

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

**05-06-115М**

## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до виконання практичних робіт з навчальної дисципліни  
«Хімія» для здобувачів вищої освіти першого  
(бакалаврського) рівня за освітньо-професійною  
програмою «Охорона праці» спеціальності 263 «Цивільна  
безпека» денної, заочної та дистанційної форм навчання

Рекомендовано  
науково-методичною радою  
з якості ННІБА  
Протокол № 1 від 30.08.2022 р.

Рівне – 2022

Методичні вказівки до виконання практичних робіт з навчальної дисципліни «Хімія» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Охорона праці» спеціальності 263 «Цивільна безпека» денної, заочної та дистанційної форм навчання [Електронне видання] / Корчик Н. М., Мисіна О. І. – Рівне : НУВГП, 2022. – 28 с.

Укладачі: Корчик Н. М., к.х.н., доцентка кафедри хімії та фізики;  
Мисіна О. І., старша викладачка кафедри хімії та фізики.

Відповідальний за випуск: Мороз М. В., д.х.н., доцент, в.о. завідувача кафедри хімії та фізики.

Керівник групи забезпечення спеціальності 263 «Цивільна безпека»

Филипчук В. Л.

© Корчик Н. М.,  
Мисіна О. І., 2022  
© НУВГП, 2022

# ЗМІСТ

Стор.

<b>ПЕРЕДМОВА</b> .....	4
<b>Практична робота № 1. Основні поняття та закони хімії</b> .....	5
<b>Контрольні завдання</b> .....	7
<b>Практична робота № 2. Еквівалент речовини. Закон еквівалентів</b> .....	9
<b>Контрольні завдання</b> .....	14
<b>Практична робота № 3. Будова атомів. Періодичний закон та Періодична система елементів</b> .....	15
<b>Контрольні завдання</b> .....	18
<b>Практична робота № 4. Загальні характеристики та склад розчинів</b> .....	18
<b>Контрольні завдання</b> .....	22
<b>Практична робота № 5. Окисно-відновні реакції</b> .....	23
<b>Контрольні завдання</b> .....	24
<b>Практична робота № 6. Гальванічні елементи</b> .....	25
<b>Контрольні завдання</b> .....	28
<b>ЛІТЕРАТУРА</b> .....	28

## 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 «Будівництво» спеціальності 263 «Цивільна безпека» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського рівня) охоплюють основні розділи хімії і спрямовані на більш поглиблене засвоєння знань.

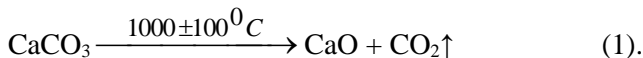
До кожного практичного заняття наведені приклади розв'язку типових задач з детальним поясненням і необхідними формулами. Для закріплення матеріалу студентам пропонуються контрольні завдання до виконання. Виконані практичні завдання допоможуть студентам у підготовці до поточного та підсумкового модульних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

## Практична робота 1. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА ЗАКОНИ ХІМІЇ

### Приклад

**Задача 1.** Для речовин, що утворюються при випалюванні 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  $t = 927\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; д) відносну густину утвореного газу за повітрям; е) масу формульної одиниці вапняку.

Випалювання вапняку описується рівнянням



Отже, скорочено умову задачі слід записати так:

### Розв'язання

$$m(\text{CaCO}_3) = 50 \text{ кг};$$

---

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

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

в)  $V_n(\text{CO}_2)$  -?  $\rho_n(\text{CO}_2)$  -?

г)  $V_t(\text{CO}_2)$  -?

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

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

а) З рівняння (1)

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

$$M_r(\text{CaCO}_3) = 40 + 12 + 16 \cdot 3 = 100 \text{ (а.о.м.)}$$

$$M(\text{CaCO}_3) = 100 \text{ г/моль.}$$

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

б) За рівнянням  $m(\text{реч}) = n(\text{реч}) \cdot M(\text{реч})$  маємо:

$$m(\text{CaO}) = n \cdot M(\text{CaO}) = 500 \text{ моль} \cdot (40 + 16) \text{ г/моль} = 28000 \text{ г} = 28 \text{ кг};$$

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

$$=22000 \text{ г} = 22 \text{ кг.}$$

в) За рівнянням  $V_n(z) = n(z) \cdot V_M$ , де  $V_M = 22,4 \text{ л/моль}$ , молярний об'єм газів за н.у., маємо:

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

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

$$\frac{V_n(z)}{T_n} = \frac{V_T(z)}{T},$$

де  $V_n(z)$  і  $V_T(z)$  – об'єм газу за н.у. та при температурі  $T = t + T_n = t + 273 \text{ (К)}$ .

Звідси

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

д) З закону Авогадро випливає, що відносна густина одного газу за іншим дорівнює відношенню їх молярних мас. Середня молярна маса атмосферного повітря становить  $\approx 29 \text{ г/моль}$ . 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  $M(\text{реч}) = m(\Phi O) \cdot N_A$  маємо:

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

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

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

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

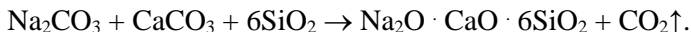
г)  $V_T(\text{CO}_2) = 49,23 \text{ м}^3$ ;

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

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

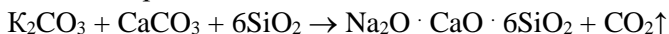
## КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

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



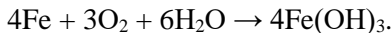
виділилось 2,64 кг вуглекислого газу. Визначити: а) *кількість речовини та об'єм* утвореного газу за нормальних умов та за умов реакції; б) *кількості речовини та маси* одержаного скла та вихідних речовин; в) *масову частку* Силіцію в склі; г) *масу* (в г) одної формульної одиниці поташу.

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:



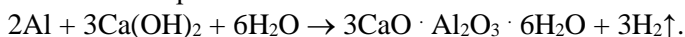
Після тривалого зберігання шматка листового заліза на вологому повітрі його *маса* зросла на 2,55 г. Розрахувати: а) *кількість речовини та масу* іржі, що утворилася; б) *кількість речовини та масу* окисненого заліза; в) *кількість речовини, масу та об'єм* кисню (за н.у.), що прореагував.

5. Будівельний гіпс (алебастр) виробляють випалюванням природного гіпсу при  $160\text{-}170^\circ\text{C}$  за рівнянням:



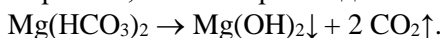
Розрахувати: а) *кількість речовини та масу* алебастру, який можна одержати із 25,8 кг природного гіпсу? б) *кількість речовини, масу та об'єм* (за умов реакції та за нормальних умов) води, що виділяється при цьому; в) *масову частку* води в природному гіпсі та в алебастрі; г) *масу* одної формульної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

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



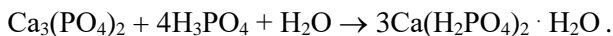
Водень, що при цьому виділяється, є причиною утворення пор і порожнин в процесі тужавіння таких будівельних розчинів, тобто утворення *газобетону*. Розрахувати: а) *кількість речовини, масу та об'єм* (за нормальних умов) водню, який виділиться при розчиненні 1,89 кг алюмінієвого порошку; б) *кількість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

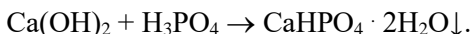


Розрахувати: а) *кількість речовини та масу* 70%-ної ортофосфатної кислоти, необхідної для перетворення в подвійний суперфосфат 13,5 кг фосфориту; б) *кількість*



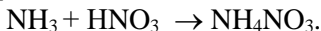
речовини та масу утвореного подвійного суперфосфату; в) масову частку Фосфору та кристалізаційної води в одержаному добриві; г) масу однієї формульної одиниці фосфориту (в г).

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:

$$E(\text{N}_2) - ?;$$

$$M_E(\text{N}_2) - ?;$$

$$\frac{V_E(\text{N}_2) - ?}{M_e - ?}$$

$$M_e - ?$$

## 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  $\text{NH}_3$  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  $E(\text{N}_2) = \frac{1}{3}N$ . 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

$$M_E(\text{N}_2) = \frac{1}{z} M(\text{N}) = \frac{1}{3} \cdot 14 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 4,67 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

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

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

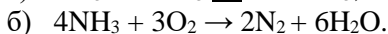
$$V_E(z) = V_M \frac{M_E(z)}{M(z)} \quad \text{або} \quad V_E(z) = \frac{V_M}{z \cdot x},$$

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

$$V_E(\text{N}_2) = V_M \frac{M_E(\text{N})}{M(\text{N}_2)} = 22,4 \cdot \frac{4,67}{14 \cdot 2} = 3,74 \text{ (л/мольекв)},$$

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

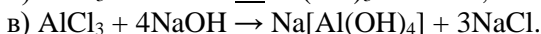
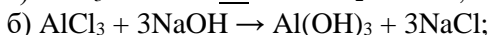
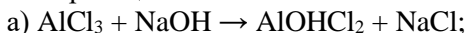
В реакції (а) одна молекула  $\text{NH}_3$  *нейтралізує* 1 еквівалент кислоти, тобто  $z(\text{NH}_3) = 1$ , і  $E(\text{NH}_3) = \text{NH}_3$ , звідки:  $M_E(\text{NH}_3) = M(\text{NH}_3) = 14 + 3 \cdot 1 = 17$   $V_E(\text{NH}_3) = V_M = 22,4$  л/моль-екв.

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

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

$$V_E(\text{N}_2) = V_M \frac{M_E(\text{NH}_3)}{M(\text{NH}_3)} = 22,4 \cdot \frac{5,67}{17} = 7,47 \text{ (л/моль-екв)}.$$

**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  $z_a(\text{AlCl}_3) = 1$ , і  $E_a(\text{AlCl}_3) = \text{AlCl}_3$ . Відповідно:  $z_b(\text{AlCl}_3) = 3 \rightarrow E_b(\text{AlCl}_3) = \frac{1}{3}\text{AlCl}_3$ ;

$$z_c(\text{AlCl}_3) = 4 \rightarrow E_c(\text{AlCl}_3) = \frac{1}{4}\text{AlCl}_3.$$

**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 випливає, що в реакціях обміну

$$M_E(\text{соли}) = M_E(\text{катіона}) + M_E(\text{аніона}).$$

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.

$$m(\text{Me}) = 0,48\text{г};$$

$$m(\text{Zn}) = 2,6\text{г};$$

$$\frac{V_{\text{Me}}(\text{H}_2)}{V_{\text{Zn}}(\text{H}_2)} = 1;$$

$$\text{Me} - ?$$

### Розв'язання

За **законом еквівалентів**:

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

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

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

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

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

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

$$M_E(\text{окс}) = M_E(\text{Me}) + M_E(\text{O}) = 23 + 8 = 31 \text{ г/моль-екв.}$$

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

### Розв'язання

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

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


---

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

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  $m(\text{Cl}) = m(\text{MeCl}_y) - m(\text{Me}) = (2,78 - x)$  г;  $m(\text{NO}_3) = (3,31 - x)$  г.

Підставивши в *праву* частину рівняння (1) ці значення та  $M_E(\text{Cl}) = 35,5$  г/моль-екв і  $M_E(\text{NO}_3) = M(\text{NO}_3^-) = 14 + 16 \cdot 3 = 62$

(г/моль-екв), одержимо: 
$$\frac{2,78 - x}{35,5} = \frac{3,31 - x}{62}.$$

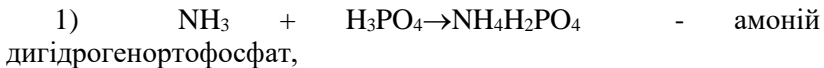
Звідси  $x = m(\text{Me}) = 2,07$  г;  $m(\text{Cl}) = (2,78 - 2,07)$  г =  $0,71$  г;  
 $m(\text{NO}_3) = (3,31 - 2,07)$  г =  $1,24$  г.

З *лівої* частини рівняння (1) знаходимо:

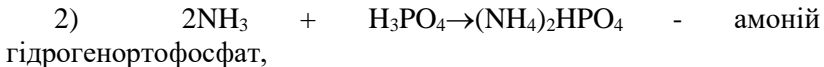
$$M_E(\text{Me}) = \frac{m(\text{Me}) \cdot M_E(\text{Cl})}{m(\text{Cl})} = \frac{2,07 \cdot 35,5}{0,71} = 103,5 \text{ г/моль-екв.}$$

## КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

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



*амофос*;



*диамофос*.

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 (  $n(\text{H}_2\text{SO}_4)$  ) 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:  $A_r(\text{Cr}) = 52$  а.о.м. і  $A_r(\text{Se}) = 79$  а.о.м.

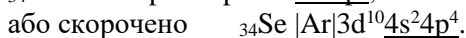
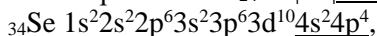
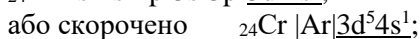
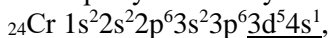
Такі масові числа мають ізотопи  ${}^{52}_{24}\text{Cr}$  та  ${}^{79}_{34}\text{Se}$ .

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, правила Клечковського*) електронні формули елементів Хрому та Селену записуються так:



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.

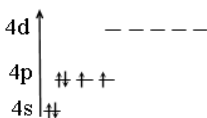
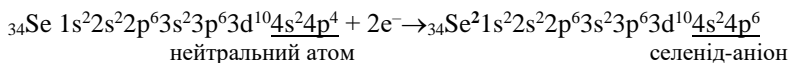


Рис. 3.1.

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

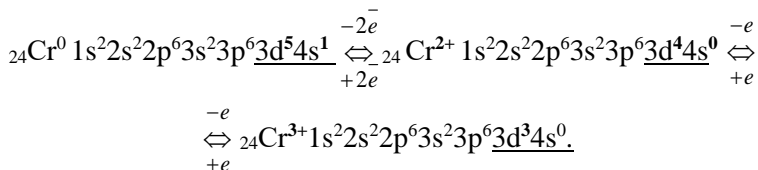


Тому утворені ними прості речовини є *неметалами* (окисниками), в хімічних сполуках їх атоми проявляють ступінь окиснення  $-2$ . З ростом  $n$  поступово проявляються їх металічні властивості, тому в елементарному стані Селен існує як в неметалічній, так і в металічній модифікаціях, хоча за хімічними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

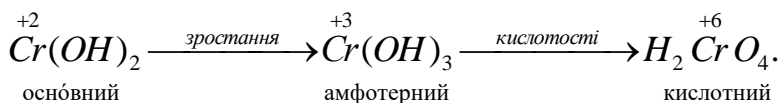
Сполуки Селену за властивостями дуже подібні до аналогічних сполук Сульфуру. Як і  $\text{H}_2\text{S}$ , *гідроген селенід*  $\text{H}_2\text{Se}$  – отруйний газ з неприємним запахом, сильний відновник. Водний розчин  $\text{H}_2\text{Se}^{-2}$  – кислота, сильніша від сульфідної (сірководневої) кислоти. При спалюванні селену утворюється кристалічний *селен(IV) оксид*  $\text{Se}^{+4}\text{O}_2$  – *ангідрид*, при прямій гідратації якого утворюється *селенітна (селениста) кислота*  $\text{H}_2\text{SeO}_3$ . Остання під дією сильних окисників перетворюється в сильну *селенатну (селенову) кислоту*  $\text{H}_2\text{Se}^{+6}\text{O}_4$ .

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  $\text{Cr}^{3+}$  воднем або дією на металічний хром газоподібних гідроген галогенідів (напр.,  $\text{HCl}(\text{г})$ ) одержують сполуки  $\text{Cr}^{2+}$ . 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°C становить 95,3 г/100 г. Визначити: а) масову частку; б) молярну частку; в) молярність лугу в *насиченому* розчині.

### Розв'язання

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

---

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

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

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

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

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

в) За визначенням молярність

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

де  $m_s$  – маса розчинника.

За умовою задачі:

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

**Відповідь:** а)  $c\%(\text{KOH}) = 48,8\%$ ; б)  $x(\text{KOH}) = 0,234$ ;

в)  $c_m(\text{KOH}) = 17 \text{ моль/кг}$ .

**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

$$V = 200 \text{ мл};$$

$$c(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = 0,5 \text{ M}$$


---

$$n(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) - ?; \quad m(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) - ? \quad c_E(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) - ?$$

За визначенням

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

$$n(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = c(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) \cdot V = 0,5 \text{ моль/л} \cdot 0,2 \text{ л} = 0,1 \text{ моль}.$$

$$M_r(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = 2 \cdot 27 + 3(32 + 16 \cdot 4) = 342 \text{ (а.о.м.)},$$

$$\text{звідки } M(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = 342 \text{ г/моль}.$$

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

$$= 0,1 \text{ моль} \cdot 342 \text{ г/моль} = 34,2 \text{ г}.$$

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.

$$z(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = 2 \cdot 3 = 6, \quad \text{і } c_E(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = 6 \cdot 0,5 = 3 \text{ (мольекв/л)} = 3 \text{ н}.$$

**Відповідь:**  $n(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = 0,1 \text{ моль};$   $m(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = 34,2 \text{ г};$   
 $c_E(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = 3 \text{ н}.$

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

### Розв'язання

$$V(\text{к}) = 20 \text{ мл};$$

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

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


---

$V(\text{л}) - ?$

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

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

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:

$$n_E(\text{H}_2\text{SO}_4) = n_E(\kappa) = V(\kappa) \cdot z \cdot c(\kappa) = V(\kappa) \cdot 2 \cdot c(\kappa).$$

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

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

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

$n_E$  обох речовин в рівняння, що виражає закон еквівалентів,

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

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

$$= \frac{3 \cdot 5,35 \text{ г}}{107 \text{ г/моль} \cdot 2 \cdot 0,3 \text{ моль/л}} = 0,25 \text{ л} = 250 \text{ мл.}$$

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

**Задача 5.** Визначити молярну концентрацію (*молярність*) та молярну концентрацію еквівалентів (*нормальність*) кальцій хлориду в 20%-му розчині густиною 1,178 г/см<sup>3</sup>.

### Розв'язання

$$c_{\%}(CaCl_2) = 20\%;$$

$$\rho = 1,178 \text{ г/см}^3$$

$$M(CaCl_2) = 111 \text{ г/моль.}$$

$$c(CaCl_2) - ? \quad c_E(CaCl_2) - ?$$

Молярність речовини в розчині зв'язана з її масовою часткою

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

$$\text{Тоді } c_M(CaCl_2) = \frac{10\rho \cdot c_{\%}(CaCl_2)}{M(CaCl_2)} = \frac{10 \cdot 1,178 \cdot 20}{111} = 2,12 \text{ (моль/л).}$$

$$c_E(CaCl_2) = z \cdot c(CaCl_2) = 2 \cdot 2,12 = 4,24 \text{ (моль-екв/л)} = 4,24 \text{ н.}$$

**Відповідь:**  $c_M(CaCl_2) = 2,12 \text{ (моль/л); } c_E(CaCl_2) = 4,24 \text{ н.}$

### 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, густиною якої вважати  $\approx 1 \text{ г/мл}$  ?

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>.

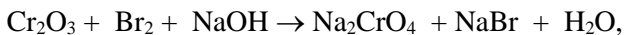
9. Визначити масу *осаду*, який утвориться при додаванні розчину *натрій сульфату* до 200 мл 0,5-молярного розчину *барій хлориду*.

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

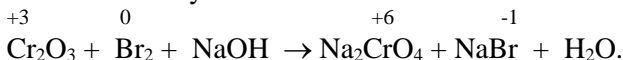
Для окисно-відновної реакції (ОВР), яка описується *схемою*



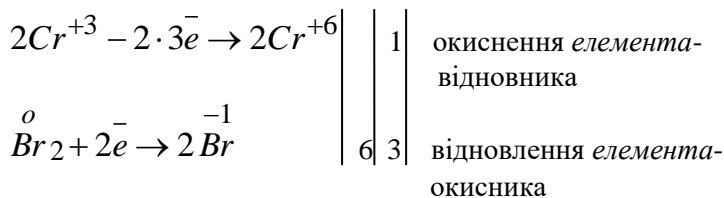
написати *електронні* рівняння процесів *окиснення* та *відновлення*, на їх основі визначити та розставити коефіцієнти в *рівнянні* ОВР, вказати еквіваленти *речовини-окисника* та *речовини-відновника*.

### Відповідь

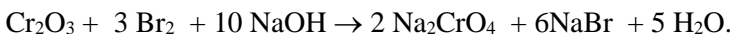
Визначаємо ступені окиснення елементів:



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  $E(\text{реч}) = \frac{1}{z} \Phi\text{O}(\text{реч})$ , де  $z$  – еквівалентне число, яке дорівнює числу електронів, приєднаних одною формульною одиницею речовини-окисника або втрачених одною  $\Phi\text{O}$  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

Вариант	Схема ОВР
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) $\text{Ox} + z e \rightleftharpoons \text{Red}$ <i>Окиснена форма речовини</i> / <i>Відновлена форма речовини</i>	$\phi'(\text{Ox/Red}), \text{В}$
1	2
$\text{Li}^+ + e \rightleftharpoons \text{Li}$	-3,05
$\text{Na}^+ + e \rightleftharpoons \text{Na}$	-2,71
$\text{Mg}^{2+} + 2 e \rightleftharpoons \text{Mg}$	-2,36
$\text{Al}^{3+} + 3 e \rightleftharpoons \text{Al}$	-1,66
$\text{Ti}^{2+} + 2 e \rightleftharpoons \text{Ti}$	-1,63
$\text{Mn}^{2+} + 2 e \rightleftharpoons \text{Mn}$	-1,18

1	2
$\text{Cr}^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Cr}$	-0,91
$\text{Cr}^{3+} + 3\bar{e} \rightleftharpoons \text{Cr}$	-0,74
$\text{Zn}^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Zn}$	-0,76
$\text{Fe}^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Fe}$	-0,44
$\text{Cd}^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Cd}$	-0,40
$\text{Ni}^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Ni}$	-0,25
$\text{Sn}^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Sn}$	-0,14
$\text{Pb}^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Pb}$	-0,13
$2\text{H}^+ + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{H}_2$	0
$\text{Cu}^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{Cu}$	+0,34
$\text{Ag}^+ + \bar{e} \rightleftharpoons \text{Ag}$	+0,80
$\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\bar{e} \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}$	+1,23
$\text{Cl}_2 + 2\bar{e} \rightleftharpoons 2\text{Cl}^-$	+1,36
$\text{Au}^+ + \bar{e} \rightleftharpoons \text{Au}$	+1,51
$\text{F}_2 + 2\bar{e} \rightleftharpoons 2\text{F}^-$	+2,87

### Приклад

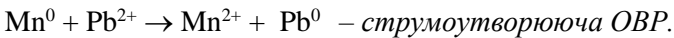
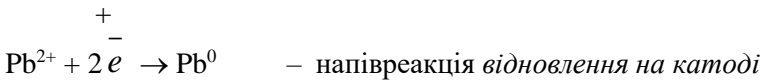
Записати схему гальванічного елемента (ГЕ), що складається з металів А = Mn та В = Pb, занурених в розчини їх солей. Написати *йонно-електронні* рівняння *напівреакцій*, що відбуваються на поверхні кожного з них, та *сумарне йонно-молекулярне* рівняння струмоутворюючої окисно-відновної реакції (ОВР) 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 **розімкненому** 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

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

б) За рівнянням Нернста знаходимо потенціал марганцевого електрода:

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

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

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

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

## 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									
А	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	0,001	1	0,01	0,001	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>.