

Харківська обласна хімічна олімпіада 2017 р.

8 клас

1. Явища і суміші. 1. Запропонуйте методику розділення наступних сумішей на індивідуальні компоненти: 1) пісок, цукор, залізні ошурки, дерев'яні ошурки; 2) водяна пара, азот, вуглекислий газ. Наведіть рівняння реакцій, де це необхідно.

2. Розрізніть фізичні та хімічні явища серед запропонованих: розчинення солі, блискавка, помутніння розчину вапна при продуванні повітря, поява іржі на залізі, проявлення фотоплівки, горіння лампи розжарювання. Наведіть рівняння реакцій хімічних процесів.

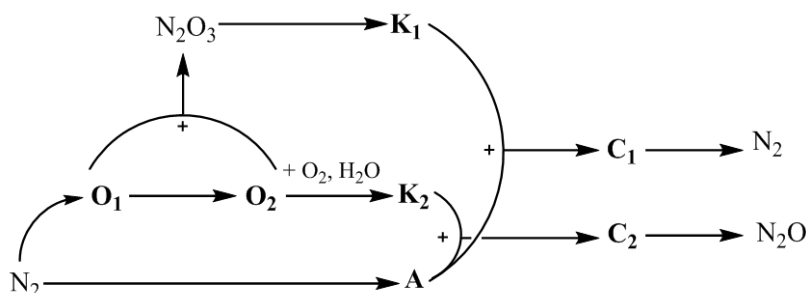
3. Поясніть відмінність фізичних і хімічних явищ.

2. Розчини та розрахунки. 1. Розчин містить 20 % хлоридної кислоти за масою. Обчисліть молярну концентрацію HCl в розчині, якщо його густина становить 1.098 г/мл.

2. Моляльність – спосіб вираження концентрації розчину, що показує, скільки моль розчиненої речовини припадає на один кілограм розчинника. Виведіть формулу для розрахунку моляльності, якщо масова частка та молярна маса розчиненої речовини відомі. Розрахуйте моляльність 10 % (за масою) розчину хлориду натрію.

3. Розрахуйте кількість атомів в 1 л води (густина 1 г/мл) та 1000 г хлориду літію. Де знаходиться більше атомів?

3. Веселі літери.



На схемі **не вказані** усі реагенти реакцій. Проте розгадати цю схему вам допоможуть шифровані назви сполук. Так, на схемі речовини **К** відповідають кислотам, **О** – оксидам та **С** – солям. Літера **А** – перша літера назви зашифрованої сполуки. Знак «+» показує, що для проведення реакції потрібно використати відповідні дві речовини.

1. Визначте усі зашифровані речовини.

2. Запишіть рівняння усіх реакцій, що вказані на схемі, та вкажіть умови їх проведення.

4. Розрахунки і трохи логіки. Суміш блакитної рідини **А** та безбарвної рідини **В** використовується як екологічно чисте ракетне паливо. При підпалюванні цієї суміші утворюється безбарвна речовина **С**. Замість рідини **В** також використовується безбарвна рідина **Д**. Продуктами взаємодії **А** і **Д** є речовини **С** і **Е**.

Якщо змочити рідиною **А** темну речовину **Е**, то можна отримати чудову вибухівку, після вибуху якої утворюється лише речовина **Е**.

У сталевий балон, заповнений аргоном, об'ємом 10 л (температура та тиск усередині балону дорівнюють 25°C та 1.0 атм відповідно) перенесли 50 г речовини **С** та герметично його закрили. Після нагрівання балону до 150°C всередині знаходилися лише гази (вважайте їх ідеальними), а їх загальний тиск став дорівнювати 11 атм.

1. Визначте формули усіх зашифрованих сполук, враховуючи, що речовини **В** і **Е** – прості, а сполуки **С**, **Д** і **Е** – бінарні, а масова частка одного з елементів у складі **Е** – 27.29 %.

2. Запишіть всі рівняння реакцій, про які йдеться мова в задачі.

Підказка №1: ви можете скористатися рівнянням Менделєєва–Клапейрона $pV = nRT$, де $R = 0.082$ (л·атм)/(моль·К) = 8.314 Дж/(моль·К).

Підказка №2: при розрахунках не забудьте врахувати присутність певної кількості аргону в балоні.

Указівка №1: знехтуйте зміною об'єму аргону при внесенні до балону речовини **С**.

Указівка №2: при розрахунках округлюйте молярні маси до цілих.

5. Високотемпературний надпровідник

Окрім стехіометричних сполук, існують також сполуки зі змінним складом. Для того, щоб записати формулу таких речовин, використовують дробові індекси, наприклад $WO_{2,9}$. Іншим прикладом сполуки зі змінним складом може слугувати $YBa_2Cu_3O_{7-x}$. Якщо $x < 0,65$, ця речовина виявляє властивості високотемпературного надпровідника.

Для зразку $YBa_2Cu_3O_{7-x}$, отриманого в лабораторії (сполука **A**), встановлено, що $w(Ba) = 41.33\%$.

1. Розрахуйте x та визначте формулу сполуки **A**. Чи буде зразок виявляти властивості надпровідника?

Юний Хімік хоче отримати надпровідник складу $YBa_2Cu_3O_{6,5}$ (сполука **B**) спіканням відповідних карбонатів та оксидів. В нього є 6.0 г Y_2O_3 , 10.0 г $BaCO_3$ та 5.0 г $CuCO_3$. Для успішного синтезу необхідно уникати надлишку реагентів, тобто співвідношення між кількостями речовин має бути стехіометричним.

2. Запишіть рівняння реакції утворення **B**, якщо в результаті утворюється лише **B** та вуглекислий газ.

3. Розрахуйте максимальну масу сполуки **B**, яку може отримати Юний Хімік з наявних у нього реактивів. Вважайте, що вихід реакції 100 %.

4. Розрахуйте кількість речовини реактивів, що залишаться у Юного Хіміка після такого синтезу.

Примітка: У розрахунках використовувати атомні маси з двома знаками після коми!

6. Хімічний філворд. Філворд – це один із різновидів кросворду. Філворд складається з клітин, у яких вже присутні букви відповідей. Кожна відповідь являє собою ланцюжок клітин. Слова-відповіді не перетинаються і не мають спільних клітин з іншими словами. Слова можуть згинатися, але тільки під прямим кутом.

1) Порція речовини, що містить $6.02 \cdot 10^{23}$ її формульних одиниць.

2) Сполука, що утворена двома хімічними елементами, одним із котрих є Оксиген.

3) Речовина, яка здатна змінювати свій колір під дією лугів та кислот.

4) Позитивно заряджена частинка, що є складовою ядра атома.

5) Здатність атома сполучатися з певною кількістю таких самих або інших атомів.

6) Частина простору, де перебування електрону є найімовірнішим.

7) Перетворення твердої речовини при нагріванні на газ, минаючи рідкий стан.

8) Негативно заряджений іон.

9) Хімічне перетворення речовини за участю кисню.

10) Речовина, яка спричиняє перебіг реакції або прискорює її, залишаючись після реакції незмінною.

1. Розв'яжіть філворд. Запишіть усі відгадані вами слова.

2. З букв, що лишилися, складіть назву хімічного елемента.

Вкажіть, в якому періоді, в якій групі та підгрупі розташований цей елемент, який в нього порядковий номер, скільки електронів він має на зовнішньому енергетичному рівні. Укажіть найбільшу валентність цього елемента та наведіть формулу його оксиду.

в	а	л	о	і	м	а	ц	і
і	н	е	с	л	а	о	н	я
и	д	н	у	б	н	і	н	я
к	о	т	н	і	о	к	н	е
а	к	д	ь	с	т	и	с	н
т	с	и	л	к	ь	ь	о	р
о	н	м	о	а	а	л	р	о
р	о	т	р	т	т	і	б	т
п	р	о	б	а	л	і	з	а

7. Завдання експериментального туру. До водного розчину, отриманого розчиненням світло-зелених кристалів солі **A** (сіль **A** є кристалогідратом), додали розчин $NaOH$, що спричинило утворення зеленого осаду речовини **B**, яка окислюється киснем повітря за наявності води до речовини **C** коричневого кольору, також нерозчинної у воді. При додаванні розчину HCl речовина **C** розчиняється, а розчин набуває коричневого кольору через утворення речовини **D**. Додавання розчину калій тіоціанату ($KSCN$) до розчину **D** призводить до забарвлення розчину у криваво-червоний колір внаслідок утворення сполуки **E**.

1. Визначте речовини **A**, **B**, **C**, **D**, **E**, напишіть рівняння всіх згаданих хімічних реакцій;

2. наведіть хімічну формулу кристалогідрату солі **A** та його назву;

3. поясніть стійкість речовини **C** порівняно з речовиною **B**, спираючись на електронну будову катіонів цих сполук, якщо відомо, що:

а) речовини **A**, **B**, **C**, **D**, **E** у своєму складі мають однаковий метал, що є неорганічним центром молекули гемоглобіну;

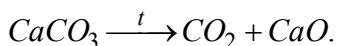
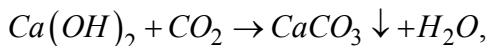
б) сполуки **B** і **C** мають однаковий якісний елементний склад, при цьому масова частка металу в речовині **B** становить 62.14 %, а в речовині **C** 52.25 %;

в) розчин солі **A** при взаємодії з розчином барій нітрату дає білий дрібнокристалічний осад, нерозчинний у мінеральних кислотах;

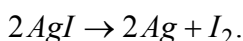
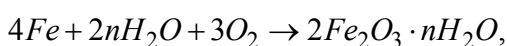
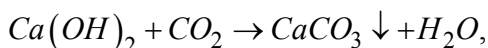
г) масова частка Гідрогену в кристалогідраті солі **A** становить 5.04%.

Розв'язки-8

1. **Явища і суміші.** 1. Перша суміш: відділяємо залізні ошурки магнітом, залишок розчиняємо; дерев'яні ошурки спливають, збираємо; суміш фільтруємо, на фільтрі залишається пісок, висушуємо його; фільтрат випарюємо – отримуємо цукор. Друга суміш: охолоджуємо суміш – конденсується вода; гази, що залишилися, пропускаємо крізь розчин гідроксиду кальцію; газ, що не поглинувся – азот; осад карбонату кальцію фільтруємо та прожарюємо, збираючи вуглекислий газ.



2. Фізичні: розчинення (фізико-хімічний), блискавка, горіння лампи розжарювання. Хімічні: помутніння розчину вапна, поява іржі, проявлення фотоплівки:



3. У хімічних явищах одні речовини перетворюються на інші, в фізичних процесах речовини не змінюються.

2. Розчини. 1. Маса одного літру розчину $m = \rho V = 1.098 \cdot 1000 = 1098 \text{ г}$.

Маса HCl становить $m(HCl) = \omega \cdot m = 0.2 \cdot 1098 = 219.6 \text{ г}$. Кількість речовини

$$n(HCl) = \frac{m(HCl)}{M(HCl)} = \frac{219.6}{36.5} = 6.02 \text{ моль} \quad \text{Концентрація} \quad c(HCl) = 6.02 \text{ моль/л} \quad c = 6.02$$

моль/л.

2. Нехай об'єм розчину – 1 л.

$$m(\text{solution}) = 1000 \cdot d, \quad (\text{г}),$$

$$m(\text{dissolved}) = 1000 \cdot d \cdot \omega, \quad (\text{г}),$$

$$m(\text{solvent}) = \frac{1000 \cdot d \cdot (1 - \omega)}{1000} = d \cdot (1 - \omega), \quad (\text{кг}),$$

$$n(\text{dissolved}) = \frac{1000 \cdot d \cdot \omega}{M}, \quad (\text{моль}),$$

$$b = \frac{1000 \cdot d \cdot \omega}{M \cdot d(1 - \omega)} = \frac{1000 \cdot \omega}{M(1 - \omega)}, \quad (\text{моль/кг}).$$

b – молярність, ω – масова частка, M – молярна маса, d – густина.

$$b(NaCl) = \frac{1000 \cdot 0.1}{58.5 \cdot (1 - 0.1)} = 1.90 \text{ моль/кг}.$$

3. Вода:

$$N = 3 \cdot n \cdot N_A = 3 \cdot N_A \cdot \frac{m}{M} = 3 \cdot N_A \cdot \frac{\rho V}{M} = 3 \cdot 6.02 \cdot 10^{23} \cdot \frac{1 \cdot 1000}{18} = 1 \cdot 10^{26}.$$

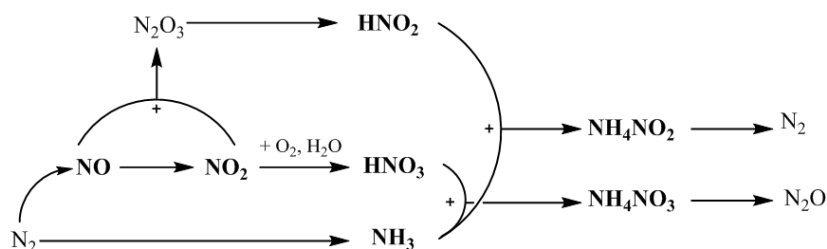
Хлорид літію:

$$N = 2 \cdot n \cdot N_A = 2 \cdot N_A \cdot \frac{m}{M} = 2 \cdot 6.02 \cdot 10^{23} \cdot \frac{1000}{42.5} = 2.83 \cdot 10^{25}.$$

Кількість атомів у зразку води буде більша за кількість атомів у зразку хлориду літію.

3. Веселі літери.

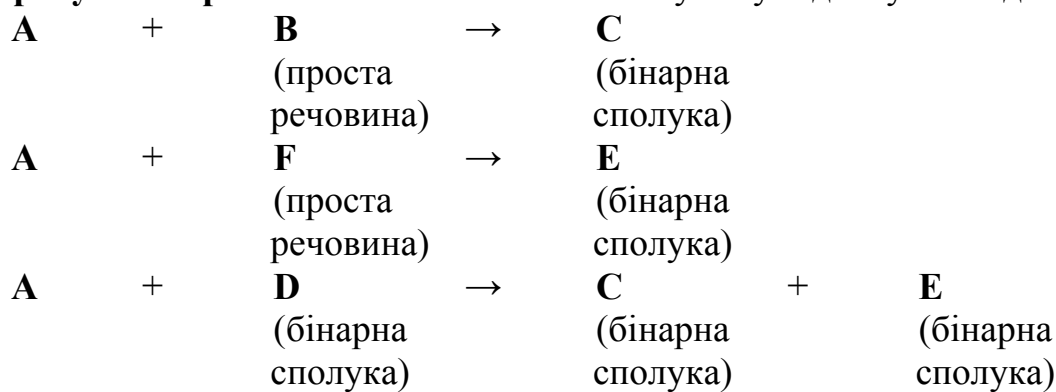
1.



2. Рівняння реакцій:

- 1) $\text{N}_2 + \text{O}_2 \xrightarrow{t} 2\text{NO}$,
- 2) $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$,
- 3) $\text{NO} + \text{NO}_2 \rightarrow \text{N}_2\text{O}_3$,
- 4) $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \xrightarrow{t, p, kat} 2\text{NH}_3$,
- 5) $4\text{NO}_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{HNO}_3$,
- 6) $\text{N}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{HNO}_2$,
- 7) $\text{NH}_3 + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{NH}_4\text{NO}_3$,
- 8) $\text{NH}_3 + \text{HNO}_2 \rightarrow \text{NH}_4\text{NO}_2$,
- 9) $\text{NH}_4\text{NO}_2 \xrightarrow{t} 2\text{H}_2\text{O} + \text{N}_2$,
- 10) $\text{NH}_4\text{NO}_3 \xrightarrow{t} 2\text{H}_2\text{O} + \text{N}_2\text{O}$.

4. Розрахунки і трохи логіки. 1. Узагальнимо умову задачі у вигляді схем:



Зі схем очевидно, що сполука A є простою речовиною. Враховуючи, що A – блакитна рідина, можна здогадатися, що A – рідкий кисень (або озон). Але це можна і розрахувати.

$$pV = nRT \Rightarrow n(Ar) = \frac{pV}{RT} = \frac{1 \cdot 10}{0.082 \cdot 298} = 0.41 \text{ моль},$$

$$n_{\text{заг}} = \frac{11 \cdot 10}{0.082 \cdot 423} = 3.17 \text{ моль},$$

$$n(C) = 3.17 - 0.41 = 2.76 \text{ моль},$$

$$M(C) = \frac{m}{n} = \frac{50}{2.76} = 18 \text{ г / моль}.$$

Бінарною сполукою з молярною масою 18 г/моль є H_2O . Отже, **A** – кисень або водень, а **B** – водень або кисень. Хімічна інтуїція повинна підказати, що **A** – це кисень (блакитний колір рідини, отримання вибухівки з **A** і **F**). Якщо це так, то можна розрахувати молярну масу речовини **E**, а звідти – відносну атомну масу **f** (елемента, з якого складається сполука **F**). Припустимо, що в умові задачі вказана масова частка **f**. Тоді масова частка Оксигену дорівнює $100\% - 27.29\% = 72.71\%$. Припускаючи різну кількість атомів Оксигену в оксиді **E**, можна розрахувати молярну масу невідомого елемента:

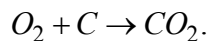
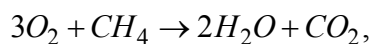
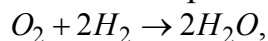
$$M_1(E) = \frac{16}{0.7271} = 22 \text{ г / моль} \Rightarrow A_r(f) = 22 - 16 = 6.$$

$$M_2(E) = \frac{16 \times 2}{0.7271} = 44 \text{ г / моль} \Rightarrow A_r(f) = 44 - 32 = 12.$$

Атомна маса 12 відповідає елементу Карбону. Отже, **F** – вуглець, а **E** – CO_2 .

Очевидно, що речовина **D** складається з атомів С і Н. Отже, це – вуглеводень. Оскільки в умові задачі немає іншої інформації про кількісний склад речовини **D**, нехай це буде метан – CH_4 (допускаються й інші варіанти вуглеводнів).

2. Рівняння реакцій:



5. Високотемпературний надпровідник.

1. Запишемо формулу для визначення масової частки Барію у сполуці **A**:

$$w(\text{Ba}) = \frac{2Ar(\text{Ba})}{Ar(Y) + 2Ar(\text{Ba}) + 3Ar(\text{Cu}) + (7-x)Ar(\text{O})} \cdot 100\%.$$

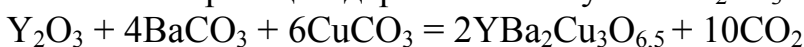
З рівняння 1 отримуємо:

$$x = \frac{0.01 \cdot w(\text{Ba}) \cdot (Ar(Y) + 2Ar(\text{Ba}) + 3Ar(\text{Cu}) + 7Ar(\text{O})) - 2Ar(\text{Ba})}{0.01w(\text{Ba})Ar(\text{O})},$$

$$x = \frac{0.01 \cdot 41.33 \cdot (88.91 + 2 \cdot 137.33 + 3 \cdot 63.55 + 7 \cdot 16.00) - 2 \cdot 137.33}{0.01 \cdot 41.33 \cdot 16.00} = 0.1.$$

Таким чином, формула сполуки **A** – $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6.9}$, вона виявляє властивості високотемпературного надпровідника.

2. Рівняння реакції одержання сполуки $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6.5}$:



3. Розрахуємо кількості речовин карбонатів, користуючись формулою $n = m / M$:

$$m(\text{Y}_2\text{O}_3) = 6 \text{ г}; M(\text{Y}_2\text{O}_3) = 225.82 \text{ г/моль}; n(\text{Y}_2\text{O}_3) = 0.027 \text{ моль},$$

$$m(\text{BaCO}_3) = 10 \text{ г}; M(\text{BaCO}_3) = 197.34 \text{ г/моль}; n(\text{BaCO}_3) = 0.051 \text{ моль},$$

$$m(\text{CuCO}_3) = 5 \text{ г}; M(\text{CuCO}_3) = 123.56 \text{ г/моль}; n(\text{CuCO}_3) = 0.040 \text{ моль}.$$

Відповідно до рівняння реакції (п. 2), наявного Y_2O_3 достатньо, щоб синтезувати $0.027 \cdot 2 = 0.054$ (моль) **Б**. $BaCO_3$ достатньо, щоб синтезувати $0.051/2 = 0.026$ (моль) **Б**, а $CuCO_3$ вистачить на синтез $0.040/3 = 0.013$ (моль) **Б**. Таким чином, Y_2O_3 і $BaCO_3$ у надлишку, і з наявних реактивів можна синтезувати 0.013 моль **Б**, що відповідає $0.013 \cdot 658.22 = 8.6$ (г).

4. $CuCO_3$ не залишиться. Буде використано $0.013/2 = 0.007$ (моль) Y_2O_3 залишиться 0.020 моль. $BaCO_3$ піде вдвічі більше, ніж буде отримано **Б**, тобто 0.026 моль, залишиться 0.025 моль.

6. Хімічний філворд.

1. Моль.
2. Оксид.
3. Індикатор.
4. Протон.
5. Валентність.
6. Орбіталь.
7. Сублімація.
8. Аніон.
9. Окиснення.
10. Каталізатор.

в	а	л	о	і	м	а	ц	і
і	н	е	с	л	а	о	н	я
н	д	н	у	б	н	і	н	я
к	о	т	н	і	о	к	н	е
а	к	д	ь	с	т	н	с	н
т	с	н	л	к	ь	ь	о	р
о	н	м	о	а	а	л	р	о
р	о	т	р	т	т	і	б	т
п	р	о	б	а	л	і	з	а

3 букв, що залишилися, можна скласти хімічний елемент «Бор». Він розташований в другому періоді, третій групі та головній підгрупі. Його порядковий номер 5, має 3 електрони на зовнішньому енергетичному рівні. Має валентність III та формула оксиду B_2O_3 .

7. Завдання експериментального туру. 1. Метал, що є неорганічним центром молекули гемоглобіну – це Феррум. Речовина **В** – це $Fe(OH)_2$ (нерозчинна в воді основа зеленого кольору).

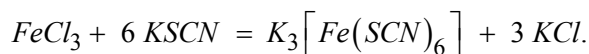
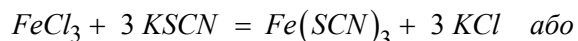
Тоді речовина **С** – це $Fe(OH)_3$ (нерозчинна в воді основа коричневого кольору):
 $4 Fe(OH)_2 \downarrow + O_2 + 2 H_2O = 4 Fe(OH)_3 \downarrow$.

Це можна підтвердити розрахунками:

$$\omega(Fe) = \frac{Ar(Fe)}{Mr(Fe(OH)_3)} = \frac{55.8}{55.8 + 3 \cdot (16.0 + 1.0)} = 0.5225$$

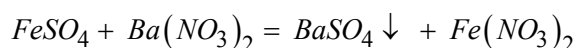


Розчин $FeCl_3$ має характерне забарвлення, тому **D** – $FeCl_3$.



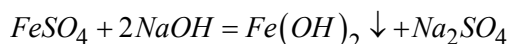
Реакція роданід іонів з іонами Fe^{3+} є якісною реакцією та дуже чутливою. Розчин $Fe(SCN)_3$ (або $K_3[Fe(SCN)_6]$) має характерне забарвлення, тому **E** – $Fe(SCN)_3$ (або $K_3[Fe(SCN)_6]$).

2. Встановимо формулу солі **A**: катіон – Fe^{2+} , а аніон – SO_4^{2-} , тому що розчин **A** утворює з $Ba(NO_3)_2$ дрібнокристалічний осад, який не розчинний в мінеральних кислотах – $BaSO_4$.

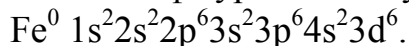


Встановимо формулу кристалогідрату солі **A** ($FeSO_4 \cdot n H_2O$). Масова частка Гідрогену дозволяє розрахувати, що до складу кристалогідрату входить 7 молекул H_2O (кожна молекула води містить по 2 атоми Гідрогену). Речовина **A** – залізний купорос, $FeSO_4 \cdot 7 H_2O$.

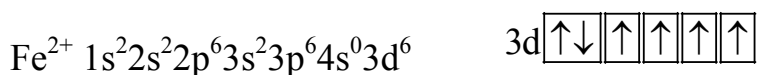
$$\omega(H) = \frac{n \cdot 2 \cdot Ar(H)}{Mr(FeSO_4) + n \cdot Mr(H_2O)} = \frac{2n}{151.9 + 18n} = 0.0504 \Rightarrow n = 7$$



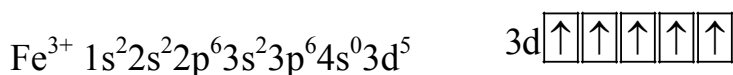
3. $Fe(OH)_2$ не є стійкою речовиною та окиснюється киснем повітря до $Fe(OH)_3$, що підтверджується стійкою електронною конфігурацією іону Fe^{3+} порівняно з нестійкою конфігурацією іону Fe^{2+} :



Під час утворення катіонів електрони покидають зовнішній енергетичний рівень:



$$\text{(для } 3d \text{ підрівня } m_s = 4 \cdot \left(+\frac{1}{2}\right) = 2);$$



$$\text{(для } 3d \text{ підрівня } m_s = 5 \cdot \left(+\frac{1}{2}\right) = 2.5).$$

Електронна конфігурація іону Fe^{3+} більш стійка, ніж іону Fe^{2+} , що підтверджується правилом Гунда: найбільш стійку електронну конфігурацією має той атом, в якому сумарне значення спінового квантового числа електронів даного підрівня максимальне.