**, то $\omega(\text{O}) = 64 / (201 + 32 + 64) = 0.2155$ або 21.55%, що співпадає з умовами задачі.

3. Тип хімічного зв'язку у речовинах: **Hg** – металічний; **Br₂** – ковалентний неполярний, **HgBr₂** – ковалентний полярний, **HgSO₄** – ковалентний полярний, **HBr** – ковалентний полярний.

5. Будова атома. 1. До складу кожного атому входить певна кількість протонів, нейтронів та електронів. Визначте хімічні елементи, якщо відомо, що їх атоми мають: а) дві електронні оболонки та сім валентних електронів; б) на два електрони більше, ніж іон **Li⁺**; в) на два електрони менше, ніж іон **F⁻**.

2. Розрахуйте кількість протонів, нейтронів та електронів у наступних частинках: **Cl⁻**, **SO₃²⁻**, ³⁷₁₇**Cl** (для перших двох частинок вважати, що елементи представлені найбільш поширеними на Землі ізотопами).

5. Будова атома. Розв'язання. 1. а) це елемент другого періоду та сьомої групи – елемент №9, **F**; б) елемент №4, **Be**; в) елемент №8, **O**. 2. а) найбільш поширеним ізотопом хлору є ³⁵₁₇**Cl**, у іоні **Cl⁻** кількість протонів – 17, нейтронів – 18, електронів – 18; б) найбільш поширеними ізотопами елементів є ¹⁶₈**O** та ³²₁₆**S**, тому в іоні **SO₃²⁻** кількість протонів – 40, нейтронів – 40, електронів – 42.

6. Вапняк. Кальцій оксид, що має тривіальну назву негашене вапно, широко використовується у виробництві будівельних матеріалів, зокрема цементу та силікатної цегли. У промисловості цю сполуку отримують з вапняку, основним компонентом якого є кальцій карбонат, прожарюванням його при температурі 900–1200 °С.

1. Запишіть реакцію, що перебігає при прожарюванні вапняку та призводить до утворення кальцій оксиду. Як ви вважаєте, чи може ця реакція за певних умов перебігати у зворотному напрямку?

2. В залежності від родовища, де добувають вапняк, вміст кальцій карбонату та певних домішок в ньому може бути різним. При прожарюванні одного із зразків вапняку, який складався з

кальцій карбонату та нелетючих домішок, після повного розкладання CaCO_3 було отримано негашене вапно, вміст CaO у якому складає 95% (за масою). Розрахуйте масову частку нелетючих домішок у вихідному зразку вапняка, якщо відомо, що їх хімічний склад під час прожарювання не змінюється.

3. У певних родовищах вапняк знаходиться у доломітизованому вигляді, тобто у суміші з доломітом. Склад доломіту можна записати у вигляді подвійної солі як $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ або $\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2\text{CO}_2$. Доломітизований вапняк можна розглядати як суміш карбонатів кальцію та магнію, а описувати його склад – вказуючи масові частки карбонатів CaCO_3 та MgCO_3 або оксидів CaO , MgO та CO_2 у ньому. Розрахуйте вміст MgO та MgCO_3 у зразку вапняку, якщо при дії на 100 г вапняку надлишку соляної кислоти виділилося 23.3 л CO_2 (приведено до нормальних умов). При розрахунках вважати, що інші домішки крім доломіту у використаному зразку вапняку відсутні.

6. Вапняк. Розв'язання. 1. $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$. При звичайних умовах ($t = 25^\circ\text{C}$, $p = 1$ атм) ця реакція перебігає у зворотному напрямку.

2. Нехай маса отриманого негашеного вапна дорівнює 100 г, тоді маса CaO – 95 г, а нелетючих домішок – 5 г. Так як $n(\text{CaO}) = 95/56 = 1.7$ моль, то у вихідному зразку вапняка знаходилося $1.7 \times 100 = 170$ г CaCO_3 . Оскільки маса домішок під час прожарювання не змінювалася, то маса вихідного зразку вапняка дорівнює 175 г, а масова частка домішок складає $\omega = 5/175 = 0.0286$ або 2.86%.

3. Кількість CO_2 , що виділилася, складає $23.3/22.4 = 1.04$ моль. Оскільки кожний моль CaCO_3 або MgCO_3 при взаємодії з HCl виділяє 1 моль CO_2 , то загальний вміст карбонатів у зразку також дорівнює 1.04 моль. Нехай $n(\text{CaCO}_3) = x$ моль, тоді $n(\text{MgCO}_3) = 1.04 - x$ моль, а маси речовин дорівнюють $m(\text{CaCO}_3) = 100x$ та $m(\text{MgCO}_3) = 84(1.04 - x)$. Це дає змогу скласти рівняння $100x + 84(1.04 - x) = 100$, розв'язання якого дає $x = 0.79$ моль, що відповідає $m(\text{CaCO}_3) = 79$ г. Таким чином, $m(\text{MgCO}_3)$ у зразку вапняку становить 21 г, а $\omega(\text{MgCO}_3) = 21\%$. У розрахунку на оксид MgO це буде складати: $n(\text{MgO}) = n(\text{MgCO}_3) = 21/84 = 0.25$ моль, $m(\text{MgO}) = 0.25 \times 40 = 10$ г, $\omega(\text{MgCO}_3) = 10\%$.

7. Експеримент. В трьох пробірках містяться безбарвні розчини Сульфуровмісних солей (№1, 2, 3) одного металу, що забарвлює полум'я у жовтий колір і є важливим макроелементом, що разом з Калієм відповідає за іонний баланс в організмі людини. При реакції розчинів №1, 2, 3 з $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ та подальшою реакцією з HCl хімік спостерігав наступні ознаки реакцій:

Сіль №1 $\xrightarrow{+\text{Pb}(\text{NO}_3)_2}$ випадіння білого осаду $\xrightarrow{+\text{HCl}}$ розчинення осаду;

Сіль №2 $\xrightarrow{+\text{Pb}(\text{NO}_3)_2}$ випадіння чорного осаду $\xrightarrow{+\text{HCl}}$ розчинення осаду, запах тухлих яєць;

Сіль №3 $\xrightarrow{+\text{Pb}(\text{NO}_3)_2}$ випадіння білого осаду $\xrightarrow{+\text{HCl}}$ осад не розчинився.

Зауважте, що концентрації розчинів $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ та HCl такі, що при утворенні PbCl_2 не спостерігаються видимі зміни.

1. Встановіть формули солей №1, 2, 3, якщо відомо що масова частка Оксигену в солі №1 становить 38.10%, в солі №3 – 45.07%, а сіль №2 не містить Оксигену. Доведіть свою відповідь розрахунками.

2. Напишіть рівняння всіх згаданих реакцій.

3. Напишіть електронно-графічну формулу Сульфуру в валентних станах, що спостерігаються в солях №1, 2, 3.

7. Експеримент. Відповідь.

Сіль №1 – Na_2SO_3 ;

Сіль № 2 – Na_2S ;

Сіль № 3 – Na_2SO_4 .

$\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{PbSO}_3 \downarrow + 2\text{NaNO}_3$;

$\text{Na}_2\text{S} + \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{PbS} \downarrow + 2\text{NaNO}_3$;

$\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{PbSO}_4 \downarrow + 2\text{NaNO}_3$;

$\text{PbSO}_3 \downarrow + 2\text{HCl} \rightarrow \text{PbCl}_2 + \text{H}_2\text{SO}_3$;

$\text{PbS} \downarrow + 2\text{HCl} \rightarrow \text{PbCl}_2 + \text{H}_2\text{S} \uparrow$;

$\text{PbSO}_4 \downarrow + 2\text{HCl} \rightarrow$ не реагує.