

Міністерство освіти і науки України  
Національний університет водного господарства  
та природокористування  
Кафедра хімії та фізики

**05-06-153М**

## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до виконання практичних робіт  
з навчальної дисципліни «Хімія»  
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня  
за освітньо-професійною програмою  
«Будівництво та цивільна інженерія»  
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»  
денної, заочної та дистанційної форм навчання

Рекомендовано  
науково-методичною радою  
з якості ННІБА  
Протокол №3 від 17.12.2024 р.

Рівне – 2024

Методичні вказівки до виконання практичних робіт з навчальної дисципліни «Хімія» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Будівництво та цивільна інженерія» спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» денної, заочної та дистанційної форм навчання [Електронне видання] / Корчик Н. М., Мисіна О. І., Рудик Б. П. – Рівне : НУВГП, 2024. – 32 с.

Укладачі:

Корчик Н. М., к.х.н., доцент кафедри хімії та фізики;  
Мисіна О. І., старший викладач кафедри хімії та фізики;  
Рудик Б. П., к.ф.-м.н., доцент кафедри хімії та фізики.

Відповідальний за випуск:

Мороз М. В., д.х.н., професор, завідувач кафедри хімії та фізики.

Керівник групи забезпечення спеціальності  
192 «Будівництво та цивільна інженерія»

Караван В. В.

Попередня версія МВ: 05-06-115М

© Н. М. Корчик, О. І. Мисіна,  
Б. П. Рудик, 2024  
© НУВГП, 2024

## ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА.....	4
ПРАКТИЧНА РОБОТА 1. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА ЗАКОНИ ХІМІЇ.....	5
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 2. ЕКВІВАЛЕНТ РЕЧОВИНИ. ЗАКОН ЕКВІВАЛЕНТІВ.....	10
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 3. БУДОВА АТОМІВ. ПЕРІОДИЧНИЙ ЗАКОН ТА ПЕРІОДИЧНА СИСТЕМА ЕЛЕМЕНТІВ.....	17
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 4. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТА СКЛАД РОЗЧИНІВ.....	21
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 5. ОКИСНО-ВІДНОВНІ РЕАКЦІЇ.....	27
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 6. ГАЛЬВАНІЧНІ ЕЛЕМЕНТИ.....	29

## ПЕРЕДМОВА

Практичні заняття є невід'ємною частиною вивчення студентами курсу хімії. В процесі виконання практичних робіт виробляються навички виконання відповідних розрахунків, розв'язку практичних задач пов'язаних з майбутньою спеціальністю.

Методичні вказівки до виконання практичних робіт з навчальної дисципліни „Хімія” за освітньо-професійною програмою спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського рівня) охоплюють основні розділи хімії і спрямовані на більш поглиблене засвоєння знань.

До кожного практичного заняття наведені приклади розв'язку типових задач з детальним поясненням і необхідними формулами. Для закріплення матеріалу студентам пропонуються контрольні завдання до виконання. Виконані практичні завдання допоможуть студентам у підготовці до поточного та підсумкового модульних контролів з навчальної дисципліни «Хімія».

# Практична робота 1. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА ЗАКОНИ ХІМІЇ

## Приклад

**Задача 1.** Для речовин, що утворюються при випалюванні (кальцинування) 50 кг чистого вапняку, розрахувати: а) кількість речовини; б) масу; в) об'єм та густину утвореного газу за нормальних умов (н.у.); г) об'єм утвореного газу при нормальному тиску і температурі  $t = 927^\circ \text{C}$ ; д) відносну густину утвореного газу за повітрям; е) масу формульної одиниці вапняку.

## Розв'язання

$$m(\text{CaCO}_3) = 50 \text{ кг};$$

$$\text{а) } n(\text{CaO})? \quad n(\text{CO}_2)?$$

$$\text{б) } m(\text{CaO})? \quad m(\text{CO}_2)?$$

$$\text{в) } V_{\text{н}}(\text{CO}_2)? \quad \rho_{\text{н}}(\text{CO}_2)?$$

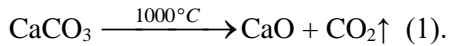
$$\text{г) } V_t(\text{CO}_2)?$$

$$\text{д) } D_{\text{CO}_2/\text{пов}} = D_{\text{пов}}(\text{CO}_2)?$$

$$\text{е) } m_{\text{фо}}(\text{CaCO}_3)?$$

кількість молів  $n$ :

Випалювання вапняку  $\text{CaCO}_3$  описується рівнянням термічного розкладу карбонату кальцію на оксид кальцію та оксид карбону (IV):



а) З рівняння реакції знайдемо

$$n = \frac{m}{M}$$

$$n(\text{CaCO}_3) = n(\text{CaO}) = n(\text{CO}_2) = \frac{m(\text{CaCO}_3)}{M(\text{CaCO}_3)} = n;$$

відносна молярна маса карбонату кальцію

$$M(\text{CaCO}_3) = 40 + 12 + 16 \cdot 3 = 100 \text{ г/моль}.$$

Тоді

$$n = \frac{50 \cdot 10^3 \text{ г}}{100 \text{ г/моль}} = 500 \text{ моль}.$$

б) За рівняння  $m = n \cdot M$  знайдемо маси  $\text{CaO}$  та  $\text{CO}_2$ :

$$m(\text{CaO}) = n \cdot M(\text{CaO}) = 500 \text{ моль} \cdot (40 + 16) \text{ г/моль} = 28 \text{ кг};$$

$$m(\text{CO}_2) = n \cdot M(\text{CO}_2) = 500 \text{ моль} \cdot (12 + 2 \cdot 16) \text{ г/моль} = 22 \text{ кг}.$$

в) Відомо, що за нормальних умов (н.у.) 1 моль газу займає об'єм  $V_M$ . Отже знайдемо об'єм  $\text{CO}_2$  з рівняння

$$V(z) = n(z) \cdot V_M,$$

де  $V_M = 22,4$  л/моль, молярний об'єм газів за н.у., маємо:

$$V(\text{CO}_2) = n \cdot V_M = 500 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 11200 \text{ л} = 11,2 \text{ м}^3.$$

При розрахунку густини газів за н.у. в формулі  $\rho = \frac{m}{V}$

можна взяти молярні масу та об'єм. Тоді

$$\rho_n(\text{CO}_2) = \frac{M(\text{CO}_2)}{V_M} = \frac{44 \text{ г/моль}}{22,4 \text{ л/моль}} = 1,96 \text{ г/л}.$$

г) За законом Гей-Люссака при сталому тиску

$$\frac{V_n(z)}{T_n} = \frac{V_T(z)}{T}, \quad T_n = 273 \text{ K},$$

де  $V_n(z)$  і  $V_T(z)$  – об'єм газу за н.у.

Абсолютна температура  $T$  у кельвінах буде:

$$T = t^\circ\text{C} + 273.$$

Звідси

$$V_T(\text{CO}_2) = \frac{V_n(\text{CO}_2) \cdot T}{T_n} = \frac{11,2 \text{ м}^3 \cdot (927 + 273) \text{ K}}{273 \text{ K}} = 49,23 \text{ м}^3.$$

д) З закону Авогадро випливає, що відносна густина одного газу за іншим дорівнює відношенню їх молярних мас. Середня молярна маса атмосферного повітря становить  $M_{(\text{пов})} = 29$  г/моль.

Звідси

$$D_{\text{CO}_2/\text{пов}} = \frac{M(\text{CO}_2)}{M(\text{пов})} = \frac{44 \text{ г/моль}}{29 \text{ г/моль}} = 1,52.$$

е) З формули знайдемо масу формульної одиниці

$$M(\text{реч}) = m(\text{ФО}) \cdot N_A$$

маємо:

$$m_{\text{фо}}(\text{CaCO}_3) = \frac{M(\text{CaCO}_3)}{N_A} = \frac{100 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1}}{6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}} = 1,66 \cdot 10^{-22} \text{ г}.$$

Відповіді: а)  $n(\text{CaO}) = n(\text{CO}_2) = 500$  моль;

б)  $t(\text{CaO}) = 28$  кг;  $t(\text{CO}_2) = 22$  кг;

в)  $V_n(\text{CO}_2) = 11,2$  м<sup>3</sup>;  $\rho_n(\text{CO}_2) = 1,96$  г/л;

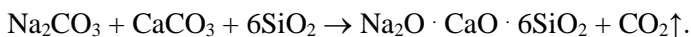
$$\text{г) } V_{\text{T}}(\text{CO}_2) = 49,23 \text{ м}^3;$$

$$\text{д) } D_{\text{CO}_2/\text{нов}} = 1,52.$$

$$\text{е) } m_{\text{FO}}(\text{CaCO}_3) = 1,66 \cdot 10^{-22} \text{ г.}$$

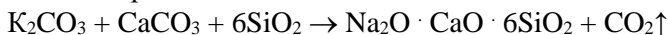
## КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

1. Звичайне (віконне) скло виробляють сплавленням суміші крейди (або вапняку) з содою та піском при  $t \approx 1500^\circ\text{C}$  за рівнянням:



Розрахувати *кількості речовини* та *маси* вихідних речовин, необхідні для виготовлення 95,6 кг скла, а також *кількість речовини*, *масу* та *об'єм* вуглекислого газу, що при цьому виділиться (за умов реакції та за нормальних умов).

2. В процесі виготовлення *спеціального тугоплавкого* скла сплавленням суміші крейди (або вапняку) з поташем та піском при  $\approx 1500^\circ\text{C}$  за рівнянням



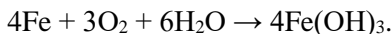
виділилося 2,64 кг вуглекислого газу. Визначити: а) *кількість речовини* та *об'єм* утвореного газу за нормальних умов та за умов реакції; б) *кількості речовини* та *маси* одержаного скла та вихідних речовин; в) *масову частку* Силіцію в склі; г) *масу* (в г) одної формульної одиниці поташу.

3. При кип'ятінні природної води, в якій розчинений кальцій гідрогенкарбонат, останній розкладається за рівнянням:



Визначити: а) *масу* накипу та *об'єм* утвореного газу (зведений до нормальних умов), якщо в воді було розчинено 1,5 моль кальцій гідрогенкарбонату; б) *масову частку* Кальцію в накипі; в) *масу* 20%-ної хлоридної кислоти, необхідну для розчинення накипу.

4. Процеси, що відбуваються при корозії виробів та конструкцій із чорних металів у вологому повітрі, описуються сумарним рівнянням:



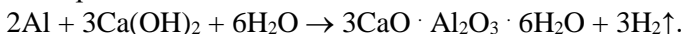
Після тривалого зберігання шматка листового заліза на вологому повітрі його *маса* зросла на 2,55 г. Розрахувати: а) *кількість речовини та масу* іржі, що утворилася; б) *кількість речовини та масу* окисненого заліза; в) *кількість речовини, масу та об'єм* кисню (за н.у.), що прореагував.

5. Будівельний гіпс (алебастр) виробляють випалюванням природного гіпсу при 160-170<sup>0</sup>С за рівнянням:



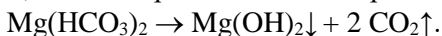
Розрахувати: а) *кількість речовини та масу* алебастру, який можна одержати із 25,8 кг природного гіпсу? б) *кількість речовини, масу та об'єм* (за умов реакції та за нормальних умов) води, що виділяється при цьому; в) *масову частку* води в природному гіпсі та в алебастрі; г) *масу* одної формульної одиниці алебастру (в г).

6. При виробництві *газобетонів* до вапняно-цементних будівельних розчинів додають алюмінієвий порошок, який реагує з вапном за рівнянням:



Водень, що при цьому виділяється, є причиною утворення пор і порожнин в процесі тужавіння таких будівельних розчинів, тобто утворення *газобетону*. Розрахувати: а) *кількість речовини, масу та об'єм* (за нормальних умов) водню, який виділиться при розчиненні 1,89 кг алюмінієвого порошку; б) *кількість речовини та масу* кальцій гідроксиду, який прореагував; в) *кількість речовини та масу* солі, яка при цьому утворилася; г) *масу* одної формульної одиниці утвореної солі (в г).

7. При кип'ятінні природної води, в якій розчинений магній гідрокарбонат, останній розкладається за рівнянням:

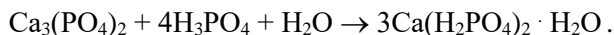


Визначити: а) *кількість речовини та масу* розчиненої в воді солі, якщо утворилося 145 г накипу; б) *кількість речовини та об'єм* утвореного газу (зведений до нормальних умов); в) *масову частку* Магнію в накипі; г) *масу* 30%-ної хлоридної кислоти, необхідну для розчинення накипу.

8. Для добування концентрованого фосфорного добрива – *подвійного суперфосфату*  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  природні фосфати (фосфорит, апатит, кісткове борошно) обробляють

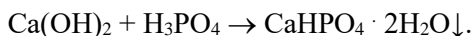


концентрованою ортофосфатною кислотою відповідно до рівняння:



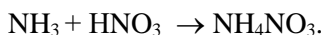
Розрахувати: а) *кількість речовини та масу* 70%-ної ортофосфатної кислоти, необхідної для перетворення в подвійний суперфосфат 13,5 кг фосфориту; б) *кількість речовини та масу* утвореного подвійного суперфосфату; в) *масову частку* Фосфору та *кристалізаційної* води в одержаному добриві; г) *масу* однієї формульної одиниці фосфориту (в г).

9. Малорозчинне в воді, але ефективне на *кислих* ґрунтах фосфорне добриво – *преципітат*  $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  – добувають частковою нейтралізацією ортофосфатної кислоти гашеним вапном за рівнянням:



Розрахувати: а) *кількість речовини та масу* 70%-ної ортофосфатної кислоти, необхідної для реакції з 37 кг гашеного вапна; б) *кількість речовини та масу* одержаного *преципітату*; в) *масову частку* Фосфору в *преципітаті* та в безводній солі кальцій дигідрогенфосфаті; г) *масу* однієї формульної одиниці *преципітату* (в г).

10. Найпоширеніше азотне добриво – *амоніачну селітру*  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  – одержують пропусканням газу амоніаку в 45-58%-ний розчин нітратної кислоти, при цьому кислота нейтралізується за рівнянням:



Розрахувати: а) *кількість речовини*  $\text{HNO}_3$  та *масу* 50%-ної нітратної кислоти, необхідної для одержання 24 кг *амоніачної селітри*; б) *об'єм* амоніаку (зведений до нормальних умов), необхідний для цього; в) *масову частку* Нітрогену в *амоніачній селітрі*; г) *масу* однієї формульної одиниці  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ .

## Практичне заняття 2. ЕКВІВАЛЕНТ РЕЧОВИНИ. ЗАКОН ЕКВІВАЛЕНТІВ

### Приклади

**Задача 1.** Визначити еквівалент, молярну масу еквівалентів та молярний об'єм еквівалентів азоту в реакції синтезу амоніаку з простих речовин:

$$E(N_2) - ?;$$

$$M_E(N_2) - ?;$$

$$\frac{V_E(N_2) - ?;}{M_e - ?}$$

### Роз'язання

За визначенням *еквівалентом речовини називається частина формульної одиниці цієї речовини, яка в даній реакції еквівалентна (рівноцінна) одному атомові Гідрогену або (в окисно-відновній реакції) одному електрону*, тобто

$$E(\text{реч}) = \frac{1}{z} \Phi O(\text{реч}), \quad (2.1)$$

де  $z$  – *еквівалентне число*.

З формули  $NH_3$  видно, що з одним атомом Нітрогену сполучається 3 атоми Гідрогену, отже, в реакції утворення амоніаку одному атомові Гідрогену еквівалентна *третина* атома Нітрогену, тобто в цій реакції  $E(N_2) = \frac{1}{3}N$ . В загальному випадку при визначенні  $E$  простої речовини за формулою (2.1) за  $\Phi O$  беруть **атом** відповідного елемента, а  $z$  дорівнює його валентності в даній реакції.

Молярна маса еквівалентів *складної* речовини є часткою від ділення молярної маси цієї речовини на еквівалентне число, а для **простих (елементарних)** речовин ця величина є часткою молярної маси відповідного хімічного **елемента**. Звідси

$$M_E(N_2) = \frac{1}{z} M(N) = \frac{1}{3} \cdot 14 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 4,67 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

(або точніше  $\frac{\text{г}}{\text{мольекв}}$ ).

Молярний об'єм еквівалентів **простого** газу можна визначити за формулами

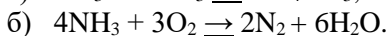
$$V_E(z) = V_M \frac{M_E(z)}{M(z)} \quad \text{або} \quad V_E(z) = \frac{V_M}{z \cdot x},$$

де  $V_M = 22,4$  л/моль – молярний об'єм газів за нормальних умов;  $x$  – число атомів в молекулі *простого* газу. Отже, для азоту

$$V_E(N_2) = V_M \frac{M_E(N)}{M(N_2)} = 22,4 \cdot \frac{4,67}{14 \cdot 2} = 3,74 \text{ (л/мольекв)},$$

або 
$$V_E(z) = \frac{22,4}{3 \cdot 2} = 3,74 \text{ (л/мольекв)}.$$

**Задача 2.** Визначити еквівалент, молярну масу еквівалентів та молярний об'єм еквівалентів амоніаку в реакціях синтезу амоніачної селітри (а) та горіння (б):



#### Розв'язання

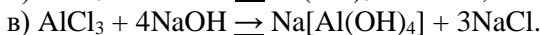
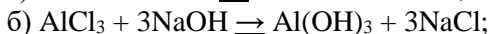
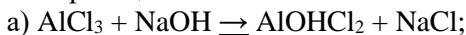
В реакції (а) одна молекула  $\text{NH}_3$  *нейтралізує* 1 еквівалент кислоти, тобто  $z(\text{NH}_3) = 1$ , і  $E(\text{NH}_3) = \text{NH}_3$ , звідки:  $M_E(\text{NH}_3) = M(\text{NH}_3) = 14 + 3 \cdot 1 = 17$   $V_E(\text{NH}_3) = V_M = 22,4$  л/моль-екв.

Реакція (б) – *окисно-відновна*, в ній кожний атом Нітрогену втрачає три електрони за рівнянням:  $2\text{N}^{-3} - 2 \cdot 3\bar{e} \rightleftharpoons \text{N}_2$ . Отже, кожна молекула  $\text{NH}_3$  в цій реакції еквівалентна трьом електронам, звідки:

$$E(\text{NH}_3) = \frac{1}{3} \text{NH}_3; M_E(\text{NH}_3) = \frac{1}{3} \text{NH}_3 = 17/3 = 5,67 \text{ (г/моль-екв)};$$

$$V_E(N_2) = V_M \frac{M_E(\text{NH}_3)}{M(\text{NH}_3)} = 22,4 \cdot \frac{5,67}{17} = 7,47 \text{ (л/моль-екв)}.$$

**Задача 3.** Визначити еквіваленти алюміній хлориду в наступних реакціях:



В реакції (а) одна формульна одиниця (ФО) солі реагує з одним еквівалентом лугу, тобто в цій реакції

$$z_a(\text{AlCl}_3) = 1, \text{ і } E_a(\text{AlCl}_3) = \text{AlCl}_3.$$

Відповідно:

$$z_6(\text{AlCl}_3) = 3 \rightarrow E_6(\text{AlCl}_3) = \frac{1}{3}\text{AlCl}_3;$$

$$z_6(\text{AlCl}_3) = 4 \rightarrow E_6(\text{AlCl}_3) = \frac{1}{4}\text{AlCl}_3.$$

**Задача 4.** При розчиненні 0,45 г 3-валентного металу в хлоридній кислоті виділилось 560 мл водню, виміряного за нормальних умов. Визначити *молярні маси еквівалентів металу* та утвореної *солі*, а також встановити, який це був метал.

$$m(\text{Me}) = 0,45 \text{ г};$$

$$V_n(\text{H}_2) = 560 \text{ мл};$$

$$z(\text{Me}) = 3$$

---


$$M_E(\text{Me}) - ?;$$

$$M_E(\text{солі}) - ?$$

$$\text{Me} - ?$$

### Розв'язання

За **законом еквівалентів** в хімічних реакціях речовини реагують і утворюються в *еквівалентних* кількостях, тобто для даної реакції  $n_E(\text{Me}) = n_E(\text{H}_2)$  або  $\frac{m(\text{Me})}{M_E(\text{Me})} = \frac{V_n(\text{H}_2)}{V_E(\text{H}_2)}$ .

Звідси

$$M_E(\text{Me}) = \frac{m(\text{Me}) \cdot V_E(\text{H}_2)}{V_n(\text{H}_2)} = \frac{0,45 \text{ г} \cdot 11,2 \text{ л/моль-екв}}{0,56 \text{ л}} = 9,0 \text{ г/моль-екв.}$$

З закону еквівалентів також впливає, що в реакціях *обміну*  $M_E(\text{солі}) = M_E(\text{катиона}) + M_E(\text{аніона})$ .

Для даної реакції:

$$M_E(\text{MeCl}_3) = M_E(\text{Me}^{3+}) + M_E(\text{Cl}^-) = 9 + 35,5 = 44,5 \text{ (г/моль-екв)}.$$

За визначенням  $M_E(\text{Me}) = \frac{1}{z}M(\text{Me})$ , звідки

$$M(\text{Me}) = z(\text{Me}) \cdot M_E(\text{Me}) = 3 \cdot 9 = 27 \text{ г/моль.}$$

Молярна маса елемента *чисельно* збігається з його молярною масою, звідки  $A_r(\text{Me}) = 27$  а.о.м. Таку атомну масу має *Алюміній*.

**Задача 5.** При розчиненні в хлоридній кислоті 2,6 г цинку і 0,48 г іншого 2-валентного металу виділяється однаковий об'єм водню. Встановити, що це за метал.

$$m(\text{Me}) = 0,48\text{г};$$

$$m(\text{Zn}) = 2,6\text{г};$$

$$\underline{V_{\text{Me}}(\text{H}_2) = V_{\text{Zn}}(\text{H}_2)};$$

$$\text{Me} - ?$$

### Розв'язання

За законом еквівалентів:

$$n_E(\text{Me}) = n_E(\text{Zn}) = n_E(\text{H}_2),$$

звідки

$$\frac{m(\text{Me})}{M_E(\text{Me})} = \frac{m(\text{Zn})}{M_E(\text{Zn})}.$$

Тоді

$$M_E(\text{Me}) = \frac{m(\text{Me}) \cdot M_E(\text{Zn})}{m(\text{Zn})} = \frac{0,48 \cdot 65,4 / 2}{1,3} = 12,1, \text{ г/ммоль-екв.}$$

Тоді

$$M(\text{Me}) = z(\text{Me}) \cdot M_E(\text{Me}) = 2 \cdot 12,1 = 24,2 \text{ (г/моль)}.$$

Молярна маса елемента чисельно збігається з його молярною масою, звідки  $A_r(\text{Me}) = 24,2$  а.о.м. До розрахованого значення близька атомна маса Магнію.

**Задача 6.** Масова частка металу в його гідроксиді становить 57,5%. Визначити молярну масу еквівалентів металу та його оксиду.

$$\omega(\text{Me}) = 57,5\% \text{ в } \text{Me}(\text{OH})_z$$

$$M_E(\text{Me}) - ?$$

$$M_E(\text{окс}) - ?$$

### Розв'язання

Нехай маса гідроксиду металу  $m(\text{Me}(\text{OH})_z) = 100$  г. Тоді за умовою

$$m(\text{Me}) = \frac{\omega(\text{Me}) \cdot m(\text{Me}(\text{OH})_z)}{100\%} = \frac{57,5\% \cdot 100\text{г}}{100\%} = 57,5 \text{ г.}$$

Маса ОН-груп становитиме:

$$m(\text{OH}) = m(\text{Me}(\text{OH})_z) - m(\text{Me}) = 100 \text{ г} - 57,5 \text{ г} = 42,5 \text{ г.}$$

За **законом еквівалентів**  $\frac{m(\text{Me})}{M_E(\text{Me})} = \frac{m(\text{OH})}{M_E(\text{OH})}$ ,

звідки

$$M_E(\text{Me}) = \frac{m(\text{Me}) \cdot M_E(\text{OH})}{m(\text{OH})} = \frac{57,5 \cdot 17}{42,5} = 23 \text{ г/моль-екв.}$$

$$M_E(\text{окс}) = M_E(\text{Me}) + M_E(\text{O}) = 23 + 8 = 3 \text{ г/моль-екв.}$$

**Задача 7.** 3,31 г нітрату металу утворюється 2,78 г його хлориду. Визначити молярну масу еквівалентів цього металу.

### Розв'язання

$$m(\text{Me}(\text{NO}_3)_y) = 3,31 \text{ г;}$$

$$m(\text{MeCl}_y) = 2,78 \text{ г;}$$

---


$$M_E(\text{Me}) \text{ -?}$$

За **законом еквівалентів:**

$$\frac{m(\text{Me})}{M_E(\text{Me})} = \frac{m(\text{Cl})}{M_E(\text{Cl})} = \frac{m(\text{NO}_3)}{M_E(\text{NO}_3)}. \quad (1)$$

Нехай

$$m(\text{Me}) = x,$$

тоді

$$m(\text{Cl}) = m(\text{MeCl}_y) - m(\text{Me}) = (2,78 - x) \text{ г;}$$

$$m(\text{NO}_3) = (3,31 - x) \text{ г.}$$

Підставивши в *праву* частину рівняння (1) ці значення та

$$M_E(\text{Cl}) = 35,5 \text{ г/моль-екв}$$

і

$$M_E(\text{NO}_3) = M(\text{NO}_3^-) = 14 + 16 \cdot 3 = 62 \text{ (г/моль-екв),}$$

одержимо:

$$\frac{2,78 - x}{35,5} = \frac{3,31 - x}{62}.$$

Звідси

$$x = m(\text{Me}) = 2,07 \text{ г};$$

$$m(\text{Cl}) = (2,78 - 2,07) \text{ г} = 0,71 \text{ г};$$

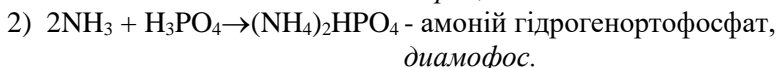
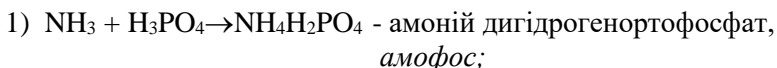
$$m(\text{NO}_3) = (3,31 - 2,07) \text{ г} = 1,24 \text{ г}.$$

З лівої частини рівняння (1) знаходимо:

$$M_E(\text{Me}) = \frac{m(\text{Me}) \cdot M_E(\text{Cl})}{m(\text{Cl})} = \frac{2,07 \cdot 35,5}{0,71} = 103,5 \text{ г/моль-екв.}$$

### КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

1. Виробництво мінеральних добрив *амофосу* та *діамофосу* нейтралізацією ортофосфатної кислоти амоніаком описується рівняннями:



Визначити еквіваленти та молярні маси еквівалентів ортофосфатної кислоти в реакціях 1) і 2).

2. При спалюванні 16,74 г двовалентного металу утворилося 21,54 г оксиду. Знайти *молярну масу еквівалентів* металу, його оксиду та *відносну атомну масу металу*.

3. *Масова частка* Оксигену в оксиді металу становить 30,0%. Визначити *молярну масу еквівалентів* металу та його оксиду.

4. На спалювання 4,0 г простої речовини затрачено 2,8 л кисню (об'єм кисню зведено до нормальних умов). Знайти *молярну масу еквівалентів* простої речовини та утвореного оксиду.

5. Визначити об'єм кисню (за н.у.), необхідний для спалювання 6,73 г металу, молярна маса еквівалентів якого становить 12,15 г/моль-екв.

6. При розчиненні 3,4 г оксиду металу в хлоридній кислоті утворюється 8,9 г його хлориду. Визначити молярну масу еквівалентів металу.

7. *Масова частка* Хлору в хлориді двовалентного металу становить 52,05%. Визначити *молярну масу еквівалентів* металу та його хлориду, *молярну та відносну атомну масу* металу, назвати метал.

8. На відновлення 0,9 г оксиду металу затрачено 280 мл водню (об'єм водню зведено до нормальних умов). Визначити *молярні маси еквівалентів* оксиду та металу.

9. *Масова частка* металу в його *гідроксиді* становить 57,5%. Визначити *молярні маси еквівалентів* металу та його оксиду.

10. При спалюванні 4,86 г двовалентного металу утворилося 8,06 г оксиду. Знайти *молярну масу еквівалентів* та *відносну атомну масу металу*. Яка *кількість* сульфатної кислоти (  $n(H_2SO_4)$  ) необхідна для його розчинення?



### Практичне заняття 3. БУДОВА АТОМІВ. ПЕРІОДИЧНИЙ ЗАКОН ТА ПЕРІОДИЧНА СИСТЕМА ЕЛЕМЕНТІВ

#### Приклад

Написати електронні формули елементів з атомними числами  $Z_1 = 24$  та  $Z_2 = 34$ , підкреслити **валентні** електрони. Вказати *період, групу, підгрупу та електронну родину*, до яких належить кожен з них. Навести число протонів та числа нейтронів в ядрах ізотопів цих елементів з масовими числами, що дорівнюють закругленим значенням їх відносних атомних мас. Показати **графічно** розподіл **валентних** електронів по *атомних орбіталях* (АО) в атомах елементів, що належать до **головної** підгрупи, пояснити, чому *обидва* елементи належать до *одної* групи. На підставі електронної будови атомів та їх положення в Періодичній системі елементів (ПСЕ) дати коротку (без довідкових даних про значення їх фізико-хімічних констант) порівняльну характеристику властивостей цих елементів та утворених ними *простих (елементарних)* речовин, а також їх *бінарних* сполук з Оксигеном та Гідрогеном. Відповіді обґрунтувати.

#### Відповідь

Атомне число елемента  $Z$  дорівнює *числу протонів* в ядрі його атома, *заряду ядра* в е.о.з., *числу електронів* в його нейтральному атомі та *порядковому номеру* елемента в ПСЕ. Закруглені до цілих чисел значення відносних атомних мас Хрому та Селену становлять:  $A_r(Cr) = 52$  а.о.м. і  $A_r(Se) = 79$  а.о.м.

Такі масові числа мають ізотопи  ${}^{52}_{24}Cr$  та  ${}^{79}_{34}Se$ .

Число нейтронів в ядрі атома

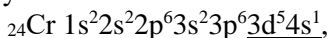
$$N = A - Z,$$

де  $A$  – масове число. Звідси:

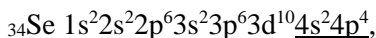
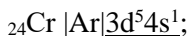
$$N_1 = A_1 - Z_1 = 52 - 24 = 26;$$

$$N_2 = A_2 - Z_2 = 79 - 34 = 45.$$

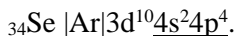
Згідно відомих правил (*принцип мінімальної енергії, принцип Паулі, правилаМаделунга*) електронні формули елементів Хрому та Селену записуються так:



або скорочено



або скорочено



В атомах обох елементів: а) є валентні електрони на 4-му енергетичному рівні, тому вони належать до 4-го періоду; б) є по 6 *валентних* електронів, тому вони належать до шостої групи. В атомі Хрому останній електрон поступає на *d*-підрівень, тому він належить до родини *d*-елементів, а, отже, до побічної (VIB) підгрупи, тоді як в атомі Селену – на *p*-підрівень, і тому Селен належить до *p*-елементів і головної (VIA) підгрупи. *Обидва* елементи належать до *одної* групи, тому що в їх атомах *однакове* число *валентних* електронів. Розподіл останніх по *атомних орбіталях* (АО) підкоряється *правилу Гунда*. Для атомів Селену він описується *енергетичною діаграмою, показаною* на рис. 3.1.

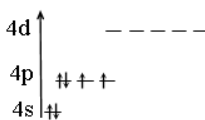
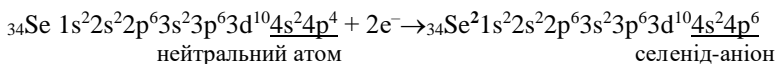


Рис. 3.1.

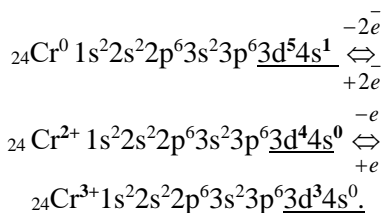
Атоми елементів VIA-підгрупи (підгрупи Оксигену), маючи на зовнішньому енергетичному рівні 6 електронів ( $ns^2 np^4$ ), легко приєднують два електрони (проявляють ступінь окиснення  $-2$ ), набуваючи при цьому стабільну електронну оболонку найближчого інертного газу ( $ns^2 np^6$ ):



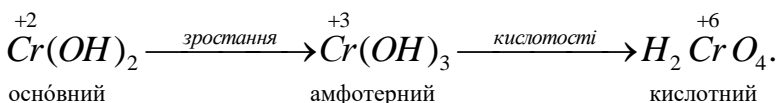
Тому утворені ними прості речовини є *неметалами* (окисниками), в хімічних сполуках їх атоми проявляють ступінь окиснення  $-2$ . З ростом  $n$  поступово проявляються їх металічні властивості, тому в елементарному стані Селен існує як в неметалічній, так і в металічній модифікаціях, хоча за хімічними властивостями Селен ближчий до неметалів.

Сполуки Селену за властивостями дуже подібні до аналогічних сполук Сульфуру. Як і  $H_2S$ , *гідроген селенід*  $H_2Se$  – отруйний газ з непріємним запахом, сильний відновник. Водний розчин  $H_2Se^{-2}$  – кислота, сильніша від сульфідної (сірководневої) кислоти. При спалюванні селену утворюється кристалічний *селен(IV) оксид*  $Se^{+4}O_2$  – *ангідрид*, при прямій гідратації якого утворюється *селенітна (селениста) кислота*  $H_2SeO_3$ . Остання під дією сильних окисників перетворюється в сильну *селенатну (селенову) кислоту*  $H_2Se^{+6}O_4$ .

В атомах Хрому на зовнішньому енергетичному рівні є лише один  $s$ -електрон, тому елементарний хром – типовий метал, газоподібних *гідридів* не утворює. Найстійкіший ступінь окиснення Хрому –  $+3$ . Відновленням сполук  $Cr^{3+}$  воднем або дією на металічний хром газоподібних гідроген галогенідів (напр.,  $HCl(g)$ ) одержують сполуки  $Cr^{2+}$ . Зміни в електронній оболонці атомів Хрому, які при цьому відбуваються, можна описати схемами:



Під дією сильних окисників в утворенні хімічних зв'язків беруть участь всі електрони *незавершеного 3d-підрівня*, за рахунок яких його атоми проявляють ступінь окиснення  $+6$ . Характер оксидів та гідроксидів Хрому залежить від ступеня його окиснення:



## КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

Дати відповіді на питання, поставлені в прикладі, взявши значення атомних чисел  $Z_1$  і  $Z_2$  з таблиці 3.1 відповідно до вашого варіанта.

Таблиця 3.1

Z	Варіант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$Z_1$	11	12	13	14	17	23	6	7	8	9
$Z_2$	29	30	21	22	25	33	32	15	16	35

## Практичне заняття 4. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТА СКЛАД РОЗЧИНІВ

### Приклади

**Задача 1.** Розчинність КОН в воді при 20<sup>0</sup>С становить 95,3 г/100 г. Визначити: а) масову частку; б) молярну частку; в) моляльність лугу в насиченому розчині.

### Розв'язання

$$k_s(\text{KOH}) = 95,3 \text{ г/100 г}$$

$$c_{\%}(\text{KOH}) - ? \quad x(\text{KOH}) - ?$$

$$c_m(\text{KOH}) - ?$$

а) За умовою задачі:  $m(\text{KOH}) = 95,3 \text{ г}$ ;  $m(\text{H}_2\text{O}) = 100 \text{ г}$ ;  
Маса розчину  $m = m(\text{KOH}) + m(\text{H}_2\text{O}) = 195,3 \text{ г}$ .

$$\text{Тоді } c_{\%}(\text{KOH}) = \frac{m(\text{KOH})}{m} \cdot 100\% = \frac{95,3 \text{ г}}{195,3 \text{ г}} \cdot 100\% = 48,8\%.$$

б) За визначенням молярна частка речовини в системі

$$x(\text{реч}) = \frac{n(\text{реч})}{\sum n_i},$$

де  $\sum n_i$  – сума кількостей речовини всіх компонентів системи.

$$M_r(\text{KOH}) = 39 + 16 + 1 = 56 \text{ (а.о.м.)} \rightarrow M(\text{KOH}) = 56 \text{ г/моль};$$

$$M(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ г/моль}.$$

$$n(\text{KOH}) = \frac{m(\text{KOH})}{M(\text{KOH})} = \frac{95,3 \text{ г}}{56 \text{ г/моль}} = 1,7 \text{ моль};$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{H}_2\text{O})} = \frac{100 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} = 5,56 \text{ моль}.$$

Тоді

$$x(\text{KOH}) = \frac{n(\text{KOH})}{n(\text{KOH}) + n(\text{H}_2\text{O})} = \frac{1,7 \text{ моль}}{(1,7 + 5,56) \text{ моль}} = 0,234;$$

$$x(\text{H}_2\text{O}) = 1 - 0,234 = 0,766.$$

$$\text{в) За визначенням моляльність } c_m(\text{реч}) = \frac{m(\text{реч}) \cdot 1000}{M(\text{реч}) \cdot m_s},$$

де  $m_s$  – маса розчинника.

За умовою задачі:

$$c_m(KOH) = \frac{95,3 \cdot 1000}{(39 + 16 + 1) \cdot 100} = 17,02 \approx 17 \text{ моль/кг.}$$

**Відповідь:** а)  $c\%(KOH) = 48,8\%$ ; б)  $x(KOH) = 0,234$ ;  
в)  $c_m(KOH) = 17 \text{ моль/кг.}$

**Задача 2.** Визначити масу та кількість речовини *алюміній сульфату*, що міститься в 200 мл його 0,5-молярного розчину. Яка нормальність цього розчину?

### Розв'язання

$$V = 200 \text{ мл;}$$

$$c(Al_2(SO_4)_3) = 0,5M$$

---

$$n(Al_2(SO_4)_3) - ?; \quad m(Al_2(SO_4)_3) - ? \quad c_E(Al_2(SO_4)_3) - ?$$

За визначенням

$$c(\text{реч}) = \frac{n(\text{реч})}{V} \Rightarrow n(\text{реч}) = c(\text{реч}) \cdot V.$$

$$n(Al_2(SO_4)_3) = c(Al_2(SO_4)_3)$$

$$V = 0,5 \text{ моль/л} \cdot 0,2 \text{ л} = 0,1 \text{ моль.}$$

$$M_r(Al_2(SO_4)_3) = 2 \cdot 27 + 3(32 + 16 \cdot 4) = 342 \text{ (а.о.м.)},$$

Звідки

$$M(Al_2(SO_4)_3) = 342 \text{ г/моль.}$$

$$\text{з } n(\text{реч}) = \frac{m(\text{реч})}{M(\text{реч})} \text{ знайдемо}$$

$$m(\text{реч}) = n(\text{реч}) \cdot M(\text{реч}) = 0,1 \text{ моль} \cdot 342 \text{ г/моль} = 34,2 \text{ г.}$$

Нормальність речовини в розчині зв'язана з її молярністю рівнянням

$$c_E(\text{реч}) = z \cdot c(\text{реч}),$$

де  $z$  – еквівалентне число розчиненої речовини.

$$z(Al_2(SO_4)_3) = 2 \cdot 3 = 6,$$

і

$$c_E(Al_2(SO_4)_3) = 6 \cdot 0,5 = 3 \text{ (моль} \cdot \text{екв/л)} = 3N.$$

**Відповідь:**  $n(Al_2(SO_4)_3) = 0,1 \text{ моль; } m(Al_2(SO_4)_3) = 34,2 \text{ г;}$

$$c_E(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = 3\text{н.}$$

**Задача 3.** Визначити об'єм *міліномального* розчину лугу, необхідний для нейтралізації 20 мл 0,05-молярної сульфатної кислоти.

### Розв'язання

$$V(\kappa) = 20 \text{ мл};$$

$$c_n(\text{л}) = c_E(\text{л}) = 0,001\text{н};$$

$$c(\kappa) = 0,05 \text{ моль/л } \text{H}_2\text{SO}_4$$

---

$$V(\text{л}) - ?$$

За законом еквівалентів для розчинів  $n_E(\kappa) = n_E(\text{л})$  або

$$V(\kappa) \cdot c_E(\kappa) = V(\text{л}) \cdot c_E(\text{л}),$$

Звідки

$$V(\text{л}) = \frac{V(\kappa) \cdot c_E(\kappa)}{c_E(\text{л})}.$$

З  $c_E(\text{реч}) = z \cdot c(\text{реч})$  знаходимо:

$$c_E(\kappa) = z \cdot c(\kappa).$$

Тоді

$$V(\text{л}) = \frac{V(\kappa) \cdot z(\kappa) \cdot c(\kappa)}{c_E(\text{л})} = \frac{20\text{мл} \cdot 2 \cdot 0,05 \text{ моль/л}}{0,001 \text{ моль/л}} = 2000 \text{ мл.}$$

**Відповідь:**  $V(\text{лугу}) = 2 \text{ л.}$

**Задача 4.** Визначити об'єм *тридецимолярної* сульфатної кислоти, необхідний для повного розчинення 3,21 г *ферум(III) гідроксиду*.

### Розв'язання

$$c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,3\text{М} = 0,3 \text{ моль/л};$$

$$m(\text{Fe}(\text{OH})_3) = 5,35 \text{ г};$$

---

$$V(\kappa) - ?$$

За законом еквівалентів  $n_E(\text{H}_2\text{SO}_4) = n_E(\text{Fe}(\text{OH})_3)$ .

З рівнянь  $c_E(\kappa) = \frac{n_E(\kappa)}{V(\kappa)}$  та  $c_E(\kappa) = z \cdot c(\kappa)$  маємо:

$$n_E(H_2SO_4) = n_E(\kappa) = V(\kappa) \cdot z \cdot c(\kappa) = V(\kappa) \cdot 2 \cdot c(\kappa).$$

З рівнянь  $n_E(Fe(OH)_3) = \frac{m(Fe(OH)_3)}{M_E(Fe(OH)_3)}$  та

$$M_E(Fe(OH)_3) = \frac{1}{3} M(Fe(OH)_3) \text{ маємо:}$$

$$n_E(Fe(OH)_3) = \frac{3 \cdot m(Fe(OH)_3)}{M(Fe(OH)_3)}.$$

Підставивши отримані значення  $n_E$  обох речовин в рівняння, що виражає закон еквівалентів, одержимо:

$$V(\kappa) \cdot 2 \cdot c(\kappa) = \frac{3 \cdot m(Fe(OH)_3)}{M(Fe(OH)_3)}, \text{ звідки}$$

$$\begin{aligned} V(\kappa) &= \frac{3m(Fe(OH)_3)}{M(Fe(OH)_3) \cdot 2 \cdot c(\kappa)} = \\ &= \frac{3 \cdot 5,35 \text{ г}}{107 \text{ г/моль} \cdot 2 \cdot 0,3 \text{ моль/л}} = 0,25 \text{ л} = 250 \text{ мл.} \end{aligned}$$

**Відповідь:**  $V(\kappa) = 250$  мл.

**Задача 5.** Визначити молярну концентрацію (*молярність*) та молярну концентрацію еквівалентів (*нормальність*) кальцій хлориду в 20%-му розчині густиною  $1,178 \text{ г/см}^3$ .

### Розв'язання

$$c\%(CaCl_2) = 20\%;$$

$$\rho = 1,178 \text{ г/см}^3$$

$$M(CaCl_2) = 111 \text{ г/моль.}$$

---

$$c(CaCl_2) \text{ -?} \quad c_E(CaCl_2) \text{ -?}$$



Молярність речовини в розчині зв'язана з її масовою часткою співвідношенням:

$$c_M(\text{реч}) = \frac{10\rho \cdot c_{\%}(\text{реч})}{M(\text{реч})}$$

Тоді

$$c_M(\text{CaCl}_2) = \frac{10\rho \cdot c_{\%}(\text{CaCl}_2)}{M(\text{CaCl}_2)} = \frac{10 \cdot 1,178 \cdot 20}{111} = 2,12 \text{ (моль/л)}$$

$$c_E(\text{CaCl}_2) = z \cdot c(\text{CaCl}_2) = 2 \cdot 2,12 = 4,24 \text{ (моль-екв/л)} = 4,24\text{н}$$

**Відповідь:**  $c_M(\text{CaCl}_2) = 2,12$  (моль/л);  $c_E(\text{CaCl}_2) = 4,24\text{н}$ .

## КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

1. Визначити масову частку та молярність розчиненої речовини в вапняній воді при 20°C (розчинність гашеного вапна в воді при 20°C становить 0,148 г/100 г). Який об'єм децимолярної хлоридної кислоти потрібний для нейтралізації 1л вапняної води, густину якої вважати  $\approx 1$  г/мл?

2. Визначити нормальність (молярну концентрацію еквівалентів) розчину лугу, на нейтралізацію 60 мл якого затрачено 10 мл 0,1М ортофосфатної кислоти.

3. Розчинність *барій гідроксиду* в воді при 20°C становить 1,65 г/100 г. Визначити: а) масову частку; б) молярну частку; в) молярність основи в насиченому розчині.

4. Які об'єми 0,5-молярних розчинів *хлоридної та сульфатної кислот* необхідні для розчинення 8,5 г *алюміній оксиду*?

5. Визначити масу осаду, який випаде при додаванні надлишку розчину натрій сульфіді до 50 мл *децимолярного розчину купрум(II) хлориду*.

6. Визначити об'єм *децинормального розчину лугу*, необхідний для перетворення *купрум(II) хлориду*, який міститься в 100 мл його 0,5М розчину, в: а) *купрум(II) гідроксид*; б) *основну сіль*?

7. Визначити масу осаду, який випаде при додаванні надлишку розчину *кальцій хлориду* до 500 мл *сантимолярного* розчину натрій ортофосфату.

8. Визначити *молярність*, молярну концентрацію (*молярність*) та молярну концентрацію еквівалентів (*нормальність*) *алюміній хлориду* в 16%-му розчині густиною 1,149 г/см<sup>3</sup>.

9. Визначити масу *осаду*, який утвориться при додаванні розчину *натрій сульфату* до 200 мл 0,5-молярного розчину барій хлориду.

10. Визначити *молярність* та *нормальність* (молярну концентрацію еквівалентів) розчину, в 200 мл якого міститься 6,6 г ортофосфатної кислоти.

## Практичне заняття 5. ОКИСНО-ВІДНОВНІ РЕАКЦІЇ

### Приклад

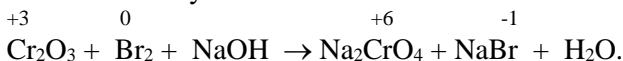
Для окисно-відновної реакції (ОВР), яка описується *схемою*



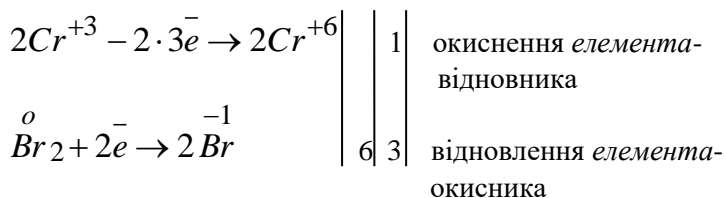
написати *електронні рівняння процесів окиснення та відновлення*, на їх основі визначити та розставити коефіцієнти в *рівнянні* ОВР, вказати еквіваленти *речовини-окисника та речовини-відновника*.

### Відповідь

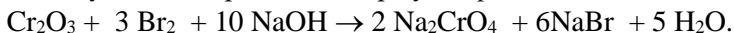
Визначаємо ступені окиснення елементів:



Складаємо *електронні рівняння процесів окиснення та відновлення* і встановлюємо коефіцієнти при окисникові, відновникові та продуктах їх перетворень:



Розставивши знайдені коефіцієнти, *підбираємо* коефіцієнти при інших учасниках реакції і одержуємо *рівняння* ОВР:



*Еквіваленти речовини-окисника або речовини-відновника визначаються за загальною формулою*  $E(\text{реч}) = \frac{1}{z} \Phi O(\text{реч})$ , де  $z$  – еквівалентне число, яке дорівнює числу електронів, приєднаних одною формульною одиницею речовини-окисника або втрачених одною  $\Phi O$  речовини-відновника в **даній** реакції.

Отже,  $E(\text{окисника}) = E(\text{Br}_2) = \frac{1}{2} \text{Br}_2$ ;  $E(\text{відновника}) = \frac{1}{6} \text{Cr}_2\text{O}_3$ .

## КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

Завдання, сформульовані в прикладі, виконати щодо схем окисно-відновних реакцій, взятих з таблиці 5.1 згідно вашого варіанта.

Таблиця 5.1

Варіант	Схема ОБР
1	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{S} + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
2	$\text{PH}_3 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
3	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{HI} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{I}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
4	$\text{Fe}(\text{CrO}_2)_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{O}_2 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Na}_2\text{CrO}_4 + \text{CO}_2$
5	$\text{P} + \text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{NO}$
6	$\text{KCl} + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Cl}_2 + \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
7	$\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{MnSO}_4 + \text{S} + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
8	$\text{CaH}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{H}_2$
9	$\text{Mg} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Mg}(\text{NO}_3)_2 + \text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
10	$\text{NaI} + \text{MnO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{I}_2 + \text{MnSO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$

## Практичне заняття 6. ГАЛЬВАНІЧНІ ЕЛЕМЕНТИ

При виконанні завдання керуватись даними з таблиці 6.1.

Таблиця 6.1

Стандартні електродні потенціали деяких ОВС в  
водних розчинах

Окисно – відновна система (ОВС, електрод) $Ox + z e \rightleftharpoons Red$ <i>Окиснена форма відновлена форма</i>	$\phi^{\circ}(Ox/Red), V$
$Li^+ + e^- \rightleftharpoons Li$	-3,05
$Na^+ + e^- \rightleftharpoons Na$	-2,71
$Mg^{2+} + 2 e^- \rightleftharpoons Mg$	-2,36
$Al^{3+} + 3 e^- \rightleftharpoons Al$	-1,66
$Ti^{2+} + 2 e^- \rightleftharpoons Ti$	-1,63
$Mn^{2+} + 2 e^- \rightleftharpoons Mn$	-1,18
$Cr^{2+} + 2 e^- \rightleftharpoons Cr$	-0,91
$Cr^{3+} + 3 e^- \rightleftharpoons Cr$	-0,74
$Zn^{2+} + 2 e^- \rightleftharpoons Zn$	-0,76
$Fe^{2+} + 2 e^- \rightleftharpoons Fe$	-0,44
$Cd^{2+} + 2 e^- \rightleftharpoons Cd$	-0,40
$Ni^{2+} + 2 e^- \rightleftharpoons Ni$	-0,25
$Sn^{2+} + 2 e^- \rightleftharpoons Sn$	-0,14
$Pb^{2+} + 2 e^- \rightleftharpoons Pb$	-0,13
$2H^+ + 2 e^- \rightleftharpoons H_2$	0
$Cu^{2+} + 2 e^- \rightleftharpoons Cu$	+0,34
$Ag^+ + e^- \rightleftharpoons Ag$	+0,80
$O_2 + 4H^+ + 4 e^- \rightleftharpoons 2H_2O$	+1,23
$Cl_2 + 2 e^- \rightleftharpoons 2Cl^-$	+1,36
$Au^+ + e^- \rightleftharpoons Au$	+1,51
$F_2 + 2 e^- \rightleftharpoons 2F^-$	+2,87

## Приклад

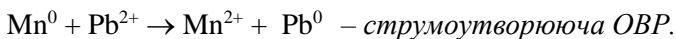
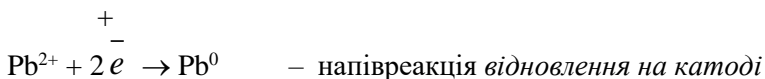
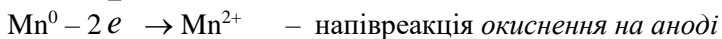
Записати схему гальванічного елемента (ГЕ), що складається з металів  $A = \text{Mn}$  та  $B = \text{Pb}$ , занурених в розчині їх солей. Написати йонно-електронні рівняння напівреакцій, що відбуваються на поверхні кожного з них, та сумарне йонно-молекулярне рівняння струмоутворюючої окисно-відновної реакції (ОВР) в цьому ГЕ. Визначити електрорушійну силу (е.р.с.,  $I$ ) з концентраціями катіонів: а) стандартними, тобто  $c^0(\text{Mn}^{2+}) = c^0(\text{Pb}) = 1 \text{ моль/л} = 1 \text{ М}$ ;  
б)  $c(\text{Mn}^{2+}) = 0,01 \text{ моль/л}$ ;  $c(\text{Pb}) = c^0(\text{Pb}) = 1 \text{ М}$ .

### Відповідь

*Гальванічним елементом (ГЕ) називається система з двох електродів, сполучених провідником та електролітичним ключем, в якій хімічна енергія ОВР перетворюється в електричну. Електрод, в якому відбувається напівреакція окиснення, називається **анодом**, а електрод, в якому відбувається відновлення, називається **катодом**.*

Хімічними символами свинцево-марганцевий ГЕ записується так:  $(-)\text{Mn} \mid \text{Mn}^{2+} \parallel \text{Pb}^{2+} \mid \text{Pb}(+)$ , де вертикальна риска символізує поверхню розділу “метал | електроліт”, а подвійна риска – електролітичний ключ.

В цьому ГЕ  $\varphi^0(\text{Mn}^{2+}/\text{Mn}) < \varphi^0(\text{Pb}^{2+}/\text{Pb})$ , тобто марганець є *анодом*, а свинець – *катодом*. Реакції, що відбуваються, описуються рівняннями:



*Електрорушійна сила ГЕ дорівнює його напрузі при розімкнутому зовнішньому електричному колі і визначається відніманням потенціалу позитивного електрода (катода) від потенціалу негативного (анода):  $E.P.C. = \varphi(\text{катода}) - \varphi(\text{анода})$ .*

а) Різниця *стандартних* електродних потенціалів напівелементів називається *стандартною* напругою  $\xi^0$  *гальванічного елемента*. Для даного ГЕ

$$E.P.C.^0 = \varphi^0(Pb^{2+}/Pb) - \varphi^0(Mn^{2+}/Mn) = -0,13 - (-1,18) = 1,05 \text{ В.}$$

б) За рівнянням Нернста знаходимо потенціал марганцевого електрода:

$$\varphi(Me^{z+}/Me) = \varphi^0(Me^z/Me) + \frac{0,059}{z} \lg c(Me^{2z+})$$

$$\varphi(Mn^{2+}/Mn) = \varphi^0(Mn^{2+}/Mn) + \frac{0,059}{2} \lg c(Mn^{2+}).$$

$$\text{За умовою: } \varphi(Mn^{2+}/Mn) = -1,18 + \frac{0,059}{2} \lg 0,01 = -1,239 \text{ (В).}$$

$$\text{Тоді } E.P.C. = \varphi^0(Pb^{2+}/Pb) - \varphi(Mn^{2+}/Mn) = -0,13 - (-1,239) = 1,109 \approx 1,11 \text{ (В).}$$

## КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

Виконати завдання, сформульовані в прикладі, взявши метали А і В та концентрації їх катіонів із таблиці 6.2 згідно вашого варіанта.

Таблиця 6.2

Умови	Варіанти									
	Mg	Cr	Zn	Al	Mn	Cd	Fe	Cu	Mg	Mn
В	Sn	Ni	Pb	Cd	Ag	Zn	Mn	Cr	Cu	Sn
c(A <sup>z+</sup> ), М	0,1	1	0,01	0,00 1	1	0,01	0,00 1	0,1	1	0,1
c(B <sup>z+</sup> ), М	1	0,01	0,001	1	0,1	1	1	0,1	0,1	1

## ЛІТЕРАТУРА

1. Яцков М. В., Войцешевський Б. Д. Хімія. Частина I. : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2015. 247 с.  
URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/id/eprint/16802>.
2. Яцков М. В., Войцешевський Б. Д. Хімія. Частина II. : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2017. 381 с.  
URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/id/eprint/14834>.
3. Манековська І. Є., Яцков М. В. Хімія, частина I (загальнотеоретична) : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2005. 187 с.
4. Манековська І. Є., Яцков М. В. Хімія, частина II (Хімія елементів) : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2009. 154 с.
5. Боднарюк Ф. М., Буденкова Н. М., Корчик Н. М. Методичні вказівки до виконання контрольної та самостійної роботи з навчальної дисципліни «Хімія» (05-06-30). Рівне : НУВГП, 2014. 47 с. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/id/eprint/2669>.