

## **МОДУЛЬ III. ДИСПЕРСНІ СИСТЕМИ**

### **5. ДИСПЕРСНІ СИСТЕМИ**

#### ***Програмні вимоги:***

Дисперсні системи. Система, фаза, компонент. Число ступенів свободи. Правило фаз Гіббса. Діаграма стану води. Розчин як гомогенна багатокомпонентна система. Процес розчинення. Зміна ентропії та ентальпії при розчиненні. Розчинність твердих, рідких та газуватих речовин у воді при різних температурах. Ненасичені, насичені та пересичені розчини. Коефіцієнт розчинності. Перекристалізація як метод очистки речовин. Розчинення речовин у двох незмішуваних рідинах. Закон розподілу. Коефіцієнт розподілу. Екстрагування як метод розділення речовин. Азеотропні суміші. Способи вираження концентрації розчинів у масових, об'ємних та мольних частках.

Колігативні властивості розчинів. Осмотичний тиск. Закон Вант-Гоффа. Осмос у природі. Пружність пари над розчинами. Закон Рауля. Зниження температури замерзання та підвищення температури кипіння розчинів. Кріоскопія та ебуліоскопія. Кріоскопічна та ебуліоскопічна константи. Фізичні властивості розчинів та молекулярний стан розчинених речовин.

Властивості розчинів електролітів. Фізичні властивості розчинів електролітів. Теорія електролітичної дисоціації. Ступінь дисоціації. Сильні, середні та слабкі електроліти. Фізико-хімічний аналіз розчинів електролітів. Гідратація та сольватація іонів. Типи електролітів. Ступінчаста дисоціація. Індикатори. Іонний добуток води. Водневий показник (рН). Його розрахунок. Теорія сильних електролітів. Активність іонів. Іонна сила розчинів. Розчинення та кристалізація солей. Іонні рівноваги. Добуток розчинності (ДР) та добуток активностей важкорозчинних електролітів. Комплексоутворення та розчинність слабкорозчинних електролітів. Гідроліз солей. Ступінь та константа гідролізу. Зміщення рівноваги процесів гідролізу. Вплив різних факторів на процес гідролізу.

***Література для самостійної роботи:*** [1] ч.1 розд.У с.199-206; [5] гл.7 розд.5-14; [4] розд.4; [2] розд.УІІ с.122-137, розд.ХУІ с.351-386; [8] т.1 розд.У с.155-202; [12]ч.3 с.31-50.

#### ***Орієнтовний перелік питань, що виносяться на колоквиум:***

#### **ДИСПЕРСНІ СИСТЕМИ. ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ РІДКИХ РОЗЧИНІВ.**

#### ***Теоретичні питання:***

- 1.1. Дати визначення поняття дисперсна система. Дисперсна фаза, дисперсійне середовище.
- 1.2. Класифікація дисперсних систем за ступенем подрібненості дисперсної фази.
- 1.3. Дати визначення понять: фаза, компонент, ступінь вільності.
- 1.4. Проілюструвати правило фаз Гіббса на прикладі діаграми стану води.
- 1.5. Розчини. Розчинник та розчинена речовина. Газові, тверді та рідкі розчини.
- 1.6. Природа розчинення. Реальні та ідеальні розчини. Сольватація та гідратація.
- 1.7. Насичені, ненасичені та пересичені розчини.
- 1.8. Фізична (Вант-Гофф) та хімічна (Д.Менделєєв) теорії розчинності.
- 1.9. Тепловий ефект розчинення.

- 1.10. Закон Генрі.
- 1.11. Закон розподілу.
- 1.12. Концентрація розчинів та способи її вираження.
- 1.13. Молярна частка, масова (об'ємна) частка. Молярність розчину.
- 1.14. Масова частка розчиненої речовини та процентна концентрація розчину.
- 1.15. Моляльність розчину.
- 1.16. Нормальність розчину. Титр.
- 1.17. Тиск пари над розчинами. Перший закон Рауля.
- 1.18. Осмотичний тиск. Закони осмотичного тиску (Вант-Гофф, Пфєффер).
- 1.19. Температури замерзання і кипіння розчинів. Другий закон Рауля.
- 1.20. Кріогідрати.
- 1.21. Як, використовуючи принцип Ле Шательє, пояснити ефекти підвищення (зниження) температури кипіння (замерзання) розчинів у порівнянні з чистим розчинником?

**Тестові завдання:**

- 2.1. Наведіть по два приклади газів, які добре і погано розчиняються у воді.
- 2.2. Наведіть приклади рідин, які практично не розчиняються одна в одній, а також приклади рідин, які необмежено змішуються одна з одною.
- 2.3. Наведіть приклади емульсій та суспензій, відомих Вам. Чим відрізняються ці системи від істинних розчинів?
- 2.4. В закритій колбі половина її об'єму зайнята: а) емульсією нітробензолу в воді; б) суспензією гідроксиду кальцію в його насиченому водному розчині. Визначте число фаз в кожній системі.
- 2.5. Чи всі суміші, що складаються а) з двох газів; б) з двох рідин; в) з двох твердих речовин відносяться до істинних розчинів? Дайте вмотивовану відповідь.
- 2.6. Виготовлено істинні водні розчини наступних речовин: а) газоподібного кисню, б) твердого бромиду кальцію, в) рідкої оцтової кислоти. Скільки фаз включає кожна система?
- 2.7. Чи містить поняття про розбавлені і концентровані розчини строгу кількісну характеристику?
- 2.8. Чи можна виготовити розчин, який би був одночасно а) насиченим і розбавленим; б) ненасиченим і концентрованим? Відповідь мотивуйте.
- 2.9. З насиченого розчину випаровують (в вакуумі) деяку кількість води при постійній температурі. Яким стане розчин після закінчення процесу?
- 2.10. В штативі стоять три однакових скляних пробірки з розчинами сульфату натрію: в одній – пересичений, в другій – насичений, в третій – пересичений розчин. Як ідентифікувати кожен розчин?

**Розрахункові задачі:**

- 3.1. На скільки градусів підвищиться температура кипіння води, якщо в 100 г води розчинити 9 г глюкози  $C_6H_{12}O_6$ ? //на 0,26 градуса
- 3.2. Розчин, що містить 17,6 г речовини в 250 г оцтової кислоти, кипить при температурі, що на 1 град вище температури кипіння чистої оцтової кислоти. Ебуліоскопічна константа оцтової кислоти 2,53. Визначити молярну масу розчиненої речовини.

- 3.3. 60 г неелектроліту розчинено в 1500 г води. Розчин замерзає при  $-1,86^{\circ}\text{C}$ . Яка маса 1 моль розчиненої речовини? // 40 г.
- 3.4. Розчин, в 100 мл якого знаходиться 2,3 г речовини має при 298 К осмотичний тиск, рівний 618,5 кПа. Визначити молекулярну масу речовини. // 92
- 3.5. Визначити осмотичний тиск розчину, якщо в 22,4 л цього розчину містить 1 моль гліцерину.
- 3.6. Осмотичний тиск розчину пірогалолу  $\text{C}_6\text{H}_3(\text{OH})_3$  при  $15^{\circ}\text{C}$  дорівнює 449 мм рт.ст. Визначити молярність розчину.
- 3.7. При 293 К тиск насиченої пари над водою рівний 2,34 кПа (17,53 мм рт.ст.). Скільки грамів гліцерину  $\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$  потрібно розчинити в 180 г води, щоб понизити тиск пари на 133,3 Па (1 мм рт.ст.). // 55,7 г
- 3.8. Екстракція йоду із 20 мл води, що містить 0,3 г йоду, була проведена двома шляхами: а) додаванням 2 мл амілового спирту зразу і б) двократною екстракцією по 1 мл з повним видаленням спиртового розчину йоду після першої екстракції. Вирахувати концентрацію не видобутого йоду (в % від його початкового вмісту у йодній воді) при однократній і двократній екстракції, якщо коефіцієнт розподілу йоду між аміловим спиртом і водою  $K = c(\text{I}_2)_{\text{в спирті}}/c(\text{I}_2)_{\text{в воді}} = 233$ . Який метод коректніший? // а) 4%; б) 2%.
- 3.9. Яка маса нітрату аргентуму(I) випаде в осад з 10 г розчину, насиченого за  $20^{\circ}\text{C}$ ? Розчинність  $\text{AgNO}_3$  складає 635 г за  $80^{\circ}\text{C}$  і 228 г за  $20^{\circ}\text{C}$ . // 5,54 г
- 3.10. Масова частка сульфату калію в насиченому за  $10^{\circ}\text{C}$  водному розчині дорівнює 8,44 %. Обчисліть масу сульфату калію, яка розчиниться у 100 г води за цієї ж температури. // 9,22 г
- 3.11. У 100 мл води розчинили 20 г пентагідрату сульфату купрум(II). Розрахуйте масову частку солі в добутому розчині. // 0,107 або 10,7%
- 3.12. Які маси води і кристалогідрату складу  $\text{XY}\cdot 10\text{H}_2\text{O}$  ( $M_r=400$ ) необхідно взяти для виготовлення насиченого за  $90^{\circ}\text{C}$  розчину, під час охолодження якого до  $40^{\circ}\text{C}$  випадає 0,5 моль кристалогідрату складу  $\text{XY}\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ? Розчинність безводної солі XY: 90 г за  $90^{\circ}\text{C}$ , 60 г за  $40^{\circ}\text{C}$ . //  $m(\text{XY}\cdot 10\text{H}_2\text{O})= 424$  г,  $m(\text{H}_2\text{O}) = 68,2$  г
- 3.13. У 40 г насиченого водного розчину хлориду феруму(II) внесли 10 г безводної солі. Добуту суміш нагріли до повного розчинення, а потім охолодили до початкової температури. В результаті охолодження випало 24,3 г осаду кристалогідрату. Встановіть формулу кристалогідрату, якщо відомо, що насичений розчин містить 8,5% безводної солі. //  $\text{FeCl}_2\cdot 4\text{H}_2\text{O}$
- 3.14. При деякій температурі в 1 кг водного розчину  $\text{KNO}_3$  міститься 450 г солі. Скільки грамів  $\text{KNO}_3$  виділиться з розчину при його охолодженні до  $25^{\circ}\text{C}$ , якщо концентрація  $\text{KNO}_3$  в розчині при цій температурі складає 38,5 %?
- 3.15. Скільки грамів  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  потрібно для приготування 5 л 8%-го (по масі) розчину ( $\rho=1,075$  г/мл)? // 430 г
- 3.16. 25 г  $\text{NaCl}$  розчинили в 100 г води. Визначити масову і молярну частку розчиненої речовини в розчині.

- 3.17. Скільки грамів 30%-го (по масі) розчину NaCl потрібно додати до 300 г води, щоб одержати 10%-ний розчин солі? // 150 г
- 3.18. Визначити масову частку речовини в розчині, який одержують змішуванням 300 г 25%-ного і 400 г 40%-ного (по масі) розчинів цієї речовини. // 33,6 %
- 3.19. Визначити масову частку  $\text{CuSO}_4$  у розчині, одержаному при розчиненні 50 г мідного купоросу  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  в 450 г води. // 6,4 %.
- 3.20. Скільки мл 50%-ного розчину азотної кислоти ( $\rho = 1,315$  г/мл) необхідно взяти для приготування 5 л 2%-ного розчину, густина якого 1,01 г/мл.
- 3.21. Скільки кг 15%-ного розчину треба додати до 100 кг 80%-ного розчину, щоб одержати 30%-ний розчин.
- 3.22. Знайти масу  $\text{NaNO}_3$ , необхідну для приготування 300 мл 0,2 М розчину. // 5,1 г
- 3.23. Знайти молярність 36,2%-ного (по масі) розчину HCl, густина якого 1,18 г/мл. // 11,7 моль/л
- 3.24. Скільки мілілітрів 96%-ного (по масі) розчину  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ( $\rho=1,84$  г/мл) потрібно взяти для приготування 1 л 0,25 н розчину? // 6,9 мл
- 3.25. Який об'єм води треба додати до 500 мл 40%-ної азотної кислоти густиною  $1,25$  г/см<sup>3</sup> для одержання 10%-ної кислоти? Яка молярність одержаного розчину? // 1,88 л;  $\approx 0,17$  М.
- 3.26. Змішали 2 л 60%-ної сірчаної кислоти (густина  $1,5$  г/см<sup>3</sup>) з 3 л її 14%-ного розчину (густина  $1,1$  г/см<sup>3</sup>). Знайти концентрацію кислоти (в %) в одержаному розчині. // 35,9%.
- 3.27. Скільки кожної речовини треба взяти для приготування наступних розчинів:  
а) 2 л 0,5 М розчину  $\text{AlCl}_3$ ; б) 2 л 0,5 н. розчину  $\text{AlCl}_3$ ; в) 400 мл 0,2 М розчину  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  із  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ; г) 400 мл 0,2 н. розчину  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  із  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ; // а) 135,5 г; б) 44,5 г; в) 22,88 г; г) 11,44 г.
- 3.28. Визначити молярність і нормальність наступних розчинів: а) 70%-ного розчину  $\text{H}_2\text{SO}_4$  густиною  $1,6$  г/см<sup>3</sup>; б) 40%-ного розчину NaOH густиною  $1,4$  г/см<sup>3</sup>; в) 20%-ного розчину  $\text{H}_3\text{PO}_4$  густиною  $1,1$  г/см<sup>3</sup>. // а) 11,6 М; 23,2 н.; б) 14,4 М; 14,4 н.; в) 2,3 М; 6,9 н.
- 3.29. Визначити концентрацію (в %) а) 4,9 н. розчину  $\text{H}_2\text{SO}_4$  густиною  $1,15$  г/см<sup>3</sup>; б) 0,9 М розчину  $\text{HNO}_3$  густиною  $1,03$  г/см<sup>3</sup>; в) 4 н. розчину  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$  густиною  $1,21$  г/см<sup>3</sup>. // а) 20,9%; б) 5,5%; в) 21,6%.
- 3.30. Знайдіть молярну концентрацію 30 %-ої сульфатної кислоти (густина розчину  $1,22$  г/мл). // 3,73 моль/л
- 3.31. Яку кількість речовини барію необхідно взяти, щоб у результаті його взаємодії з водою об'ємом 1 л утворився розчин з масовою часткою гідроксиду барію 2%? // 0,119 моль
- 3.32. На нейтралізацію 20 мл розчину сірчаної кислоти витрачено 25 мл 0,05 н. розчину NaOH. Знайти нормальність і титр розчину сірчаної кислоти. // 0,06 н.; 0,003 г/мл.
- 3.33. Який об'єм 1 н. розчину лугу піде на нейтралізацію 10 мл 10%-ного розчину азотної кислоти густиною  $1,056$  г/см<sup>3</sup>? // 167,77 мл.

- 3.34. На нейтралізацію 25 мл хлоридної кислоти невідомої концентрації пішло 30 мл 0,1 н. розчину NaOH. Обчислити нормальність і молярність, а також титр розчину хлоридної кислоти. // 0,12 н.; 0,12 М і  $4,38 \cdot 10^{-3}$  г/мл.
- 3.35. На нейтралізацію 25 мл розчину NaOH пішло 0,01575 г щавлевої кислоти  $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ . Визначити нормальність, молярність і титр розчину гідроксиду натрію. // 0,01 н.; 0,01 М; 0,0004 г/мл.
- 3.36. На осадження гідроксиду феруму(III) із 15 мл розчину трихлориду феруму витрачено 10 мл 0,1 н. розчину гідроксиду натрію. Обчислити концентрацію іона  $Fe^{3+}$  в досліджуваному розчині в моль/л і в г/л. // 0,022 моль/л; 1,241 г/л.
- 3.37. Яку масу  $BaCl_2 \cdot 2H_2O$  необхідно додати до 100,0 мл 40,0%-ого розчину  $H_2SO_4$  ( $\rho = 1,30$  г/мл), щоб добути розчини, у якому масова частка сульфатної кислоти дорівнює 10,0 %? // 96,0 г
- 3.38. У воді розчинили 11,2 г гідроксиду калію, об'єм розчину довели до 257 мл. Визначте молярну концентрацію розчину. // 0,78 моль/л КОН
- 3.39. Яка маса хлориду калію міститься у 750 мл 10%-ого розчину, густина якого дорівнює 1,063 г/мл? // 79,7 г
- 3.40. Змішали 250 г 10%-ого і 750 г 15%-ого розчинів глюкози. Обчисліть масову частку глюкози в утвореному розчині. // 13,75%
- 3.41. 1 мл 25%-ого розчину містить 0,458 г розчиненої речовини. Яка густина цього розчину? // 1,832 г/мл
- 3.42. Дано розчин, в якому масова частка нітратної кислоти 30% (густина 1,2 г/мл). Яка молярність цього розчину? // 5,71 моль/л
- 3.43. Розчинність хлориду натрію за 25°C дорівнює 36,0 г у 100 г води. Визначте масову частку солі в насиченому за цієї температури розчині. // 26,5%
- 3.44. Масова частка аргентум(I) нітрату в насиченому за 20°C водному розчині дорівнює 69,5%. Обчисліть масу цієї солі, яка розчиниться у 100 г води за цієї температури. // 228 г
- 3.45. Якою має бути масова частка хлороводню у хлоридній кислоті, щоб у ній на 10 моль води припадав 1 моль хлороводню? // 16,9%
- 3.46. Мольна частка сахарози у водному розчині дорівнює 2%. Розрахуйте масову частку сахарози в цьому розчині. // 28%
- 3.47. Чому дорівнює масова частка сульфатної кислоти в розчині, в якому числа атомів Гідрогену і Оксигену між собою рівні? // 73,1%
- 3.48. В якому співвідношенні за масою слід змішати розчини, в яких масові частки речовин 10% і 30%, щоб добути розчин з масовою часткою розчиненої речовини 15%? // 3:1
- 3.49. Який об'єм формальдегіду (за н.у.) необхідно розчинити у воді, щоб добути 1 л формаліну (40%-ий розчин формальдегіду, густина якого 1,11 г/мл). // 331,5 л
- 3.50. Упарили вдвічі (за об'ємом) 2 л 10%-ого розчину NaCl (густина 1,07 г/мл). Визначте молярну концентрацію добутого розчину. // 3,66 М
- 3.51. Розрахуйте мольні частки спирту і води в 96%-ому розчині етилового спирту. // 90,4%  $C_2H_5OH$ , 9,6%  $H_2O$

- 3.52. Якою буде масова частка і молярна концентрація нітратної кислоти в розчині, якщо до 40 мл 96 %-ого розчину  $\text{HNO}_3$  (густина 1,5 г/мл) долити 30 мл 48%-ого розчину  $\text{HNO}_3$  (густина 1,3 г/мл)? Густина добутого розчину 1,45 г/мл. // 77,1% і 17,7 моль/л
- 3.53. Розчинність бромоводню у воді (за н.у.) дорівнює 221 г. Скільки об'ємів бромоводню може розчинитись в одному об'ємі води за цих умов? // 610
- 3.54. 100 л хлороводню (за н.у.) розчинили в 1 л води. Добутий розчин займає об'єм 1,09 л. Обчисліть масову частку хлороводню в розчині і молярну концентрацію цього розчину. // 14% і 4,1 моль/л
- 3.55. Розрахуйте об'єм концентрованої хлоридної кислоти (густина 1,19 г/мл), в якій масова частка хлороводню 38%, необхідний для виготовлення 1 л 2 М розчину. // 161,4 мл
- 3.56. Через 1 л розчину аміаку з масовою часткою 10% (густина 0,96 г/мл) пропустили 100 л аміаку (за н.у.). Обчисліть масову частку аміаку в утвореному розчині. // 16,6%
- 3.57. Через 250 г 5,7%-ого розчину аміаку пропустили 10,5 л аміаку (20°C, 101 кПа), внаслідок чого добули розчин густиною 0,963 г/мл. Обчисліть молярну концентрацію цього розчину. // 4,79 моль/л
- 3.58. Розчинність вуглекислого газу у воді за тиску 1 атм дорівнює: 1,7 об'єму і 0,9 об'єму на один об'єм води за 0°C і 20°C відповідно. Яка маса вуглекислого газу виділиться з 500 г насиченого водного розчину у процесі нагрівання від 0 до 20°C? // 16,4 г
- 3.59. Кристалогідрат сульфату купруму ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) масою 5 г розчинили у воді кількістю речовини 5 моль. Розрахуйте масову частку безводної солі в добутому розчині. // 3,37%
- 3.60. Яку масу залізного купоросу  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  і води необхідно взяти для виготовлення 1 кг розчину, в якому масова частка сульфату феруму(III) дорівнює 7,6%? // 139 г купоросу і 861 г води
- 3.61. Яку масу кристалогідрату  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  необхідно додати до 100 мл 8%-ого розчину сульфату натрію (густина 1,07 г/мл), щоб масова частка розчиненої речовини в розчині зросла вдвічі? // 30,5 г
- 3.62. З 500 г 40%-ого розчину сульфату феруму(II) у процесі охолодження випало 100 г його кристалогідрату (кристалізується з сімома молекулами води). Яка масова частка речовини в розчині, що залишився? // 36,3%
- 3.63. У 80 г насиченого водного розчину броміду кальцію внесли 20 г безводної солі. Суміш, що утворилася, нагріли до повного розчинення, а потім охолодили до початкової температури. В результаті випало 41,5 г осаду кристалогідрату. Встановіть формулу кристалогідрату, якщо відомо, що в насиченому розчині масова частка безводної солі 58,7%. //  $\text{CaBr}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$
- 3.64. До 40,3 мл розчину з масовою часткою нітратної кислоти 37,8% додали обережно 33,6%-ий розчин гідроксиду калію до повної нейтралізації. Яка маса

- солі випаде в осад під час охолодження розчину до  $0^{\circ}\text{C}$ , якщо в насиченому за цієї температури розчині масова частка солі складає 11,6%? // 21,2 г
- 3.65. 300 г 5%-ого розчину гідроксиду натрію нейтралізували 8%-ою хлоридною кислотою. Яку масу води слід вилучити з цього розчину, щоб добути розчин з масовою часткою кухонної солі 20%? // 361,4 г
- 3.66. Через 350 г 9%-ого розчину гідрогенкарбонату натрію пропустили 17 г сірководню. Обчисліть масу води в утвореному розчині. // 332,7 г
- 3.67. 120 г 5%-ого розчину гідрогенкарбонату натрію прокип'ятили. Визначте масову частку речовини в розчині, що утворився після завершення реакції (за умов досліду вона не випаровувалась). // 3,2%
- 3.68. Яку масу  $\text{AgNO}_3$  необхідно додати до 100 г 5,5 М розчину  $\text{HCl}$  ( $\rho=1,1$  г/мл), щоб добути розчин, у якому масова частка нітратної кислоти дорівнює 10 %? // 31,0 г
- 3.69. Яку масу  $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  необхідно додати до 47 мл 25 %-ого розчину  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (густина 1,08 г/мл), щоб добути розчин, в якому масова частка  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  дорівнює 10,0%? // 14,1 г
- 3.70. Сплав міді, заліза і цинку масою 6 г (маси всіх компонентів рівні) внесли в хлоридну кислоту масою 150 г з масовою часткою хлороводню 15%. Розрахувати масові частки речовин у розчині, що утворився. // 2,95%  $\text{FeCl}_2$ , 2,72%  $\text{ZnCl}_2$ , 11,46%  $\text{HCl}$
- 3.71. Змішали 50 мл 0,4 М розчину гідрогенсульфіду натрію (густина 1,2 г/мл) і 30 г 5%-ого розчину гідроксиду калію. Розрахуйте масові частки речовин у добутому розчині. // 1,73%  $\text{Na}_2\text{S}$ , 0,78%  $\text{NaOH}$
- 3.72. Через 293 г розчину, що містить 22 г гідроксиду натрію, пропустили вуглекислий газ до припинення реакції. Визначте масу утвореного осаду, якщо розчинність продукту реакції за умов досліду дорівнює 6,9 г у 100 г води. // 27,5 г
- 3.73. До 50 мл розчину карбонату натрію з концентрацією 2 моль/л і густиною 1,22 г/мл повільно додали 45,5 мл 8%-ого розчину сульфату купруму(II) густиною 1,10 г/мл. Осад, що випав, відфільтрували. Обчисліть масові частки сполук, що містяться в добутому фільтраті. // 6,12%  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , 1,94%  $\text{NaHCO}_3$ , 3,28%  $\text{Na}_2\text{SO}_4$
- 3.74. Для повного осадження  $\text{BaSO}_4$  із 100 г 15%-го (по масі) розчину  $\text{BaCl}_2$  потрібно 14,4 мл  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Знайти нормальність розчину  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . // 10 н
- 3.75. Визначити титр 0,1 н. розчину  $\text{NaCl}$ .
- 3.76. Скільки грамів сірчаної кислоти міститься в 23,5 мл його 0,542 н. розчину, враховуючи, що еквівалент сірчаної кислоти складає 49 г/моль.
- 3.77. Визначити молярну, нормальну і моляльну концентрацію 20%-ного розчину  $\text{FeSO}_4$ , густина якого складає 1,21 г/мл.
- 3.78. В реакції між  $\text{NaCl}$  і  $\text{AgNO}_3$  на 25 мл розчину  $\text{NaCl}$  витрачено 17,6 мл 0,1028 н. розчину  $\text{AgNO}_3$ . Визначити нормальну концентрацію розчину  $\text{NaCl}$ .
- 3.79. До 500 мл 28 %-ного розчину аміаку густиною 0,9 г/см<sup>3</sup> добавили 1 л води. Яка концентрація (в мас.%) і молярність аміаку в утвореному розчині? // 8,69 %; 4,9 М.

## ЕЛЕКТРОЛІТИЧНА ДИСОЦІАЦІЯ

### *Теоретичні питання:*

- 1.1. Теорія електролітичної дисоціації розчинів (С.Ареніус).
- 1.2. Ізотонічний коефіцієнт та ступінь дисоціації.
- 1.3. Ступінь електролітичної дисоціації та її залежність від різних факторів.
- 1.4. Закон розбавлення Оствальда.
- 1.5. Константа електролітичної дисоціації.
- 1.6. Сильні та слабкі електроліти. Особливості сильних електролітів. Коефіцієнт активності. Уявна дисоціація.
- 1.7. Іонний добуток води. Водневий показник.
- 1.9. Який фізичний зміст поняття рН? Чи може рН набувати від'ємних значень і значень, більших за 14?
- 1.10. Індикатори та їх деякі характеристики по відношенню до кислот і основ. Універсальний індикатор.
- 1.11. Буферні розчини.
- 1.12. Класифікація кислот та основ з точки зору теорії електролітичної дисоціації.
- 1.13. Сучасні теорії кислот та основ.
- 1.14. Класифікація солей з точки зору теорії електролітичної дисоціації.
- 1.15. Добуток розчинності солей.
- 1.16. Гідроліз солей. Типи гідролізу солей.
- 1.17. Ступінь та константа гідролізу.

### *Тестові завдання:*

- 2.1. Чому, на відміну від неелектролітів, відхилення законів Рауля і Вант-Гоффа для електролітів збільшується із зменшенням концентрації розчину?
- 2.2. Чим ступінь дисоціації відрізняється від константи дисоціації?
- 2.3. Записати вираз констант дисоціації вугільної кислоти ( $K_1$  і  $K_2$ ). Яка із цих величин менша? Чому?
- 2.4. Показати залежність кислотно-основних властивостей гідратів оксидів від характеру зв'язку в них.
- 2.5. Показати взаємозв'язок між складом і силою кислоти.
- 2.6. Чи зміниться електрична провідність води, якщо через неї пропускати: а) азот, б) оксид нітрогену(II), в) оксид нітрогену(IV)?
- 2.7. Рідкий аміак практично не проводить електричного струму. Чи буде змінюватись електрична провідність аміаку, якщо до нього додавати невеликі кількості: а) твердого оксиду карбону(IV); б) рідкого сірководню?
- 2.8. Чи зміниться ступінь електролітичної дисоціації сульфідної кислоти, якщо до неї додати хлоридну кислоту?
- 2.9. Яким чином можна перевести в середні наступні солі: а)  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ; б)  $\text{Al}(\text{OH})_2\text{Cl}$ ; в)  $\text{NaHCO}_3$ ; г)  $(\text{MgOH})_2\text{CO}_3$ ? Записати іонні рівняння відповідних реакцій, маючи на увазі, що основні солі малорозчинні.
- 2.10. Попарно змішали розчини наступних речовин: а)  $\text{NaClO} + \text{CH}_3\text{COOH}$ ; б)  $\text{NaCl} + \text{CH}_3\text{COOH}$ ; в)  $\text{NaCl} + \text{KOH}$ ; г)  $\text{MgCl}_2 + \text{KOH}$ ; д)  $\text{NaH}_2\text{PO}_4 + \text{Na}_3\text{PO}_4$ ;

е)  $\text{NaHSO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4$ ; ж)  $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{NaOH}$  ; з)  $\text{NaHSO}_4 + \text{NaOH}$ .

Між якими із вказаних речовин можливі реакції обміну? Записати йонні рівняння можливих реакцій.

- 2.11. Розчин містить суміш солей:  $\text{AgNO}_3$ ,  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ , і  $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ . До нього добавили надлишок хлоридної кислоти. Записати йонні рівняння цих реакцій.
- 2.12. Змішали розчини:  $\text{Na}_2\text{S}$ ,  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  і  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (надлишок). Які реакції будуть протікати? Записати йонні рівняння цих реакцій.
- 2.13. Записати рівняння ступінчатої дисоціації сірководневої кислоти. В якому напрямі буде зміщуватися рівновага при добавлянні  $\text{HCl}$  і при добавлянні  $\text{NaOH}$ ?
- 2.14. Написати рівняння електролітичної дисоціації таких електролітів:  $\text{HCl}$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{H}_3\text{AsO}_4$ ,  $\text{KOH}$ ,  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{AgNO}_3$ ,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ,  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ .
- 2.15. Складіть йонні рівняння реакцій взаємодії:
- |   |   |
|---|---|
| а) $\text{Na}_2\text{S}$ і $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ з $\text{FeSO}_4$ і $\text{FeCl}_2$ ;  | б) $\text{Na}_2\text{CO}_3$ і $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ з $\text{CaCl}_2$ і $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ; |
| в) $\text{CuCl}_2$ і $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ з $\text{KOH}$ і $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ; | г) $\text{K}_2\text{SO}_3$ і $\text{Na}_2\text{SO}_3$ з $\text{HCl}$ і $\text{H}_2\text{SO}_4$ ;            |
| д) $\text{Zn}(\text{OH})_2$ з $\text{H}_2\text{SO}_4$ , $\text{HCl}$ , $\text{NaOH}$ ;      | ж) $\text{Al}(\text{OH})_3$ з $\text{HCl}$ , $\text{HNO}_3$ , $\text{NaOH}$                                 |
| з) $\text{CO}_2$ з $\text{Ca}(\text{OH})_2$ і $\text{NaOH}$ ;                               | к) $\text{NaHCO}_3$ з $\text{NaOH}$ і $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ;  |
| л) $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ з $\text{NaOH}$ і $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ;                 | м) $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ з $\text{HCl}$ і $\text{HNO}_3$ .  |
- 2.16. Завершіть наведені нижче рівняння: а) йон Гідрогену + гідроксид-йон  $\rightarrow$   
 б) карбонат-йон + йон Гідрогену  $\rightarrow$  в) йон Аргентуму(I) + гідроксид-йон  $\rightarrow$
- 2.17. Наведіть по одному рівнянню в молекулярній формі, що відповідає кожному йонному рівнянню а)  $\text{H}^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$ ; в)  $2\text{Ag}^+ + 2\text{OH}^- = \text{Ag}_2\text{O} \downarrow + \text{H}_2\text{O}$   
 б)  $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}^+ \rightarrow \text{HCO}_3^-$  або  $\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ ;
- 2.18. Наведіть приклад речовини, яка може реагувати у водному розчині з кожною з названих речовин:  $\text{HI}$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{AgNO}_3$ . Напишіть рівняння реакцій.
- 2.19. Як за допомогою одного реагенту розрізнити водні розчини  $\text{HBr}$ ,  $\text{NaF}$ ,  $\text{KOH}$ ,  $\text{AlCl}_3$ ? Напишіть рівняння відповідних реакцій і вкажіть їх ознаки.
- 2.20. Як можна довести наявність домішок сульфід амонію в розчині сульфату натрію?
- 2.21. Які з наведених нижче реакцій йдуть практично до кінця (вкажіть необхідні для цього умови): а) хлоридна кислота + нітрат аргентуму(I); б) сульфатна кислота + хлорид натрію; в) сульфат натрію + гідроксид барію; г) нітратна кислота + гідроксид калію; д) хлорид калію + нітратна кислота, е) хлорид натрію + гідроксид калію?
- 2.22. Чи можуть у розчині одночасно перебувати такі пари речовин: а)  $\text{NaOH}$  і  $\text{P}_2\text{O}_5$ ; б)  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  і  $\text{CO}_2$ ; в)  $\text{KOH}$  і  $\text{NaOH}$ ; г)  $\text{NaHSO}_4$  і  $\text{BaCl}_2$ ; д)  $\text{HCl}$  і  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ ?
- 2.23. Наведіть приклади розчинної у воді солі, в результаті обробки якої як хлоридом барію, так і надлишком лугу утворюється осад. Напишіть рівняння реакції.
- 2.24. Наведіть приклад розчинної у воді солі, внаслідок обробки якої як кислотою, так і лугом (за нагрівання) утворюються газуваті речовини. Напишіть рівняння реакцій.



- 2.40. Є хлорид амонію, карбонат калію, карбонат кальцію і гідрогенсульфат калію. Як, не використовуючи інших реактивів, крім води, ідентифікувати ці речовини? Напишіть рівняння реакції.
- 2.41. У п'яти пробірках містяться водні розчини сульфату натрію, ацетату плюмбуму(II), сульфіді калію, хлориду алюмінію, нітрату барію. Як, не використовуючи інших реактивів, встановити, в якій пробірці який розчин міститься.
- 2.42. Є п'ять пробірок, що містять розчини хлороводню, броміду кальцію, нітрату аргентуму(I), карбонату цезію і гідроксиду натрію. Як, не використовуючи інших реактивів, встановити, в якій пробірці міститься кожна з речовин?
- 2.43. Які дві речовини прореагували, якщо в результаті цього утворились такі речовини (вказано всі продукти реакції без коефіцієнтів): 1)  $\text{Mg}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ ; 2)  $\text{CaSO}_3 + \text{KOH} + \text{H}_2\text{O}$ ; 3)  $\text{HF} + \text{Na}_2\text{SO}_4$ ; 4)  $\text{NaHCO}_3 + \text{NaBr}$ ?
- 2.44. Які дві речовини прореагували і за яких умов, якщо в результаті утворились такі речовини (вказано всі продукти реакції без коефіцієнтів) 1)  $\text{NaH}_2\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ ; 2)  $\text{BaHPO}_4 + \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ ; 3)  $\text{CaCO}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ ; 4)  $\text{Cr}(\text{OH})_3 + \text{KBr} + \text{SO}_2$ ; 5)  $\text{Cu}_2\text{S} + \text{NH}_4\text{Br} + \text{NH}_3$ ; 6)  $\text{AgI} + \text{NH}_4\text{I} + \text{H}_2\text{O}$ ? Напишіть повні рівняння реакцій.
- 2.45. Запишіть вираз добутку розчинності для таких речовин:  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{PbCl}_2$ ,  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{Al}_2\text{S}_3$ .
- 2.46. Складіть рівняння гідролізу солей  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{MnCl}_2$ ,  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{FeSO}_4$ ,  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{SiO}_3$ ,  $\text{KI}$ ,  $\text{Na}_2\text{S}$ ,  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ .

**Розрахункові задачі:**

- 3.1. Розчин, що містить 0,53 г карбонату натрію в 200 г води кристалізується при  $-0,13^\circ\text{C}$ . Обрахувати уявну ступінь дисоціації солі. // 0,9
- 3.2. Сульфат феруму(III) у водному розчині дисоціює повністю. Визначити концентрацію іонів, що містяться в його 0,5 М розчині.
- 3.3. Змішали 1 л 0,25 М розчину  $\text{BaCl}_2$  і 1 л 0,5 М розчину  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . Вважаючи, що  $\text{BaSO}_4$  практично нерозчинний у воді, розрахуйте концентрації всіх йонів, що залишилось у розчині після утворення осаду. //  $c(\text{Cl}^-) = 0,25$  моль/л;  $c(\text{SO}_4^{2-}) = 0,125$  моль/л;  $c(\text{Na}^+) = 0,5$  моль/л;
- 3.4. Розрахуйте рН таких водних розчинів: а) 0,1 М  $\text{HCl}$ ; б) 0,1 М  $\text{NaOH}$ . // а) рН = 1; б) рН = 13
- 3.5. Розрахуйте значення концентрації йонів Гідрогену в розчині аміаку з концентрацією 1,5 моль/л. Константа дисоціації гідроксиду амонію дорівнює  $1,7 \cdot 10^{-5}$ . //  $[\text{H}^+] = 2,0 \cdot 10^{-12}$  моль/л
- 3.6. Концентрація йонів Гідрогену в розчині дорівнює  $4 \cdot 10^{-3}$  моль/л. Визначити рН розчину. // 2,4
- 3.7. Змішали по 250 мл розчинів фториду натрію (концентрація 0,2 моль/л) і нітрату літію (концентрація 0,3 моль/л). Визначте масу осаду, що утворився. Добуток розчинності фториду літію  $DP(\text{LiF}) = 1,5 \cdot 10^{-3}$  моль<sup>2</sup>/л<sup>2</sup>. // 1,0 г.
- 3.8. Змішали 1 л 0,5 М розчину  $\text{BaCl}_2$  і 1 л 0,2 М розчину  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ . Вважаючи, що  $\text{BaCrO}_4$  практично нерозчинний у воді, розрахуйте концентрації всіх йонів, що

- залишились у розчині після утворення осаду (об'ємом осаду знехтувати). // 0,15 моль/л  $\text{Ba}^{2+}$ , 0,5 моль/л  $\text{Cl}^-$ , 0,2 моль/л  $\text{K}^+$
- 3.9. Змішали 0,5 л 0,5 М розчину  $\text{MgCl}_2$  і 0,5 л 0,2 М розчину  $\text{K}_3\text{PO}_4$ . Вважаючи, що  $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$  практично нерозчинний у воді, розрахуйте концентрації всіх йонів, що залишилися у розчині після утворення осаду (об'ємом осаду знехтувати). // 0,1 моль/л  $\text{Mg}^{2+}$ , 0,5 моль/л  $\text{Cl}^-$ , 0,3 моль/л  $\text{K}^+$
- 3.10. Є розчин, що містить одночасно сульфатну і нітратну кислоти. Визначте масову частку кожної з кислот у розчині, якщо для нейтралізації 10 г такого розчину потрібно затратити 12,5 мл розчину, в якому масова частка гідроксиду калію 19% (густина 1,18 г/мл), а в результаті додавання до 10 г такого ж розчину надлишку хлориду барію утворюється 2,33 г осаду. // 9,8%  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , 18,9%  $\text{HNO}_3$
- 3.11. Обчисліть молярну концентрацію гідроксид-йонів у розчині хлоридної кислоти з  $\text{pH}=4,0$ . //  $[\text{OH}^-] = 10^{-10}$  моль/л
- 3.12. Водний розчин  $\text{HF}$  містить 2,0 г кислоти в 1 л розчину. Ступінь дисоціації кислоти дорівнює 8%. Чому дорівнює константа дисоціації  $\text{HF}$ ? //  $K_a(\text{HF}) = 6,9 \cdot 10^{-4}$
- 3.13. Розрахуйте значення концентрації йонів Гідрогену в розчині гідроксиду літію з концентрацією 1,5 моль/л. Константа дисоціації гідроксиду літію дорівнює 0,44. //  $[\text{H}^+] = 1,6 \cdot 10^{-14}$  моль/л
- 3.14. Добуток розчинності  $\text{PbCl}_2$  за  $20^\circ\text{C}$  дорівнює  $2,0 \cdot 10^{-5}$ . Обчисліть молярну концентрацію  $\text{PbCl}_2$  в насиченому розчині за цієї температури. // 0,017 моль/л
- 3.15. Змішали по 250 мл розчинів хлориду барію (концентрація 0,004 моль/л) і сульфіту амонію (концентрація 0,004 моль/л). Визначте масу осаду, що утворився. Добуток розчинності сульфіту барію  $DP(\text{BaSO}_3)=8,0 \cdot 10^{-8}$ . // 0,19 г  $\text{BaSO}_3$
- 3.16. Змішали по 250 мл розчинів гідроксиду цезію (концентрація 0,4 моль/л) і хлорату(VII) калію (концентрація 0,6 моль/л). Визначте масу осаду, що утворився. Добуток розчинності хлорату(VII) цезію  $DP(\text{CsClO}_4)=4,0 \cdot 10^{-3}$ . // 19,7 г  $\text{CsClO}_4$
- 3.17.  $\text{pH}$  0,23%-ого розчину слабкої одноосновної кислоти дорівнює 2,536. Визначте формулу кислоти, якщо константа дисоціації кислоти дорівнює  $K_a=1,8 \cdot 10^{-4}$ , а густина розчину – 1 г/мл. Дисоціацією води знехтувати. //  $\text{HCOOH}$
- 3.18. Ступінь дисоціації бензойної і орто-нітробензойної кислот у розчині концентрацією 0,1 моль/л дорівнює відповідно 2,5% і 22,9%. Обчисліть концентрацію йонів Гідрогену в кожному з цих розчинів. Знайдіть співвідношення констант дисоціації цих кислот. //  $[\text{H}^+]_1$  0,0025 моль/л,  $[\text{H}^+]_2=0,0229$  моль/л,  $K_a(2)/K_a(1) = 106$
- 3.19. У скільки разів зменшиться концентрація йонів Гідрогену в 0,1 М розчині нітритної кислоти (константа дисоціації  $K_a=5,1 \cdot 10^{-4}$ ), якщо до 1 л цього розчину додати 0,1 моль нітриту натрію? Вважати, що сіль дисоціює повністю. // У 16 разів
- 3.20. Розчинність гідроксиду магнію  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  при  $18^\circ\text{C}$  дорівнює  $1,7 \cdot 10^{-4}$  моль/л. Знайти добуток розчинності  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  при цій температурі. //  $1,96 \cdot 10^{-11}$
- 3.21. Обрахувати добуток розчинності  $\text{PbBr}_2$  при  $25^\circ\text{C}$ , якщо розчинність солі при цій температурі рівна  $1,32 \cdot 10^{-2}$  моль/л.
- 3.22. Константа дисоціації оцтової кислоти рівна  $1,8 \cdot 10^{-5}$ . Визначити концентрацію йонів  $[\text{H}^+]$  в 0,5 М розчині оцтової кислоти.

- 3.23. Визначити йонну силу 0,02 М розчину  $K_2SO_4$ .
- 3.24. Розчин лугу у воді містить  $[OH^-] = 2,5 \cdot 10^{-5}$  моль/л. Визначити концентрацію  $[H^+]$ .
- 3.25. В 2 л розчину міститься 0,1 моль слабого бінарного електроліту. Із нього 0,0004 моль знаходиться у вигляді іонів. Знайти константу дисоціації, ступінь дисоціації і ізотонічний коефіцієнт. //  $K = 8,3 \cdot 10^{-5}$ ;  $\alpha = 4\%$ ;  $i = 1,04$ .
- 3.26. Константа дисоціації мурашиної кислоти при  $18^\circ C$  рівна  $1,8 \cdot 10^{-4}$ . Знайти ступінь дисоціації  $HCOOH$  при даній температурі і концентрацію іонів  $H^+$  в 0,04 н. розчині. Виразити концентрацію іонів Гідрогену в моль/л і в г/мл. //  $\alpha = 6,7\%$ ;  $[H^+] = 2,68 \cdot 10^{-3}$  моль/л або  $2,68 \cdot 10^{-6}$  г/л.
- 3.27. Визначити ізотонічний коефіцієнт і концентрацію іонів  $NO_3^-$  в моль/л і в г/л в 0,004 н. розчині  $Mg(NO_3)_2$ , якщо уявна ступінь дисоціації солі рівна 64%. //  $i = 2,28$ ;  $[NO_3^-]_2 = 0,0256$  моль/л або 1,59 г/л.
- 3.28. Обчислити концентрацію  $Na_2SO_4$  в розчині в моль/л і г/л, якщо ступінь дисоціації складає 70%, а концентрація іону  $Na^+$  – 0,644 г/л. // 0,02 моль/л; 2,84 г/л.
- 3.29. Визначити концентрацію іонів Хлору і іонів Кальцію в 0,3 н. розчині хлориду кальцію в моль/л і г/л. Ступінь дисоціації солі складає 70%. //  $[Ca^{2+}] = 0,105$  моль/л чи 0,0042 г/мл;  $[Cl^-] = 0,21$  моль/л чи 0,0075 г/мл
- 3.30. В 1 л розчину міститься 0,01 моль хлориду натрію. Осмотичний тиск цього розчину при  $0^\circ C$  рівний  $4,33 \cdot 10^4$  Па. У скільки разів цей тиск більший від осмотичного тиску в розчині цукру при тій самій молярній концентрації? Знайти уявну ступінь дисоціації солі. // в 1,9 разів; 91%.
- 3.31. При розчиненні 0,1 моль деякої речовини в 5 л води температура кипіння води підвищується на  $0,016^\circ C$ . Показати, що розчинена речовина є електролітом.
- 3.32. Знайти температуру кипіння розчину хлориду амонію, якщо в 200 г води розчинено 1,07 г  $NH_4Cl$ . Ступінь приймати за 80%. //  $100,09^\circ C$ .
- 3.33. В 500 мл води розчинили 0,71 г  $Na_2SO_4$ . Знайти, при якій температурі почне замерзати даний розчин. Ступінь дисоціації  $Na_2SO_4$  приймати за 70%. //  $-0,04^\circ C$ .
- 3.34. Визначити молярну концентрацію бінарного електроліту, якщо його водний розчин починає замерзати при температурі  $-0,22298^\circ C$ , а уявна ступінь дисоціації рівна 60%. // 0,1 М.

### Опис дослідів до лабораторних робіт:

#### Лабораторна робота №6

**Дослід 1. Приготування розчину з вказаною масовою часткою розчиненої речовини в розчині з твердої речовини і води.** Для приготування певної маси розчину з заданою масовою часткою розчиненої речовини необхідно розрахувати масу води та масу речовини, яку розчиняють, оскільки  $m(\text{розчину речовини}) = m(\text{розчиненої речовини}) + m(\text{води})$ . При розрахунках використовують формулу  $\omega(\text{речовини в } \%) = \frac{m(\text{розчиненої речовини})}{m(\text{розчину})} \cdot 100\%$ ,

звідки  $m(\text{розч.реч.}) = m(\text{розчину речовини}) \omega(\text{речовини в } \%) / 100\%$ , а

$$m_{(\text{води})} = m(\text{розчину речовини}) - m(\text{розч.реч.}) \text{ і } V(\text{води}) = m_{(\text{води})} \cdot 1 \text{ г/мл}$$

У випадку приготування розчину солі з її кристалогідрату розрахунок

ускладнюється:

- 1) спочатку розраховують необхідну масу безводної солі –  $m(\text{розч.реч.})$ ;
- 2) потім встановлюють, в якій масі кристалогідрату знаходиться ця маса безводної солі (тобто перераховують масу солі на масу кристалогідрату) –  $m(\text{кристалогідр.солі})$ ; розрахунки проводять в такому порядку:
  - підраховують молярну масу безводної солі –  $M(\text{безводної солі})$ ;
  - підраховують молярну масу кристалогідрату цієї солі –  $M(\text{кристалогідр. солі})$ ;
  - складають відношення: 
$$\frac{M(\text{безводної солі})}{m(\text{розч.реч.})} = \frac{M(\text{кристалогідр. солі})}{m(\text{кристалогідр.солі})}$$
 з якого і розраховують  $m(\text{кристалогідр.солі})$ ;
- 3) тоді встановлюють  $m(\text{води}) = m(\text{розчину речовини}) - m(\text{кристалогідр.солі})$ , звідки  $V(\text{води}) = m(\text{води}) \cdot 1 \text{ г/мл}$ .

*Порядок виконання дослідів:*

- ✓ Одержати від викладача індивідуальне завдання.
- ✓ Розрахувати масу речовини і об'єм води, необхідні для приготування розчину з вказаною масовою часткою речовини.
- ✓ Відважити цю масу речовини в попередньо зваженому стаканчику на вагах з точністю до 0,1 г.
- ✓ Відміряти мірним циліндром необхідний об'єм води. Вилити цю воду в стакан і розчинити в ній зважену сіль.
- ✓ Довести температуру розчину до 20°C. Вилити розчин в сухий (або сполоснутий цим розчином) високий вузький циліндр і з допомогою ареометру визначити його густину. Ареометр промити водою, витерти насухо і здати лаборанту. Розчин вилити в склянку.
- ✓ По знайденій густині, користуючись таблицею 1, визначити  $\omega(\text{речовини (в \%)} \text{ в розчині})$  (при необхідності дані інтерполюють).
- ✓ Порівняти одержану величину з заданою.

Таблиця 1.  $\omega$  (%) і густини розчинів солей (при 20°C)

$\omega$ (%)	Густина розчинів солей			$\omega$ (%)	Густина розчинів солей		
	NaCl	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	BaCl <sub>2</sub>		NaCl	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	BaCl <sub>2</sub>
1	1,005	1,009	-	12	1,086	1,124	1,113
2	1,013	1,019	1,016	14	1,101	1,146	1,134
4	1,027	1,040	1,034	16	1,116	-	1,156
6	1,041	1,061	1,053	18	1,132	-	1,179
8	1,056	1,082	1,072	20	1,148	-	1,203
10	1,071	1,103	1,092	22	1,164	-	1,228

- ✓ Розрахувати молярну і нормальну концентрації виготовленого розчину.  
Розрахунок проводити в такому порядку:
  - 1) розрахувати масу 1000 мл виготовленого розчину ( $m_1$ ):  $m_1 = 1000 \cdot d$ ;
  - 2) розрахувати масу розчиненої речовини в 1000 мл розчину ( $m_2$ ):  $m_2 = m_1 \cdot \omega$ ;
  - 3) підрахувати молярну масу розчиненої речовини та визначити кількість молей, що відповідає  $m_2$ , тобто  $C_M$  розчину:  $C_M = m_2/M$ .

**Дослід 2. Визначення густини розчинів з допомогою ареометрів.** Для визначення концентрації розчинів використовують факт існування залежності між густиною розчину і його концентрацією. Для найбільш широко використовуваних кислот, розчинних основ та солей ця залежність встановлена і приводиться в довідниках у вигляді таблиць (частково представлених в табл.1, 2). Таким чином, визначення

концентрації виготовленого розчину може бути проведене шляхом експериментального вимірювання густини розчину і послідуочого знаходження концентрації речовини по табличним даним. *Густину розчину визначають з допомогою ареометрів.* Для цього досліджуваний розчин наливають в скляний циліндр. Обережно опускаючи в нього по чергово ареометри, підбирають той із них, при якому рівень рідини знаходиться в межах його шкали. При цьому ареометр не повинен доторкуватися до стінок циліндра. Покази шкали ареометра на рівні поверхні рідини відповідають густині цієї рідини.

Таблиця 2.  $\omega$  (%) і  $d$ (г/мл) розчинів деяких кислот і лугів при 15°C

$\omega$ (%)	Густина розчину, г/мл		
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	HCl	NaOH
-			
4	1,027	1,019	1,046
8	1,055	1,039	1,092
12	1,083	1,059	1,137
16	1,112	1,079	1,181
20	1,143	1,100	1,225
24	1,174	1,121	1,268
28	1,205	1,142	1,310
32	1,238	1,163	1,352
36	1,273	1,183	1,395
40	1,307	-	1,437

### **Дослід 3. Приготування розчинів заданої молярної або нормальної концентрації з концентрованого розчину і води.**

- ✓ Одержати завдання від викладача (приготувати 50 або 100 мл 0,1 н. розчину сірчаної кислоти).
- ✓ Виміряти ареометром густину розчину кислоти, яка є в лабораторії. По таблиці 2 знайти  $\omega$ (%), що відповідає виміряній густині.
- ✓ Розрахувати масу, а потім об'єм цього розчину, який необхідний для приготування заданого розчину.
- ✓ Відміряти піпеткою розрахований об'єм розчину кислоти. В мірну колбу відповідної ємності налити води (близько половини її об'єму), а потім влити у воду (у випадку сірчаної кислоти тонким струменем) через воронку розчин кислоти, відмірений піпеткою. Змити кислоту з воронки водою, сколотити розчин і охолодити його до кімнатної температури. Долити воду в колбу до мітки (останні краплі піпеткою), закрити пробкою і перемішати.
- ✓ Вилити одержаний розчин в сухий високий циліндр, визначити ареометром його густину і потім вилити в приготовану склянку для здачі лаборанту.
- ✓ Знайти  $\omega$  (%), молярну і нормальну концентрацію розчину. Порівняти розраховану молярну концентрацію з заданою, встановити точність виконання дослідів.

**Дослід 4. Визначення концентрації розчину кислоти.** Концентрацію виготовленого в попередньому досліді розчину кислоти встановлюють титруванням. *Проведення титрування:*

Заповніть бюретку титрованим розчином лугу. Для цього закріпіть бюретку в штативі, вставте лійку і наливайте з стаканчика в бюретку розчин лугу, кран бюретки при цьому повинен бути закритим. Підставте під бюретку конічну колбочку і повністю відкрийте кран бюретки. При цьому носик бюретки повинен

заповнитися лугом повністю. Якщо таке заповнення носика лугом не відбудеться, то слід випустити весь розчин лугу в колбочку, опустити в неї носик бюретки і затягнути розчин в бюретку через носик з допомогою спеціальної груші (при відкритому крані). Втягування розчину проводити тільки до рівня трохи вище крану. Повне заповнення бюретки до нульового рівня проводити вказаним вище способом.

В конічну колбочку сухою піпеткою внести 3 мл досліджуваної кислоти, додати туди кілька крапель індикатору. Колбочку помістити під носиком бюретки так, щоб при відкритому крані луг із бюретки по краплям доливався до кислоти. Відкрити кран так, щоб луг кавав в колбу і після кожної краплі перемішувати вміст конічної колби круговими рухами. Таке додавання лугу по краплям слід проводити до зміни кольору індикатору від однієї краплі кислоти. Відмітити об'єм затраченого лугу. Повторити титрування ще 2 рази

Значення об'ємів лугу і кислоти використовують для проведення розрахунків.

*Розрахунок еквіваленту кислоти:*

Об'єм взятої для титрування кислоти

$V_{\text{кисл.}}$ , мл

Об'єм лугу, що витрачається на титрування проби

$V_{\text{лугу}}$ , мл

Нормальність лугу

$N_{\text{лугу}}$

Тоді нормальність кислоти визначатиметься за формулою  $N_{\text{кисл.}} = N_{\text{лугу}} V_{\text{лугу}} / V_{\text{кисл.}}$

Розрахуйте також молярність і титр кислоти.

**Дослід 5. Екстрагування йоду з водного розчину аміловим спиртом.** В циліндр налити 20 мл йодної води і 2 мл амілового спирту та закрити його пробкою. Циліндр енергійно струшувати 2-3 хвилини, потім поставити в штатив і спостерігати за поступовим розшаруванням. Вказати, як змінилася інтенсивність забарвлення йодної води і яке забарвлення спиртового шару йоду. Потім видалити піпеткою верхній шар спиртового розчину йоду, залишки якого на поверхні водного шару зняти фільтрувальним папером. Відлити в пробірку біля 2 мл водного розчину, що залишився, додати до них 10 крапель крохмалю, струсити і відмітити інтенсивність забарвлення.

### Лабораторна робота №7

**Дослід 1. Порівняння електропровідності розчинів деяких електролітів.** Для проведення досліду досліджувані розчин (близько 5 мл) наливають в стакан, стакан ставиться на панель пристрою, що містить також електричну лампочку, по інтенсивності горіння якої роблять висновки про величину електропровідності розчину. Потім в стакан опускають електроди, слідкуючи, щоб вони не дотикалися один до одного. Включають тумблер подачі електроструму (ні в якому разі не притримуючи електроди руками) і спостерігають за накалюванням лампочки. Почергово перевіряють електропровідність запропонованих розчинів, промиваючи електроди в дистильованій воді після кожного проведеного дослідження. Перевірити електропровідність:

а) дистильованої води та розчину цукру (для чого додати в воду 1-2 шпательки сухого цукру);

б) сухої кухонної солі та її розчину;

в) 0,1 н. розчинів соляної кислоти, їдкого натру, оцтової кислоти, аміаку.

Зробити висновки про електропровідність запропонованих речовин і їх розчинів та

по ступені накалювання лампочки зробити якісний висновок про силу досліджуваних кислот і основ.

Досліджені попередньо розчини оцтової кислоти та аміаку злити і перевірити електропровідність одержаного розчину. Пояснити причину посилення інтенсивності накалювання лампочки в порівнянні з вихідними розчинами.

**Дослід 2. Характер дисоціації гідроксидів.** В окремі пробірки внести по 4-5 крапель 0,5 н. розчинів наступних солей:  $MgCl_2$ ,  $AlCl_3$ ,  $Na_2SiO_3$ ,  $NiSO_4$ ,  $ZnSO_4$ . В кожну з пробірок додати по декілька крапель (до початку випадання осадів гідроксидів) 0,5 н. розчину лугу. В пробірці з розчином якої солі осад не випадає? Додавати в цю пробірку по краплям 2 н. розчин соляної кислоти і спостерігати появу нерозчинної гелеподібної речовини. Написати рівняння реакцій утворення гідроксидів.

Встановити хімічний характер одержаних гідроксидів. Для цього половину кожного одержаного осаду відливати в чисту пробірку і добавляти по краплям до однієї половини – розчин лугу, до другої – розчин кислоти. На основі спостережень про здатність гідроксидів розчинятися в кислоті чи лузі зробити висновок про характер їх дисоціації. Результати проведених досліджень та висновки з них записувати в вигляді таблиць.

Назва та формула гідроксиду	Рівняння реакцій розчинення	
	в кислоті	в лузі
Гідроксид магнію		
Гідроксид алюмінію		
Гідроксид силіцію		
Гідроксид ніколу		
Гідроксид цинку		

Назва та формула гідроксиду	Хімічний характер гідроксиду: кислотний, основний чи амфотерний	Схема дисоціації в кислому та лужному середовищі
Гідроксид магнію		
Гідроксид алюмінію		
Гідроксид силіцію		
Гідроксид ніколу		
Гідроксид цинку		

Зробіть висновки про наявність залежності кислотно-основних властивостей від заряду іонів.

**Дослід 3. Порівняння хімічної активності кислот.** В одну пробірку внести 3-4 краплі 2н. розчину оцтової кислоти, а в другу – стільки ж 2 н. розчину хлоридної. Вибрати два приблизно однакові по величині кусочки мармуру і вкинути їх по одному в кожну пробірку.

Аналогічним чином провести дослідження взаємодії вказаних кислот з цинком.

В пробірці з якою кислотою процес йде більш енергійно? Написати молекулярні та іонні рівняння реакцій, що відбуваються. Від концентрації якого йону залежить швидкість даних реакцій? Зробіть висновки про те, в розчині якої кислоти концентрація водневих йонів більша та про відносну силу досліджуваних кислот.

**Дослід 4. Зміщення рівноваги дисоціації слабких електролітів**

**а) вплив солі слабкої кислоти на дисоціацію цієї кислоти:** В дві пробірки внести по 5-7 крапель 0,1 н. розчину оцтової кислоти, в кожну пробірку додати 1 краплю метилоранжу. В одну з пробірок внести мікрошпатель ацетату натрію і перемішати

розчин скляною паличкою. Порівняти забарвлення одержаного розчину з забарвленням розчину в контрольній пробірці. На зміну концентрації якого з іонів вказує зміна забарвлення метилового оранжевого? Написати рівняння дисоціації оцтової кислоти і вираз константи її дисоціації. Пояснити, як зміщується рівновага дисоціації кислоти при додаванні ацетату натрію. Як змінюється при цьому ступінь дисоціації кислоти і концентрація іонів  $H^+$ .

**б) вплив солі слабкої основи на дисоціацію цієї основи:** В дві пробірки внести по 5-7 крапель 0,1 н. розчину аміаку, в кожену пробірку додати 1 краплю фенолфталеїну. В одну з пробірок внести мікрошпатель хлориду амонію і перемішати розчин скляною паличкою. Порівняти забарвлення одержаного розчину з забарвленням розчину в контрольній пробірці. На зміну концентрації якого з іонів вказує зміна забарвлення фенолфталеїну? Написати схему рівноваги в розчині аміаку. Пояснити, як зміщується рівновага в цьому розчині при додаванні хлориду амонію.

**Дослід 5. Умови випадання осаду.** В дві пробірки внести по 2-3 краплі розчину сульфату феруму(II). В одну з них додати такий же об'єм сірководневої води, а в другу – розчин сульфід амонію. В одній з пробірок випадає осад. Написати іонне рівняння реакції, записати рівняння дисоціації в сірководневій воді та сульфіді амонію та, користуючись правилом добутку розчинності, поясніть причину випадання осаду сульфід феруму в одному випадку і не випадання – в іншому.

**Дослід 6. Дробне осадження.** В одній пробірці одержати аргентум хлорид шляхом взаємодії розчину калій хлориду з аргентум нітратом, а в другій – аргентум хромат шляхом взаємодії калій хромату з аргентум нітратом. Написати йонні рівняння реакцій, відмітити колір осадів. Виходячи з табличних даних про добуток розчинності солей ( $DP(AgCl) = 1,8 \cdot 10^{-10}$ ,  $DP(Ag_2CrO_4) = 4 \cdot 10^{-12}$ ) вказати, яка сіль менш розчинна. Яка сіль буде в першу чергу випадати в осад з розчину, що містить йони  $Ag^+$ ,  $Cl^-$  та  $CrO_4^{2-}$  в рівних концентраціях. Перевірте відповідь дослідним шляхом, для чого змішайте в пробірці розчини хлориду та хромату калію та краплями добавляйте до суміші аргентум нітрат. Опишіть та поясніть спостереження.

**Дослід 7. Порівняння повноти осадження іонів різними осаджувачами.**

**а) осадження солей Барію:** Одержати осад оксалату барію шляхом взаємодії розчинів барій хлориду і амоній оксалату. Розчин профільтрувати і прозорий фільтрат перенести піпеткою в дві чисті пробірки. В одну додати розчин амоній оксалату, щоб впевнитися в повноті осадження іонів Барію оксалат-йонами, а в другу додати розчин калій хромату і спостерігати утворення осаду (якого?). Написати йонні рівняння реакцій. Пояснити спостереження, виходячи із значень добутків розчинності солей  $DP(BaC_2O_4) = 1,1 \cdot 10^{-7}$ ,  $DP(BaCrO_4) = 1,6 \cdot 10^{-12}$ . Який із реактивів найбільш повно видаляє йони Барію з розчину?

**б) осадження солей Плюмбуму:** Одержати хлорид плюмбуму шляхом взаємодії нітрату плюмбуму та хлориду натрію. Розчин профільтрувати і прозорий фільтрат розлити в дві чисті пробірки. В одну пробірку додати розчин хлориду натрію, в другу – розчин йодиду калію. Яка сіль випадає в осад? Написати йонні рівняння реакцій. На основі дослідів зробити висновок про порівняльну величину добутку розчинності хлориду та йодиду плюмбуму.

**Дослід 8. Умови розчинення осадів**

**а) вплив величини ДР на розчинення осадів:** В трьох пробірках поокремо одержати осад хлориду, бромід та йодид аргентуму шляхом взаємодії розчинів

відповідних солей Калію з аргентум нітратом. Відмітити колір осадів. До осадів в кожену пробірку долити розчин аміаку, розмішати вміст скляною паличкою. В якому випадку осад швидко розчиняється? Який осад практично не розчиняється? Для пояснення спостережень напишіть рівняння реакцій розчинення осадів відповідних галогенідів аргентуму в водному розчині аміаку, що протікає з утворенням комплексного йону  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$  та візьміть до уваги значення ДР солей  $DP(\text{AgCl}) = 1,8 \cdot 10^{-10}$ ,  $DP(\text{AgBr}) = 6 \cdot 10^{-13}$ ,  $DP(\text{AgI}) = 1,1 \cdot 10^{-16}$ .

**б) вплив концентрації йонів розчинника на розчинення осадів:** В двох пробірках одержати осад кальцій оксалату шляхом взаємодії розчинів солі Кальцію з оксалатом амонію. В одну пробірку додати декілька крапель 2 н. розчину хлоридної кислоти до повного розчинення осаду, а в другу – стільки ж 2 н. розчину оцтової кислоти. В якій кислоті осад розчиняється? Для пояснення спостережень напишіть йонні рівняння реакцій і візьміть до уваги значення  $DP(\text{CaC}_2\text{O}_4) = 2 \cdot 10^{-9}$ . Концентрація якого йону впливає на розчинення оксалату кальцію в кислотах?

### Дослід 9. Переосадження малорозчинних речовин

**а) одержання сульфідів пльомбуму з сульфату пльомбуму:** В пробірку внести розчин пльомбум нітрату та додати туди ж розчин натрій сульфату. Осаду дати відстоятися і шматочком фільтрувального паперу відібрати рідку фазу. До осаду додати 2-3 краплі амоній сульфідів і перемішати осад скляною паличкою. Як змінився колір осаду? Чому? Для пояснення спостережень використайте значення  $DP(\text{PbSO}_4) = 1,6 \cdot 10^{-8}$ ,  $DP(\text{PbS}) = 1 \cdot 10^{-27}$ .

**б) Одержання хромату пльомбуму з сульфату пльомбуму:** Аналогічним чином одержаний пльомбум сульфат перевести в пльомбум хромат. Як змінився колір осаду? Чому? ( $DP(\text{PbSO}_4) = 1,6 \cdot 10^{-8}$ ,  $DP(\text{PbCrO}_4) = 1,8 \cdot 10^{-14}$ ).

### Лабораторна робота №8

#### Дослід 1. Наближене визначення рН в водних розчинах з допомогою індикаторів

**а) забарвлення деяких індикаторів в різних середовищах:** В чотири пробірки внести по 10 крапель 0,1 н. розчину хлоридної кислоти, в інші чотири – 0,1 н. розчину гідроксиду натрію. В кожену пару пробірок (кислота–основа) додавайте по краплі одного з запропонованих індикаторів. Відмітити забарвлення, яке виникає в кожному середовищі. Результати оформіть у вигляді таблиці:

Назва індикатору	рН переходу	Забарвлення індикатору		
		кисле середовище	в області переходу	лужне середовище
Метилловий оранжевий	3,1–4,4		оранжеве	
Метилловий червоний	4,4–6,2		оранжеве	
Лакмус	5,0–8,0		фіолетове	
Фенолфталеїн	8,2–10,0		рожеве	

**б) визначення рН розчину за допомогою універсального індикатору:** Одержати у викладача розчин, рН якого необхідно визначити. За допомогою піпетки перенести 2-3 краплі цього розчину на індикаторний папірець, порівняти забарвлення ще вологої плями з кольоровою шкалою та вибрати з неї той відтінок, що найбільш близький до кольору плями. Зробити висновок про рН досліджуваного розчину та вказати реакцію середовища. Перевірити правильність висновків у викладача.

#### Дослід 2. Буферні розчини

**а) виготовлення буферних розчинів:** Приготуйте ацетатну буферну суміш  $(\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{COONa})$ , для чого помістити в стакан по 5 мл 0,1 М розчинів її

компонентів і перемішати їх скляною паличкою. В другому стаканчику аналогічним чином приготуйте амонійну буферну суміш ( $\text{NH}_4\text{OH} + \text{NH}_4\text{Cl}$ ). В окремих пробах визначте рН цих розчинів з допомогою універсального індикатору і порівняйте результати з розрахованими значеннями. Одержані розчини зберігайте для послідуєчих дослідів.

**б) дослідження властивостей буферних розчинів:** Візьміть дві пробірки і помістіть в кожену по 1 мл виготовленої ацетатної буферної суміші. В одну пробірку помістіть 1 краплю 0,1 н. розчину  $\text{HCl}$ , а в другу – 1 краплю 0,1 н. розчину  $\text{NaOH}$ . Перемішайте розчини чистими паличками. Визначте рН цих розчинів з допомогою універсального індикатора. Аналогічний дослід проведіть з чистою водою. Аналогічним чином дослідіть буферні властивості амонійної буферної суміші.

**в) вплив розбавлення на рН буферних розчинів:** Налийте в пробірку (або циліндр) 1 мл ацетатної буферної суміші. Розбавте водою вміст пробірки в 30 разів (до заповнення пробірки) та розмішайте вміст пробірки скляною паличкою. Визначте рН розчину. Відлійте 1 мл одержаного розчину в іншу пробірку, знову долийте в неї води, розчин розмішайте і виміряйте рН. Чи змінюється рН при розведенні розчину? Аналогічним чином дослідіть амонійну буферну суміш.

Результати вимірювань рН представте у вигляді таблиці

Вихідний розчин	Виміряні значення рН			
	в вихідному розчині	після додавання $\text{HCl}$	після додавання $\text{NaOH}$	після розбавлення
Дистильована вода				
Ацетатна буферна суміш				
Амонійна буферна суміш				

**Дослід 3. Реакція середовища в розчинах різних солей.** В сім пробірок до 1/3 їх об'єму налити нейтральний розчин лакмусу. Одну пробірку залишити в якості контрольної, а в інші додати по 1 мікрошпателью кристали наступних солей:  $\text{NaCH}_3\text{COO}$ ,  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$ . Розчини розмішати (скляні палички не переносити з одного розчину в інший). По зміні забарвлення лакмусу зробити висновок про реакцію середовища в розчині кожної солі (кисле, нейтральне, лужне). Напишіть рівняння реакцій гідролізу солей, що гідролізують. Результати зведіть в таблицю:

Сіль	Реакція гідролізу (іонна і молекулярна)	Реакція середовища
$\text{NaCH}_3\text{COO}$		
$\text{AlCl}_3$		
$\text{Na}_2\text{CO}_3$		
$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$		
$\text{KCl}$		
$\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$		

**Дослід 4. Утворення основних і кислих солей при гідролізі**

**а) Гідроліз алюмінію ацетату:** В пробірку внести декілька крапель розчину хлориду алюмінію і стільки ж – розчину ацетату натрію. Пробірку опустити в киплячу водяну баню (або підігрійте на спиртівці). Поясніть причину появи осаду, для чого запишіть відповідні рівняння реакцій.

**б) Гідроліз натрій сульфату:** Налити в пробірку води, внести туди 1 мікрошпатель кристалів сульфату натрію і розмішайте скляною паличкою. З допомогою універсального індикатора визначте рН утвореного розчину. Напишіть рівняння реакції, що призводить до зміни рН дистильованої води.

Вкажіть, при гідролізі яких солей утворюються кислоти та основні солі.

**Дослід 5. Випадки повного (незворотнього) гідролізу солей.** В дві пробірки налити розчин хлориду алюмінію, в одну додати такий же об'єм розчину сульфід амонію, а в другу – розчин карбонату натрію. Пояснити причину випадання осаду та виділення газу, для чого написати рівняння реакцій, що відбуваються.

**Дослід 6. Фактори, що впливають на ступінь гідролізу.**

**а) Вплив сили кислоти та основи, що утворюють сіль, на ступінь її гідролізу:** В дві пробірки до 2/3 їх об'єму налити дистильованої води. В одну пробірку внести мікрошпатель кристалів сульфід натрію, в другу – стільки ж кристалів карбонату натрію. В кожен пробірку додати по краплині фенолфталеїну. В якій пробірці забарвлення більш інтенсивне? Дайте необхідні пояснення різної ступені гідролізу солей. Напишіть рівняння відповідних реакцій.

Зробіть припущення, ступінь гідролізу якої солі – хлориду магнію чи алюмінію – вища. Перевірте припущення дослідним шляхом, використовуючи в якості індикатора універсальний індикаторний папірець. Зробіть висновок про вплив сили кислоти і основи, що утворюють сіль, на ступінь її гідролізу.

**б) вплив температури на ступінь гідролізу солі:** Налийте в пробірку дистильовану воду і внесіть в неї мікрошпатель натрій ацетату. Напишіть іонне рівняння гідролізу цієї солі. Додайте дві краплі фенолфталеїну, а потім нагрійте пробірку, помістивши її в стакан з киплячою водою. Нагрівання проводьте до появи забарвлення. В якому напрямку відбувається зміщення рівноваги гідролізу при нагріванні? Чи відбудеться знову зміщення рівноваги після охолодження розчину? Зробити висновки про вплив температури на ступінь гідролізу солі.

**в) вплив розбавлення розчину на ступінь гідролізу солі:** В пробірку внести розчин хлориду стибію(III) і поступово по краплям добавляти воду до випадання білого осаду  $SbOCl$ . Цей осад утворюється на другій ступені гідролізу з  $Sb(OH)_2Cl$  внаслідок відщеплення  $H_2O$ . Для пояснення спостережень написати рівняння першого і другого ступеня гідролізу вихідної солі, а також загальне рівняння її гідролізу. Написати формулу для обчислення константи гідролізу для першої ступені і показати, як впливає розбавлення на ступінь гідролізу солей. Ступінь гідролізу яких солей не змінюється при розбавленні розчину?

**г) зміщення рівноваги реакції гідролізу солі:** В пробірку з дистильованою водою внести кілька кристалів станум(II) хлориду та розмішати скляною паличкою її вміст. Записати рівняння реакції гідролізу та відзначити, концентрацію яких йонів в розчині необхідно збільшити (внести додатково), щоб подавити гідроліз.

**Увага!** Значення рН розчинів солей, що гідролізують, можуть значно відхилитися від 7, тому необхідно слідкувати, щоб вони не попадали на шкіру, одяг тощо.

**Контроль знань на лабораторних заняттях № 6, 7, 8 та практичному занятті №6**

## 6.ОКИСНО-ВІДНОВНІ РЕАКЦІЇ. ГАЛЬВАНІЧНІ ЕЛЕМЕНТИ. ЕЛЕКТРОЛІЗ

**Програмні вимоги:** Окисно-відновні реакції: Знаходження ступеня окиснення елементів у складних сполуках. Окисно-відновні реакції. Окиснення, відновлення. Окисник, відновник. Типи окисно-відновних реакцій. Виявлення окисника та відновника. Прогнозування продуктів реакції. Способи складання рівнянь. Метод

електронного балансу. Електронно-іонний метод. Окисно-відновні потенціали. Електродний потенціал. Стандартні окисно-відновні потенціали. Формула Нернста. Гальванічні елементи та визначення їх електрорушійної сили. Електроліз. Хімічні перетворення при електролізі. Електроліз розплавів іонних галогенідів та оксидів. Електроліз водних розчинів солей. Перетворення на аноді при електролізі солей безкисневих кислот та солей кисневмісних кислот. Електроліз водних розчинів лугів та кислот. Електроліз: Закони Фарадея. Практичне значення електролізу. Паливні елементи. Акумулятори.

**Література для самостійної роботи:** [1] ч.1 розд.У с.206-217; [4] розд.5; [2] розд.ХІХ с.315-332; [8] т.1 розд.5 с.202-213, розд.УІІ с.283-294; [12] ч.4 с.4-41.

**Орієнтовний перелік питань, що виносяться на колоквиум:**

### ОКИСНО-ВІДНОВНІ РЕАКЦІЇ

#### *Теоретичні питання:*

- 1.1. Дати визначення поняття "хімічна реакція".
- 1.2. Класифікація хімічних реакцій за різними ознаками. Окисно-відновні реакції.
- 1.3. Окисник та відновник, окиснення та відновлення.
- 1.4. Електронегативність та ступінь окиснення.
- 1.5. Встановлення ступені окиснення в сполуках (приклади).
- 1.6. Практичне використання окисно-відновних реакцій.
- 1.7. Типи окисно-відновних реакцій.
- 1.8. Складання рівнянь окисно-відновних реакцій за допомогою електронного балансу.
- 1.9. Іонно-електронний метод складання окисно-відновних реакцій.
- 1.10. Складання рівнянь окисно-відновних реакцій за методом Кістяковського.
- 1.11. Окисно-відновні реакції за участю пероксидних сполук.
- 1.12. Знаходження характеру середовища в окисно-відновних реакціях.
- 1.13. Окисно-відновні реакції з участю органічних сполук.
- 1.14. Як змінюються окисно-відновні властивості простих речовин в залежності від положення відповідних елементів в періодичній системі Д.І.Менделєєва?
- 1.15. Покажіть на прикладах, як змінюються окисно-відновні властивості сполук елементів в залежності від його ступеня окиснення.
- 1.16. По яким ознакам можна віднести ту чи іншу речовину лише до окисників, лише до відновників, або до речовин, що проявляють подвійні властивості. Наведіть приклади.
- 1.17. На прикладі відновлення перманганату калію покажіть вплив середовища на протікання окисно-відновних реакцій.

#### *Тестові завдання:*

- 2.1. Наведіть формули шести простих речовин, які виявляють окисні властивості. Напишіть по одному рівнянню ОВР за участю цих речовин.
- 2.2. Наведіть приклади шести простих речовин, які виявляють відновні властивості. Напишіть по одному рівнянню ОВР за участю цих речовин.

- 2.3. Наведіть приклади шести складних речовин, здатні виявляти як окисні, так і відновні властивості. Напишіть по два рівняння ОВР за участю цих речовин.
- 2.4. Які з наведених молекул та йонів можуть бути а) лише окисниками; б) лише відновниками; в) виявляти як окисні, так і відновні властивості: Fe, Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, Cu, Cu<sup>2+</sup>, Cl<sub>2</sub>, Cl<sup>-</sup>, Mn, MnO<sub>2</sub>, MnO<sub>4</sub><sup>-</sup>, N<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, S<sup>2-</sup>, SO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>.
- 2.5. Наведіть приклад слабкої кислоти, яка є сильним окисником. Напишіть по одному рівнянню реакції, що характеризує її кислотно-основні та окисні властивості.
- 2.6. Наведіть по одному прикладу слабкої кислоти і слабкої основи, які є слабкими окисниками. Напишіть по одному рівнянню реакції, що характеризує її кислотно-основні та окисні властивості.
- 2.7. Наведіть по одному прикладі слабкої кислоти і слабкої основи, які є сильними відновниками. Напишіть по одному рівнянню реакції, що характеризує їх кислотно-основні та відновні властивості.
- 2.8. Наведіть по одному прикладу окисно-відновних реакцій сполучення і розкладу.
- 2.9. Наведіть приклад окисно-відновної реакції між двома оксидами.
- 2.10. Наведіть приклади двох реакцій, в яких атом-окисник і атом-відновник містяться у складі однієї молекули.
- 2.11. Наведіть приклади двох реакцій з однією і тією ж простою речовиною, в одній з яких вона реагує з окисником, а в другій – з відновником.
- 2.12. Наведіть приклади двох реакцій з однією і тією ж складною речовиною, в одній з яких вона реагує з окисником, а в іншій – з відновником.
- 2.13. Напишіть рівняння реакцій, які відповідають таким схемам: X+Y+H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>→; X+Y+KOH→. Запропонуйте речовини X і Y.
- 2.14. Які з наведених реакцій є окисно-відновними: 1) H<sub>2</sub>+Cl<sub>2</sub>→; 2) Mg+O<sub>2</sub>→; 3) CaCO<sub>3</sub><sup>t</sup>→; 4) NaOH+H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>→; 5) (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>→; 6) FeS+HCl→; 7) Na+H<sub>2</sub>O→; 8) Na<sub>2</sub>O+H<sub>2</sub>O→?
- 2.15. Напишіть рівняння хімічних реакцій, які відбуваються під час: а) прожарювання аргентуму(I) нітрату, б) прожарювання калій гідрогенкарбонату, в) взаємодії ферум(II) сульфідів з хлоридною кислотою, г) взаємодії ферум(II) сульфідів з нітратною кислотою?
- 2.16. Наведіть приклад окисно-відновної реакції, в якій два елементи-відновники входять до складу однієї сполуки.
- 2.17. Наведіть приклад окисно-відновної реакції, в якій два елементи-окисники входять до складу однієї сполуки.
- 2.18. Підберіть коефіцієнти в рівняннях таких окисно-відновних реакцій:
- |  |  |
|--|--|
| Al+Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> →Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Fe;                                       | FeS <sub>2</sub> +O <sub>2</sub> →Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +SO <sub>2</sub> ;  |
| Mg+HNO <sub>3</sub> (розв)→;   | Al+NaOH+H <sub>2</sub> O→;   |
| Cu <sub>2</sub> S+O <sub>2</sub> →CuO+SO <sub>2</sub> ;  | P+KClO <sub>3</sub> →P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +KCl;   |
| Fe(OH) <sub>2</sub> +O <sub>3</sub> +H <sub>2</sub> O→Fe(OH) <sub>3</sub> ;                                  | Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> +C+SiO <sub>2</sub> →CaSiO <sub>3</sub> +P+CO.                             |
| NaOCl+KI+H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> →I <sub>2</sub> +...;  | Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +KNO <sub>3</sub> +KOH→K <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub> +KNO <sub>2</sub> +H <sub>2</sub> O; |
| Fe(OH) <sub>2</sub> +NO <sub>2</sub> →Fe(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> +NO+H <sub>2</sub> O;                | H <sub>2</sub> S+HNO <sub>3</sub> →H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> +NO+H <sub>2</sub> O                                     |
| KI+H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (конц)→I <sub>2</sub> +S+K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> +H <sub>2</sub> O; | NaHSO <sub>3</sub> +Cl <sub>2</sub> +H <sub>2</sub> O→NaHSO <sub>4</sub> +HCl;   |
| SO <sub>2</sub> +HNO <sub>3</sub> +H <sub>2</sub> O→NO+...   | KClO <sub>3</sub> +HCl→Cl <sub>2</sub> +...  |
| K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> +H <sub>2</sub> S+H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> →...          | FeSO <sub>4</sub> +H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> +HNO <sub>3</sub> →NO+...  |

- 2.19. Напишіть рівняння можливих реакцій взаємодії міді та магнію з концентрованою і розбавленою нітратною кислотою; цинку, заліза та міді з концентрованою і розбавленою сірчаною кислотою.
- 2.20. Напишіть рівняння реакцій, в яких елементи IV-VII груп одночасно підвищують і знижують ступінь окиснення.
- 2.21. Напишіть рівняння реакцій, що відповідають таким перетворенням:  
 а)  $P^{-3} \rightarrow Cl^{-1} \rightarrow N^{-3} \rightarrow Cu^{+2}$ ;                      б)  $Cu^{+1} \rightarrow S^{+4} \rightarrow Na^{+1} \rightarrow Fe^{+3}$ ;  
 в)  $Fe^{+2} \rightarrow Mn^{+4} \rightarrow Br^{-1} \rightarrow N^{+5}$ ;                      г)  $P^{+3} \rightarrow S^{+4} \rightarrow Ba^{+2} \rightarrow C^{+2}$ .
- 2.22. Напишіть рівняння таких окисно-відновних реакцій:
- |   |  |
|---|--|
| $Fe(OH)_2 + NaBrO + H_2O \rightarrow$     | $Zn + KClO_3 + KOH + H_2O \rightarrow$                                       |
| $KNO_3 + Al + KOH + H_2O \rightarrow$     | $MnO_2 + O_2 + KOH \rightarrow K_2MnO_4 + \dots$                             |
| $KMnO_4 + SO_2 + H_2O \rightarrow \dots$  | $Fe(CrO_2)_2(тв) + K_2CO_3(тв) + O_2 \rightarrow Fe_2O_3 + K_2CrO_4 + \dots$ |
| $HI + H_2SO_4(конц) \rightarrow \dots$    | $FeSO_4 + Br_2 + H_2SO_4 \rightarrow \dots$                                  |
| $CrCl_3 + NaClO + NaOH \rightarrow \dots$ | $Fe_2(SO_4)_3 + KI \rightarrow \dots$  |
| $NaNO_2 + Cl_2 + NaOH \rightarrow \dots$  | $CuO + NH_3 \rightarrow \dots$   |
| $HNO_2 + H_2S \rightarrow \dots$          | $PH_3 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow \dots$                                  |
| $FeCl_3 + KI \rightarrow$                 | $H_2O_2 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow$                                      |
| $FeS + O_2 \rightarrow$                   | $K_2SO_3 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow$                                     |
| $KClO_3 + HCl \rightarrow$                | $Si + NaOH + H_2O \rightarrow$   |
- 2.23. Напишіть рівняння реакцій між такими речовинами:  
 1) Фосфіном і озоном;  
 2) ферум(II) сульфатом і киснем повітря в кислому середовищі;  
 3) амоній сульфідом і хлором у водному розчині;  
 4) магній йодидом і гідроген пероксидом в кислому середовищі;  
 5) сірководнем і ферум(III) хлоридом у підкисленому розчині;  
 6) хром(III) сульфатом і бромом у лужному середовищі;  
 7) цинк сульфідом і бромною водою за наявності надлишку лугу;  
 8) твердим натрій йодидом і концентрованою сульфатною кислотою;  
 9) озоном і колоїдним розчином ферум(II) гідроксиду;  
 10) хлорною водою і колоїдним розчином ферум(II) гідроксиду.  
 Складіть схеми електронного балансу, розставте коефіцієнти.
- 2.24. Напишіть рівняння реакцій між такими речовинами:  
 1) надлишком цинк нітрату і ферум(II,III) оксидом за нагрівання;  
 2) надлишком магнію і аргентум(I) нітратом за нагрівання;  
 3) натрій хроматом і гідроген пероксидом у водному розчині;  
 4) ферум(II) хлоридом і натрій нітритом в підкисленому розчині;  
 5) амоній нітратом і надлишком магнію за нагрівання;  
 6) надлишком аргентуму(I) нітрату і купрум(II) нітратом за нагрівання.  
 7) надлишком аргентуму(I) нітрату і заліза за нагрівання.  
 8) надлишком сульфур(IV) оксиду з купрум(II) нітратом за нагрівання.  
 Складіть схеми електронного балансу, розставте коефіцієнти.
- 2.25. Напишіть праву частину наведених нижче рівнянь хімічних реакцій, наведіть схеми електронного балансу, розставте коефіцієнти: 1)  $AuCl_3 + H_2O_2 \rightarrow$ ;  
 2)  $C_6H_5-C_2H_5 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow$ ;                      3)  $C_6H_5-C_2H_5 + KMnO_4 + H_2O \rightarrow$
- 2.26. Дано чотири речовини:  
 а)  $FeSO_4$ ,  $Cu$ ,  $HNO_3$  (розв.р-н),  $Br_2$  (водн.р-н);

б) HI(водн.р-н), KClO<sub>3</sub>, ZnS, Fe;

в) Ca<sub>3</sub>P<sub>2</sub>, HBr(водн.р-н), H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, Cl<sub>2</sub>(водн.р-н);

г) CaCO<sub>3</sub>, C(графіт), HNO<sub>3</sub>, Cu<sub>2</sub>O. Напишіть по три рівняння окисно-відновних реакцій, що протікають попарно між вказаними речовинами.

2.27. Яка речовина може вступити в окисно-відновну реакцію з FeCl<sub>3</sub> і в реакцію обміну з AgNO<sub>3</sub>? Напишіть рівняння обох реакцій.

2.28. Які дві речовини прореагували і за яких умов, якщо в результаті утворилися такі речовини (вказані всі продукти реакції без коефіцієнтів):

1) → CuSO<sub>4</sub>+SO<sub>2</sub>+H<sub>2</sub>O;      2) → CuSO<sub>4</sub>+NO<sub>2</sub>+H<sub>2</sub>O;      3) → I<sub>2</sub>+KNO<sub>3</sub>+NO+H<sub>2</sub>O.

2.29. Виявіть і виправте помилки в наведених нижче рівняннях:

1) CaI<sub>2</sub>+H<sub>2</sub>SO<sub>4(конц.)</sub>=CaSO<sub>4</sub>+2HI;

2) 3FeCl<sub>2</sub>+2H<sub>2</sub>SO<sub>4(конц.)</sub>=2FeCl<sub>3</sub>+SO<sub>2</sub>+FeSO<sub>4</sub>+2H<sub>2</sub>O;

3) 2CrCl<sub>3</sub>+3Cl<sub>2</sub>+14KOH=K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>+12KCl+7H<sub>2</sub>O.

### *Розрахункові задачі:*

3.1. Чому дорівнюють еквівалент і еквівалентна маса перхлорату калію KClO<sub>4</sub>, якщо він відновлюється: а) до діоксиду хлору; б) до вільного хлору; в) до хлорид-іону? // (а) 1/3 моля; 46,2 г/моль б) 1/7 моля; 19,8 г/моль в) 1/8 моля; 17,3 г/моль)

3.2. Залізна пластинка занурена в розчин CuSO<sub>4</sub>. Після закінчення реакції маса пластинки збільшилася на 2 грами. Знайти масу міді, що виділилася із розчину. // 16,3 г

3.3. Знайти при 25°C константу рівноваги реакції:

Hg<sub>2</sub>(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>+2Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>=2Hg+2Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> . // K = 4,76

3.4. Визначити еквівалентну масу сірководню, якщо він окислюється до сірчаної кислоти.

3.5. Визначити еквівалентну масу H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> в наступних реакціях:

Zn + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> → ZnSO<sub>4</sub> + H<sub>2</sub>

HBr + H<sub>2</sub>SO<sub>4(конц.)</sub> → Br<sub>2</sub> + SO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O

HI + H<sub>2</sub>SO<sub>4(конц.)</sub> → I<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>S + H<sub>2</sub>O

3.6. Сірчистий газ об'ємом 10 л (н.у.) пропустили через надлишок водного розчину калій перманганату, а потім додали надлишок барій хлориду. Обчисліть масу осаду, що утворився. // m(BaSO<sub>4</sub>) = 104 г.

3.7. У результаті пропускання фосфіну через розчин калій перманганату, підкислений сульфатною кислотою, утворився розчин, в якому масова частка фосфатної кислоти дорівнює 5%. Обчисліть масові частки інших продуктів реакції в добутому розчині. // ω(K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) = 0,071, ω(MnSO<sub>4</sub>) = 0,123

### **ЕЛЕКТРОХІМІЯ (ГАЛЬВАНІЧНІ ЕЛЕМЕНТИ, ЕЛЕКТРОЛІЗ)**

#### *Теоретичні питання:*

1.1. Виникнення подвійного електричного шару. Теорія Нернста.

1.2. Стандартний (нормальний) електродний потенціал.

1.3. Окисно-відновні потенціали та напрямок окисно-відновних реакцій.

1.4. Гальванічні елементи. Електрорушійна сила гальванічного елементу.

1.5. Поляризаційні явища в гальванічних елементах.

1.6. Електроліз. Правила електролізу.

1.7. Закони електролізу Фарадея.

1.8. Практичне використання електролізу (гальванотехніка, гальваностегія, гальванопластика).

1.9. Які фактори визначають характер катодного та анодного процесів при електролізі водних розчинів електролітів?

**Тестові завдання:**

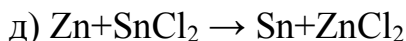
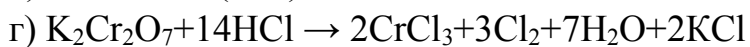
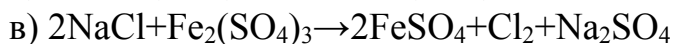
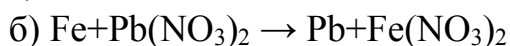
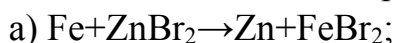
2.1. Як по положенню металу в електрохімічному ряду напруг визначити його відношення до води, водних розчинів кислот і солей?

2.2. Назвіть 5 окисників, які можуть використовуватися для добування бромиду з бромідної кислоти.

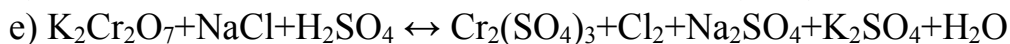
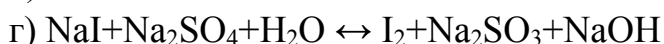
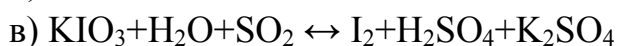
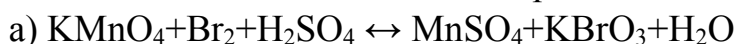
2.3. Назвіть 5 металів, які можуть використовуватися для витіснення срібла з водного розчину нітрату срібла.

2.4. Які метали і в якій послідовності будуть витіснятися, якщо свинцеву пластинку занурити в розчин, що містить нітрати феруму(II), магнію, купрум(II), меркурію(II) і аргентуму?

2.5. Користуючись таблицею стандартних окисно-відновних потенціалів, встановіть, які з наведених нижче реакцій, що протікають у водних розчинах, є самочинними за стандартних умов:



2.6. В прямому чи оберненому напрямку будуть протікати при стандартних умовах наведені нижче окисно-відновні реакції чи система буде знаходитися в рівновазі?



2.7. Який з окисників –  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  або  $\text{I}_2$  (та в якому середовищі) будуть окислювати  $\text{Cl}^-$ -йони?

2.8. Який із йонів галогенів ( $\text{F}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$ ) – може бути окислений йоном  $\text{Fe}^{3+}$  по схемі:  $\text{Fe}^{3+} + \text{Г}^- \rightarrow \text{Fe}^{2+} + \text{Г}_2$ ?

2.9. Хімічно чистий цинк майже не реагує з хлоридною кислотою. При додаванні до вказаних речовин солі Ніколу відбувається енергійне виділення водню. Пояснити ці явища.

2.10. Скласти схеми гальванічних елементів для визначення стандартних електродних потенціалів електродів  $\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}$  і  $\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}$  в парі з нормальним водневим електродом.

- 2.11. Скласти схеми двох гальванічних елементів, в одному з яких нікель виступає катодом, а в другому – анодом. Написати рівняння процесів, що протікають на нікелевих електродах під час роботи елементів в першому і в другому випадках.
- 2.12. З яких напівелементів необхідно скласти гальванічний елемент, щоб його ЕРС була максимальною: 1)  $\text{Ca}^{2+}/\text{Ca}$  і  $\text{Au}^{3+}/\text{Au}$ ; 2)  $\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}$  і  $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}$ ; 3)  $\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}$  і  $\text{Pb}^{2+}/\text{Pb}$ ; 4)  $\text{Mg}^{2+}/\text{Mg}$  і  $\text{Cd}^{2+}/\text{Cd}$ ; 5)  $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}$  і  $\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}$ .
- 2.13. В якому напрямку будуть переміщуватися електрони у зовнішньому ланцюгу наступних гальванічних елементів: а)  $\text{Mg}|\text{Mg}^{2+}||\text{Pb}^{2+}|\text{Pb}$ ; б)  $\text{Pb}|\text{Pb}^{2+}||\text{Cu}^{2+}|\text{Cu}$ ; в)  $\text{Cu}|\text{Cu}^{2+}||\text{Ag}^{+}|\text{Ag}$ . Який метал буде розчинятися у кожному випадку?
- 2.14. В якому випадку корозія заліза при ушкодженні покриття буде відбуватися скоріше: а) у випадку лудженого чи оцинкованого заліза; б) хромованого чи нікельованого? Відповідь мотивуйте.
- 2.15. Напишіть рівняння процесів, що проходять при електролізі водних розчинів наступних солей на інертних електродах:  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{CuCl}_2$ ,  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{KI}$ ,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{AgNO}_3$ ,  $\text{CuCl}_2$ .
- 2.16. Напишіть рівняння електролізу водних розчинів і розплавів (для можливих випадків) таких речовин: купрум(II)хлорид, аргентум нітрат, магній сульфат, натрій гідроксид, кальцій хлорид, сульфатна кислота.
- 2.17. Порівняйте, які продукти будуть міститися у розчині в результаті електролізу водного розчину купрум(II) нітрату з інертними електродами у двох випадках: а) сіль повністю піддала електролізу і після цього електроди відразу вийняли з розчину; б) сіль повністю піддала електролізу, після цього протягом деякого часу електроди залишалися в розчині.
- 2.18. Наведіть по одному прикладу солей, для яких електроліз розчину і розплаву призводить до утворення: а) однакових; б) різних продуктів.
- 2.19. Катодом чи анодом треба зробити алюмінієву ложку, щоб посріблити її?

**Розрахункові задачі:**

- 3.1. Розрахувати електродні потенціали Магнію в розчині його солі при концентраціях іону  $\text{Mg}^{2+}$  0,1; 0,01 і 0,001 моль/л. //  $-2,39$  В,  $-2,42$  В і  $-2,45$  В
- 3.2. Обрахувати потенціал свинцевого електроду в насиченому розчині  $\text{PbBr}_2$ , якщо  $[\text{Br}^-]=1$  моль/л, а  $\text{ДР}_{\text{PbBr}_2} = 9,1 \cdot 10^{-5}$ . //:  $-0,28$  В
- 3.3. Обчислити е.р.с. мідно-цинкового гальванічного елементу, що працює при концентраціях електролітів  $1,5$  М  $\text{CuSO}_4$  і  $0,01$  М  $\text{ZnSO}_4$  //
- 3.4. Обчислити е.р.с. концентраційного гальванічного елементу, складеного з двох мідних електродів, один з яких опущений в  $0,001$  М розчин  $\text{CuSO}_4$ , другий – в  $1$  М розчин  $\text{CuSO}_4$ . //  $0,087$  В
- 3.5. Струм силою  $6$  А пропускали через водний розчин сірчаної кислоти протягом  $1,5$  год. Обрахувати масу води, що розкладалася, і об'єми водню та кисню, що виділилися на електродах. //  $m_{\text{H}_2\text{O}} = 3,02$  г;  $V_{\text{O}_2} = 1,88$  л;  $V_{\text{H}_2} = 3,76$  л
- 3.6. Обрахувати масу срібла, що виділилося на катоді при пропусканні струму силою  $6$  А через розчин аргентум нітрату протягом  $30$  хв. //  $12$  г

- 3.7. Чому дорівнює еквівалентна маса Кадмію, якщо для виділення 1 г кадмію із розчину його солі треба пропустити через розчин 1717 Кл електрики?  
//56,2 г/моль
- 3.8. При проходженні через розчин солі тривалентного металу струму силою 1,5 А протягом 30 хв на катоді виділилося 1,071 г металу. Обрахувати атомну масу металу. // 114,8
- 3.9. Скільки часу потрібно пропускати через розчин кислоти струм силою 10 ампер, щоб одержати 5,6 л водню (при н.у.)? // 1 год 20 хв 25 с
- 3.10. При протіканні струму через розчин нітрату аргентуму на катоді за 10 хв. виділилося 1 г срібла. Визначите силу струму, що пройшов через розчин. // 1,5А
- 3.11. Гальванічний елемент складається з металічного цинку, зануреного в 0,1 М розчин цинк нітрату і металевого свинцю, зануреного в 0,02 М розчин плюмбум нітрату. Визначити е.р.с. елемента ( $E^{\circ}_{\text{Zn}} = -0,76$  еВ;  $E^{\circ}_{\text{Pb}} = -0,13$  еВ). Написати рівняння електродних процесів.
- 3.12. Протягом якого часу необхідно пропускати через розчин електроліту електричний струм силою 5 А, щоб виділити хімічний еквівалент любого металу? Електрохімічний еквівалент любого металу? // 5 год. 22 хв.; 0,2 с
- 3.13. За 10 хв з розчину платинової солі струм силою 5 А виділив 1,517 г Pt. Визначити еквівалентну масу Платини.
- 3.14. При проходженні через розчин електроліту струму силою 2 А протягом 44 хв. виділяється 2,3 г металу. Визначити еквівалентну масу і електрохімічний еквівалент цього металу. // 56,16 г; 0,0006 г.
- 3.15. Яку масу хлороводню можна добути з газів, що утворились під час пропускання струму силою 5 А протягом двох годин через розчин хлориду натрію?  $m(\text{HCl}) = 13,6$  г.
- 3.16. Електроліз 400 г 8,5 %-ого розчину аргентум(I) нітрату продовжували доти, поки маса розчину не зменшилась на 25 г. Обчисліть масові частки сполук у розчині, що утворився після закінчення електролізу, і маси речовин, що виділилися на інертних електродах. //  $m(\text{HNO}_3) = 12,6$  г.  $\omega(\text{HNO}_3) = 0,0336$  або 3,36%.

### **Опис дослідів до лабораторних робіт:**

#### **Лабораторна робота № 9**

**Дослід 1. Окисні і відновні властивості молекулярного йоду.** Внести в дві пробірки йодну воду. В першу додати кілька крапель хлорної води, а в другу – сірководневої води. Відмітити зміни. Для пояснення спостережень напишіть рівняння реакцій та вкажіть, в якій реакції йод виступає окисником, а в якій – відновником, і які ступені окиснення він проявляє.

**Дослід 2. Окисні і відновні властивості атомів р- і d-елементів в проміжних ступенях окиснення**

**а) сполуки Сульфуру(IV) в окисно-відновних реакціях:** В першу пробірку – з розчином калій біхромату та в другу – з розчином натрій сульфідру внести по декілька крапель 2 н. сірчаної кислоти і по мікрошпателю натрій сульфідру. Відмітити зміни. Для пояснення спостережень напишіть рівняння реакцій та вкажіть, які властивості – окисні чи відновні – проявляє кожна з вихідних речовин.

**б) окисні і відновні властивості сполук Стануму(II):** Внести в пробірку розчини ферум(III) хлориду та калій гексаціаноферату(III)  $K_3[Fe(CN)_6]$ . До одержаного розчину додати кілька крапель розчину стануму(II) хлориду та відмітити зміни в забарвленні розчину. В іншу пробірку внести станум(II) хлорид і гранулу цинку. Відмітити зміни на поверхні гранули. Написати рівняння реакцій та відмітити, в якій з них йон  $Sn^{2+}$  виступає відновником, а в якій – окисником.

**Дослід 3. Зміна окисно-відновних властивостей елементів із зміною ступеня їх окиснення. а) відновні властивості сполук Сульфур(IV) та Сульфур(II):** В три пробірки внести по декілька крапель розчинів калій перманганату та оцтової кислоти. В першу пробірку додати сірководневу воду, в другу – декілька кристаликів натрій сульфїту, в третю – краплю концентрованої сірчаної кислоти. Відмітити, чи відбуваються зміни в пробірках. Написати відповідні рівняння реакцій і дати пояснення, чому реакція проходить не в кожній з пробірок. Які з сполук Сульфур(IV) виявляють окисні властивості?

**б) окисні властивості сполук Сульфур(VI):** Дослідити, чи відбувається взаємодія сульфїдної та сульфатної кислот з калій йодидом, для чого в дві пробірки з розчином калій йодиду долити: в одну – кілька крапель концентрованої сульфатної кислоти, а в другу – сірководневої води. Щоб в'яснити, чи продуктом реакції є йод, внести в одержані розчини кілька крапель крохмалю і спостерігати за змінами. Написати відповідні рівняння реакцій.

**в) окисні властивості сполук Сульфур(IV):** Помістити в пробірку мікрошпатель кристалів натрій сульфїту, додати 2-3 краплі 2 н. розчину сульфатної кислоти і, після повного розчинення кристалів, пропускати через прозорий розчин струмінь сірководню до випадання сірки. Написати рівняння реакцій, що відбуваються, враховуючи взаємодію натрій сульфїту з концентрованою сульфатною кислотою.

**Дослід 4. Реакції диспропорціювання (самоокиснення-самовідновлення)**

**а) за участю натрій сульфїту:** В дві пробірки помістити по декілька кристалів натрій сульфїту. Одну пробірку залишити в якості контрольної. Другу закріпити в штативі і підігрівати протягом 5-6 хвилин. Дати пробірці охолонути. В обидві пробірки внести по 5-6 крапель дистильованої води та розмішувати вміст скляними паличками до розчинення солей. Додати в кожен пробірку по 2-3 краплі розчину купрум(II) сульфату. Відмітити зміни. Пояснити спостереження, написавши відповідні рівняння реакцій. Вказати, як змінюється ступінь окиснення Сульфур(IV) в реакції, що відбувається при прокалюванні.

**б) за участю бром:** Внести в пробірку кілька крапель бромної води і додавати до неї по краплям розчин лугу до знебарвлення розчину. Написати рівняння реакції та вказати, як змінюється ступінь окиснення Бром.

**Дослід 5. Внутрішньомолекулярні окисно-відновні реакції**

**а) розклад купрум нітрату:** Помістити в пробірку декілька кристалів  $Cu(NO_3)_2 \cdot 3H_2O$ , закріпити її в штативі і обережно нагрівати на спиртівці. Спостерігати за змінами. Написати рівняння реакції, що відбувається, вказати окисник і відновник. Скласти схему переходу електронів.

**б) розклад амоній дихромату:** В фарфорову чашку помістити гіркою декілька мікрошпателів кристалічного  $(NH_4)_2Cr_2O_7$ . В вершинку гірки вставити магнієву стружку і запалити її. Спостерігати бурний розклад солі. Написати рівняння реакції і вказати окисник та відновник.

**Дослід 9. Вплив середовища на протікання окисно-відновних процесів.**

**а) вплив рН середовища на характер відновлення калій перманганату:** В три пробірки внести по декілька крапель розчину калій перманганату. В одну пробірку додати краплю 2 н. розчину сульфатної кислоти, в другу – стільки ж води, в третю – стільки ж розчину лугу. В кожну пробірку внести по мікрошпателью кристалічного калій нітриту і перемішувати розчини до повного розчинення кристалів. Через 3-4 хв. відмітити зміну забарвлення в пробірках. Дати пояснення, написавши рівняння відповідних реакцій. Вказати, до яких ступенів окиснення відновлюється калій перманганат в кислому, лужному і нейтральному середовищі.

**б) вплив рН середовища на зміщення рівноваги в реакціях диспропорціювання:** Помістити в пробірку невеличкий кристалик йоду і 8-10 крапель 2 н. розчину лугу. Перемішувати вміст пробірки до повного розчинення йоду. До утвореного безбарвного розчину додавати 2 н. розчин сульфатної кислоти до появи бурого забарвлення розчину. Користуючись розчином крохмалю, довести, що буре забарвлення викликане зворотнім процесом утворення вільного йоду. Написати рівняння окисно-відновної реакції та пояснити причину зворотної реакції при підкисленні розчину.

**Дослід 10. Окисні та відновні властивості пероксидів.**

**а) диспропорціювання гідроген пероксиду:** В пробірку з декількома краплями гідроген пероксиду додати 2н. розчин сульфатної кислоти. Скласти схему реакції диспропорціювання та підібрати коефіцієнти методом напівреакцій.

**б) взаємодія гідроген пероксиду з калій йодидом:** До розчину калій йодиду, підкисленому сірчаною кислотою, додати 1-2 краплі гідрогенпероксиду. Для пояснення спостережень написати рівняння реакції і відмітити, окисником чи відновником в ній виступає гідрогенпероксид.

**в) взаємодія гідроген пероксиду з меркурій(II) оксидом:** Помістити в пробірку кілька крапель розчину меркурій(II) нітрату і додати стільки ж 2 н. розчину лугу до випадання осаду меркурій(II) оксиду. Додати кілька крапель пероксиду і спостерігати зміни. Для пояснення спостережень написати рівняння реакції і відмітити, окисником чи відновником в ній виступає гідрогенпероксид.

**г) взаємодія барій пероксиду з калій перманганатом:** В пробірку з кількома краплями калій перманганату внести мікрошпатель пероксиду барію. Для пояснення спостережень написати рівняння реакції і відмітити, окисником чи відновником в ній виступає барій пероксид.

**д) взаємодія калій пероксодисульфату з хром(III) сульфатом:** Пробірку з внесеними розчинами хром(III) сульфату (3 краплі), сірчаної кислоти (2 краплі) та аргентум нітрату (в якості каталізатору) (1 крапля) підігрівати на невеличкому полум'ї. В гарячий розчин внести 2-3 кристалики калій пероксодисульфату і далі підігрівати до зміни забарвлення внаслідок реакції  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + (\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + (\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4$ . Розставити коефіцієнти в рівнянні реакції та написати графічну формулу калій пероксодисульфату.

**Дослід 11. Органічні речовини в окисно-відновних процесах**

**а) відновлення калій дихромату спиртом:** В пробірку з розчином калій дихромату (5 крапель) внести 2 краплі концентрованої сірчаної кислоти і 4 краплі етилового спирту. Для пояснення спостережень написати рівняння реакції, враховуючи, що продуктом окислення спирту є альдегід  $\text{CH}_3\text{CHO}$ .

**б) відновлення калій перманганату щавелевою кислотою:** Внести в пробірку розчини щавелевої та 2 н. соляної кислот. Підігріти розчин, опустивши пробірку в стакан з гарячою водою. До теплового розчину додавати по краплям розчин калій перманганату, струшуючи пробірку після кожної краплі. Написати рівняння реакції, враховуючи, що щавелева кислота окислюється до  $\text{CO}_2$ .

**Стандартні електродні потенціали деяких окисно-відновних систем**

Окислена форма	Відновлена форма	Електродний процес	$\phi^0$ , В
$\text{F}_2$	$2\text{F}^-$	$\text{F}_2 + 2e^- = 2\text{F}^-$	+2,87
$\text{MnO}_4^-$	$\text{Mn}^{2+}$	$\text{MnO}_4^- + 5e^- + 8\text{H}^+ = \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$	+1,52
$\text{Au}^{3+}$	$\text{Au}$	$\text{Au}^{3+} + 3e^- = \text{Au}$	+1,50
$\text{PbO}_2$	$\text{Pb}^{2+}$	$\text{PbO}_2 + 2e^- + 4\text{H}^+ = \text{Pb}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$	+1,45
$\text{Cl}_2$	$2\text{Cl}^-$	$\text{Cl}_2 + 2e^- = 2\text{Cl}^-$	+1,36
$2\text{IO}_3^-$	$\text{I}_2$	$2\text{IO}_3^- + 10e^- + 12\text{H}^+ = \text{I}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$	+1,19
$\text{Br}_2$	$2\text{Br}^-$	$\text{Br}_2 + 2e^- = 2\text{Br}^-$	+1,07
$\text{Hg}^{2+}$	$\text{Hg}$	$\text{Hg}^{2+} + 2e^- = \text{Hg}$	+0,85
$\text{Ag}^+$	$\text{Ag}$	$\text{Ag}^+ + e^- = \text{Ag}$	+0,80
$\text{Fe}^{3+}$	$\text{Fe}^{2+}$	$\text{Fe}^{3+} + e^- = \text{Fe}^{2+}$	+0,77
$\text{BrO}_3^-$	$\text{Br}^-$	$\text{BrO}_3^- + 6e^- + 3\text{H}_2\text{O} = \text{Br}^- + 6\text{OH}^-$	+0,61
$\text{MnO}_4^-$	$\text{MnO}_2$	$\text{MnO}_4^- + 3e^- + 2\text{H}_2\text{O} = \text{MnO}_2 + 4\text{OH}^-$	+0,60
$\text{MnO}_4^-$	$\text{MnO}_4^{2-}$	$\text{MnO}_4^- + e^- = \text{MnO}_4^{2-}$	+0,56
$\text{I}_2$	$2\text{I}^-$	$\text{I}_2 + 2e^- = 2\text{I}^-$	+0,54
$\text{BrO}_3^-$	$\text{Br}_2$	$\text{BrO}_3^- + 10e^- + 6\text{H}_2\text{O} = \text{Br}_2 + 12\text{OH}^-$	+0,50
$\text{Cu}^{2+}$	$\text{Cu}$	$\text{Cu}^{2+} + 2e^- = \text{Cu}$	+0,34
$\text{IO}_3^-$	$\text{I}^-$	$\text{IO}_3^- + 6e^- + 3\text{H}_2\text{O} = \text{I}^- + 6\text{OH}^-$	+0,25
$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{SO}_2$	$\text{SO}_4^{2-} + 2e^- + 4\text{H}^+ = \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	+0,17
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$	$2\text{Cr}^{3+}$	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 6e^- + 14\text{H}^+ = 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$	+0,17
$2\text{H}^+$	$\text{H}_2$	$2\text{H}^+ + 2e^- = \text{H}_2$	-0,00
$\text{Pb}^{2+}$	$\text{Pb}$	$\text{Pb}^{2+} + 2e^- = \text{Pb}$	-0,13
$\text{Sn}^{2+}$	$\text{Sn}$	$\text{Sn}^{2+} + 2e^- = \text{Sn}$	-0,14
$\text{Ni}^{2+}$	$\text{Ni}$	$\text{Ni}^{2+} + 2e^- = \text{Ni}$	-0,25
$\text{Cd}^{2+}$	$\text{Cd}$	$\text{Cd}^{2+} + 2e^- = \text{Cd}$	-0,40
$\text{Fe}^{2+}$	$\text{Fe}$	$\text{Fe}^{2+} + 2e^- = \text{Fe}$	-0,44
$\text{AsO}_4^{3-}$	$\text{AsO}_2^-$	$\text{AsO}_4^{3-} + 2e^- + 2\text{H}_2\text{O} = \text{AsO}_2^- + 4\text{OH}^-$	-0,67
$\text{Cr}^{3+}$	$\text{Cr}$	$\text{Cr}^{3+} + 3e^- = \text{Cr}$	-0,74
$\text{Zn}^{2+}$	$\text{Zn}$	$\text{Zn}^{2+} + 2e^- = \text{Zn}$	-0,76
$\text{H}_2\text{O}$	$\text{H}_2$	$2\text{H}_2\text{O} + 2e^- = \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$	-0,83
$\text{NO}_3^-$	$\text{NO}_2$	$\text{NO}_3^- + e^- + \text{H}_2\text{O} = \text{NO}_2 + 2\text{OH}^-$	-0,85
$\text{Al}^{3+}$	$\text{Al}$	$\text{Al}^{3+} + 3e^- = \text{Al}$	-1,66
$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Mg}$	$\text{Mg}^{2+} + 2e^- = \text{Mg}$	-2,36
$\text{Na}^+$	$\text{Na}$	$\text{Na}^+ + e^- = \text{Na}$	-2,71
$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Ca}$	$\text{Ca}^{2+} + 2e^- = \text{Ca}$	-2,87
$\text{Ba}^{2+}$	$\text{Ba}$	$\text{Ba}^{2+} + 2e^- = \text{Ba}$	-2,90
$\text{K}^+$	$\text{K}$	$\text{K}^+ + e^- = \text{K}$	-2,92
$\text{Li}^+$	$\text{Li}$	$\text{Li}^+ + e^- = \text{Li}$	-3,04

**Лабораторна робота №10**

**Дослід 1. Складання гальванічних елементів.**

**а) складання мідно-цинкового елементу:** Один з мікростаканчиків заповнити доверху 1 М розчином цинк сульфату, другий - 1 М розчином купрум сульфату, вставити їх в гнізда складального пристрою та закрити спеціальними кришками з отворами. Через ширший отвір опустити в стаканчики електролітичний місток (заповнений насиченим розчином калій хлориду в суміші з агар-агаром). Через менші отвори в пробках опустити цинковий електрод в розчин цинк сульфату, а

мідний – в розчин купрум сульфату. Замкнути електричне коло, для чого вставити штирі електродів в гнізда пристрою. Спостерігати за відхиленням стрілки гальванометра, що вказує на виникнення електричного струму внаслідок різниці електродних потенціалів Цинку і Купруму. Для пояснення спостереження зобразити подвійний електричний шар на границі розділу "метал–розчин солі цього металу", написати рівняння хімічних реакцій, що протікають на електродах гальванічного елементу, та сумарне рівняння реакції, в результаті якої виникає електричний струм. В якому напрямку переміщуються електрони в зовнішньому колі? Які йони і в якому напрямку переміщуються в розчині? Вирахувати теоретичне значення е.р.с. мідно-цинкового гальванічного елементу.

**б) складання концентраційного гальванічного елементу:** Наповнити стаканчики розчинами цинк сульфату різної концентрації: перший – 1 М, другий – 0,01 М. Сполучити стаканчики електrolітичним містком. Опустити в кожен стаканчик цинковий електрод і замкнути електричне коло. Спостерігати за відхиленням стрілки гальванометра. Користуючись таблицею стандартних електродних потенціалів і рівнянням Нернста, обчислити електродні потенціали кожного електроду та вирахувати е.р.с. концентраційного гальванічного елементу.

**Дослід 2. Напрямок окисно-відновних процесів.** З метою встановлення напрямку окисно-відновної реакції  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{KI} + \text{H}_2\text{SO}_4$  зробити спробу провести її

зліва–направо: внести в пробірку по кілька крапель хром(III) сульфату та калій сульфату, додати кілька крапель йодної води;

справа–наліво: внести в пробірку розчин калій дихромату, підкислити його розчином сірчаної кислоти та додати кілька крапель калій йодиду.

Зробіть висновок про те, в якому напрямку протікає ця окисно-відновна реакція. Складіть рівняння напівреакцій окиснення та відновлення, випишіть значення відповідних електродних потенціалів і вирахуйте е.р.с. Врахуйте, що окисником є окислена форма гальванічної пари, що має вищий електродний потенціал.

**Дослід 3. Утворення гальванічних пар при хімічних процесах**

**а) взаємодія цинку з сірчаною кислотою в присутності міді:** Внести в пробірку декілька крапель 2 н. сірчаної кислоти і гранулу цинку. Чи спостерігається виділення водню? Доторкнутися мідною дротинкою до кусочку цинку в пробірці. Як змінюється інтенсивність виділення водню і на якому металі він виділяється? Відняти мідну дротинку від цинку. Як змінилася інтенсивність виділення водню? Для пояснення спостереження вказати напрямок переходу електронів в парі мідь–цинк. Який метал є катодом для йонів  $\text{H}^+$ , що знаходяться в розчині? Цей ефект можна спостерігати і в досліді, поставленому інакшим чином, а саме: в дві пробірки внести 2 н. розчин сірчаної кислоти, в одну з пробірок додати розчин купрум сульфату і в обидві пробірки опустити по гранулі цинку. Спостерігати різну інтенсивність виділення водню в цих пробірках.

**б) корозія оцинкованого і лудженого заліза:** В дві пробірки налити дистильованої води та додати по декілька крапель 2 н. розчину сірчаної кислоти і калій гексаціаноферату(III). Два залізні дротики почистити наждачним папером. Одним дротиком обмотати гранулу цинку, другим – олова і опустити їх в підготовлені розчини. Спостерігати посиніння одного з розчинів, що вказує на появу йонів  $\text{Fe}^{2+}$  в ньому.

Пояснити, в якій парі (Fe–Zn чи Fe–Sn) і чому відбувається розчинення заліза. Дати схему переходу електронів при корозії оцинкованого і луженого заліза.

**Дослід 4. Електроліз водних розчинів при інертних електродах.** Електроліз водних розчинів проводиться в електролізері – U-подібній трубці, в обидва кінці якої опускають графітові електроди, приєднані до джерела постійного струму з вимикачем. Порядок виконання дослідів наступний: трубку до 1/2 її об'єму заповнюють досліджуваним розчином, закріплюють в штативі, вставляють електроди, приєднані до вимкненого джерела струму, вмикають струм і спостерігають за змінами. Електроди після кожного дослідів промивають дистильованою водою.

**а) електроліз розчину станум(II) хлориду:** Заповнити електролізер розчином станум(II) хлориду, опустити електроди та вимкнути джерело струму. Написати рівняння напівреакцій, які відбуваються на катоді та аноді. Довести утворення вільного хлору на аноді, для чого через 4-5 хвилин пропускання електричного струму вимкнути прилад, внести в анодний простір по декілька крапель калій йодиду і крохмалю.

**б) електроліз розчину калій йодиду:** В стаканчик налити розчин калій йодиду, додати по 5-6 крапель фенолфталеїну і крохмалю. Розчин перемішати і вилити в електролізер. Провести процес його електролізу. Відмітити зміну забарвлення біля катода та анода. Дати відповідні пояснення, записавши рівняння катодного і анодного процесів. Який з процесів є окислювальним, а який – відновним.

**в) електроліз розчину натрій сульфату:** В стаканчику змішати розчин натрій сульфату з нейтральним розчином лакмусу і вилити одержаний розчин в електролізер. Провести процес його електролізу. Відмітити зміну забарвлення біля катода та анода. Дати відповідні пояснення, записавши рівняння катодного і анодного процесів. Який з процесів є окислювальним, а який – відновним.

**Дослід 5 Електроліз водних розчинів з розчинними анодами.** Провести процес електролізу 0,5 н. розчину купрум сульфату. Через кілька хвилин припинити електроліз і відмітити появу на катоді червонуватого нальоту міді. Місця приєднання електродів до джерела струму поміняти. Знову пропустити електричний струм. Що відбувається з нальотом осівшої міді? Для пояснення спостережень запишіть рівняння катодного та анодного процесів в першому і другому випадках.

Аналогічний дослід провести з 0,5 н. розчином нікол(II) сульфату.

**Контроль знань на лабораторних заняттях № 9, 10 та практичному занятті №7**

## 7. КОМПЛЕКСНІ СПОЛУКИ

**Програмні вимоги:** Загальні поняття про координаційні сполуки. Подвійні та комплексні солі. Здатність хімічних елементів до утворення комплексів. Основні положення координаційної теорії А.Вернера: центральний атом та ліганди, зовнішня та внутрішня сфери, координаційне число центрального атома, координаційна ємність лігандів. Просторова інтерпретація координаційного числа. Природа хімічного зв'язку в комплексних сполуках. Будова координаційних сполук з позиції методу валентних зв'язків. Уявлення про теорію кристалічного поля та поля лігандів. Типи координаційних сполук. Сполуки амінного типу, ацидосполуки (галогеніди, псевдогалогеніди, нітроти, нітрати, сульфіти, сульфати тощо). Сполуки зі зв'язком метал–метал. Кластерні сполуки. Циклічні сполуки. Хелатні та внутрішньоком-

плексні сполуки. Багатоядерні сполуки. Систематика та номенклатура координаційних сполук, їх ізомерія. Практичне застосування координаційних сполук.

**Література для самостійної роботи:** [1] ч.2 розд.ІІІ с.482-499; [2] розд.8; [3] розд.УІІІ с.351-384; [8] т.3 розд.ХІУ с.204-251; [12] ч.2 с.31-53.

**Орієнтовний перелік питань, що виносяться на колоквиум:**

**Теоретичні питання:**

- 1.1. Дати визначення поняття *комплексна (координаційна) сполука*.
- 1.2. Що в комплексних сполуках розуміють під поняттями *центральный атом (іон), ліганд, координаційна сфера*? Атоми( іони) яких елементів здатні виступати в ролі комплексоутворювачів? Які іони, молекули проявляють властивості лігандів? Відповідь обґрунтуйте.
- 1.3. Дайте визначення поняття *координаційне число*. Від яких факторів залежить його значення? Чи існує взаємозв'язок між значенням координаційного числа та зарядом центрального іона?
- 1.4. Що означає *дентатність* ліганда в комплексних сполуках. Навести приклади моно- та бідентатних лігандів.
- 1.5. Будова комплексів в залежності від відносних геометричних розмірів комплексоутворювача.
- 1.6. Координаційна теорія А.Вернера (1891 р.).
- 1.7. Види комплексних сполук (нейтральні, іонні, кластери, сендвічі і т.д.).
- 1.8. Які комплекси називають хелатними та поліядерними? Наведіть приклади.
- 1.9. Ізомерія комплексних сполук (координаційна, іонізаційна, сольватна (гідратна), оптична). Наведіть приклади кожного типу ізомерії.
- 1.10. Подвійні солі та комплексні сполуки.
- 1.11. Закономірності транс- та цис-впливу на комплексні сполуки.
- 1.12. Хімічний зв'язок у комплексних сполуках.
- 1.13. Сформулюйте переваги та недоліки методу валентних зв'язків (ВЗ) для опису координаційних сполук.
- 1.14. Сформулюйте основні положення теорії кристалічного поля.
- 1.15. Як за допомогою теорії кристалічного поля пояснити магнітні властивості комплексного іона? Навести приклади.
- 1.16. Забарвлення комплексних сполук.
- 1.17. Номенклатура (назва) комплексних сполук.
- 1.18. Значення комплексних сполук для практики.

**Тестові запитання:**

- 2.1. Визначити заряд комплексного іона, ступінь окиснення та координаційне число центрального атома (комплексоутворювача) в наступних сполуках:  $K[Ag(CN)_2]$ ;  $[Cu(NH_3)_4]SO_4$ ;  $Na_3[Al(OH)_6]$ ;  $[Co(NH_3)_5Cl]Cl_2$ ;  $(NH_4)_2[Be(CO_3)_2]$ .
- 2.2. Напишіть координаційні формули наступних сполук: а) тетрагідроксоцинкату натрію; б) нітрату пентааміносульфатокобальту(ІІІ); в) хлориду аквадіамінохлоро-паладію(ІІ); г) хлоропентагідроксоплатинату(ІУ) калію; д) триамінотрихлоро-кобальту(ІІІ).

- 2.3. Складіть координаційні формули сполук наступного сумарного складу:  
 $\text{CoCl}_3 \cdot 3\text{NH}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ;  $2\text{KNO}_2 \cdot \text{Co}(\text{NO}_2)_3 \cdot \text{NH}_3$ ;  $\text{Ba}(\text{SCN})_2 \cdot 2\text{Cr}(\text{SCN})_3 \cdot 4\text{NH}_3$ ;  
 $\text{NH}_4\text{F} \cdot \text{VF}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  і дайте їм назву. Координаційне число центральних атомів – 6.
- 2.4. Скільки ізомерів може мати сполука  $\text{Cr}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}_3$ ? Назвіть їх.
- 2.5. Зобразіть розподіл електронів в октаедричних комплексах  $[\text{Cr}(\text{CN})_6]^{3-}$ ;  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ . Які магнітні властивості цих комплексів?
- 2.6. Визначити ступінь окиснення центрального атому в комплексах (en – етилендіамін  $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$ ):  $[\text{Co}(\text{CO}_3)(\text{NO}_2)_4]^{3-}$ ;  $\text{K}_3[\text{Ir}(\text{C}_2\text{O}_4)_2\text{Cl}_2]$ ;  $[\text{Rh}(\text{en})_2\text{Cl}_2]^+$ ;  $[\text{Ni}(\text{H}_2\text{O})_4(\text{CO}_3)_2]^{2-}$ ;  $\text{Cs}_3[\text{Sc}(\text{SO}_4)_3]$ ;  $[\text{Co}(\text{en})_3]^{3+}$ ;  $[\text{Bi}(\text{SO}_3\text{S})_3]^{3-}$ ;  $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{CO}_3)_3]$ ;  $[\text{Cr}(\text{en})_3]^{3+}$ ;  $[\text{Fe}\{\text{C}_2\text{O}_4\}_2(\text{OH})_2]^{3-}$ ;  $[\text{Cr}(\text{en})_2(\text{NCS})_2]\text{NCS}$ ;  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5(\text{SO}_4)]^+$ ;  $[\text{Cr}(\text{C}_2\text{O}_4)_2(\text{OH})_2]^{3-}$ ;  $(\text{NH}_4)_3[\text{Fe}(\text{SO}_3)_3]$ ;  $[\text{Ir}(\text{NH}_3)_5(\text{NO}_3)]^{2+}$ ;  $[\text{Co}(\text{CO}_3)_2(\text{NO}_2)_2]^{3-}$ ;  $\text{Rb}_2[\text{Al}(\text{NO}_3)_5]$ ;  $[\text{Ni}(\text{en})_3]^{2+}$ .
- 2.7. Скласти назви наступних комплексів:
- $[\text{Co}(\text{C}_5\text{H}_5)_2]$ ;  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_4(\text{OH})_2]$ ;  $[\text{Os}_3(\text{CO})_{12}]$ ;
  - $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4(\text{NO}_2)_2]\text{NO}_3$ ;  $\text{Na}_3[\text{Ag}(\text{SO}_3\text{S})_2]$ ;  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]$ ;
  - $\text{Cs}[\text{I}(\text{I}_2)]$ ;  $\text{K}_2[\text{Re}_2\text{Cl}_8]$ ;  $\text{Na}_2[\text{Sn}(\text{OH})_6]$ ;
  - $\text{K}_3[\text{Ir}(\text{C}_2\text{O}_4)_2\text{Cl}_2]$ ;  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_5\text{Cl}]^{2+}$ ;  $[\text{Ni}(\text{CO})_4]$ ;
  - $[\text{Sn}(\text{H}_2\text{O})\text{Cl}_2]$ ;  $\text{H}_3\text{O}[\text{AuCl}_4]$ ;  $\text{Na}_3[\text{SbS}_3]$ .
  - $[\text{Co}_2(\text{CO})_8]$ ;  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_4\text{Cl}_2]$ ;  $[\text{Rh}_2(\text{CO})_4\text{Cl}_2]$ ;
  - $[\text{Ir}_4(\text{CO})_{12}]$ ;  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$ ;  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_3\text{Cl}_3]$ ;
  - $[\text{Mn}_2(\text{CO})_{10}]$ ;  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]_2(\text{SO}_4)_3$ ;  $[\text{Sb}(\text{C}_2\text{O}_4)_2]^-$ ;
  - $[\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}]$ ;  $[\text{Cd}(\text{N}_2\text{H}_4)_2\text{Cl}_2]$ ;  $[\text{Rh}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$ ;  $[\text{Be}(\text{CO}_3)_2]^{2-}$
- 2.8. Чи є ізомерами наступні пари сполук:
- $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  та  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ;
  - $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{SO}_4]\text{Br}$  та  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Br}]\text{SO}_4$ ;
  - $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_5\text{Cl}]\text{Cl} \cdot \text{H}_2\text{O}$  та  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6\text{Cl}_3]$ ;
  - $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$  та  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_2$  ?
- Назвіть типи ізомерії, що спостерігається в наведених прикладах.
- 2.9. Скласти рівняння наступних обмінних реакцій з участю комплексних сполук:
- $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] + \text{CuSO}_4 =$ ;
  - $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6] + \text{AgNO}_3 =$ ;
  - $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] + \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 =$ ;
  - $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] + \text{FeCl}_2 =$ .
- 2.10. Вказати помилки, допущені в назвах наступних комплексів:
- $[\text{Fe}(\text{CO})_5]$  – карбоніл заліза; 2)  $[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$  – гексаводаалюміній; 3)  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$  – тетраакводихлорохром(II); 4)  $[\text{TiF}_6]^{2-}$  – гексафторотитанат-іон; 5)  $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$  – диціанідосрібло(I)-іон; 6)  $[\text{SbF}_4]^-$  – пентафторостибіат(III)-іон; 7)  $[\text{PbCl}_6]^{2-}$  – гексахлоросвинцят(II)-іон; 8)  $[\text{BeF}_4]\text{K}_2$  – калійтетрафтороберилій(II); 9)  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$  – діамінаргентатхлорид.
- 2.11. Складіть координаційні формули сполук наступного сумарного складу:
- $\text{CoCl}_3 \cdot 3\text{NH}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ;
  - $2\text{KNO}_2 \cdot \text{Co}(\text{NO}_2)_3 \cdot \text{NH}_3$ ;
  - $\text{Ba}(\text{SCN})_2 \cdot 2\text{Cr}(\text{CSN})_3 \cdot 4\text{NH}_3$ ;
  - $\text{NH}_4\text{F} \cdot \text{VF}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- та дайте їм назву. Координаційні числа центральних атомів рівні 6.
- 2.12. Вказати помилки, допущені при складанні наступних координаційних формул для атому  $\text{Co}(\text{III})$  (координаційне число дорівнює 6, en –  $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$  – етилендіамін (ліганд бідентатний)):

- 1)  $[\text{Co}(\text{NO}_2)_4(\text{NH}_3)_2]^+$ ; 5)  $[(\text{NH}_3)_4\text{CoCl}_2]^-$ ;  
 2)  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_3(\text{NO}_2)_3]^+$ ; 6)  $\text{Cl}_2[\text{Co}(\text{en})_2(\text{H}_2\text{O})_2]$ ;  
 3)  $[\text{Co}(\text{en})_2(\text{NCS})_2]^-$ ; 7)  $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_4(\text{NH}_3)_3]^{3+}$ ;  
 4)  $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_3(\text{NH}_3)_3]$ ; 8)  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Na}_3$ .
- 2.13. Визначити можливість взаємодії між наступними речовинами в розчині:  
 а)  $\text{K}_2[\text{HgI}_4] + \text{KCl} =$  в)  $\text{K}_2[\text{HgI}_4] + \text{KSCN} =$   
 б)  $\text{K}_2[\text{HgI}_4] + \text{KBr} =$  г)  $\text{K}_2[\text{HgI}_4] + \text{KCN} =$   
 Константи дисоціації комплексів  $\text{Hg}(\text{II})$ : для  $[\text{HgI}_4]^{2-} - 1,5 \cdot 10^{-30}$ ;  $[\text{HgCl}_4]^{2-} - 6,0 \cdot 10^{-16}$ ;  $[\text{HgBr}_4]^{2-} - 1,0 \cdot 10^{-21}$ ;  $[\text{Hg}(\text{CN})_4]^{2-} - 4, \cdot 10^{-42}$ ;  $[\text{Hg}(\text{SCN})_4]^{2-} - 1,3 \cdot 10^{-22}$ .
- 2.14. Який комплекс більш стійкий:  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$  чи  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ ? Відповідь перевірити співставленням констант дисоціації.  $K_{\text{дис.}}([\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}) = 1,0 \cdot 10^{-44}$ ;  $K_{\text{дис.}}([\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}) = 1,0 \cdot 10^{-37}$ .
- 2.15. Назвіть елемент-донор і елемент-акцептор у кожній з наведених нижче сполук: а)  $\text{K}[\text{Cr}(\text{OH})_4]$ ; б)  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ; в)  $\text{NH}_3 \cdot \text{BF}_3$ ; г)  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$ . //
- 2.16. Назвіть центральний атом і координаційне число в кожній із комплексних сполук: а)  $\text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ ; б)  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ; в)  $\text{Na}(\text{Ag}(\text{CN})_2)$ ; г)  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2$ .
- 2.17. Написати графічні формули *цис*- і *транс*-ізомерів тетрахлордіамінплатини(IV).
- 2.18. Яка форма відповідає комплексам, утвореним при  $d^2sp^3$ -гібридизації атомних орбіталей: 1) плоский квадрат; 2) тетраедр; 3) тригональна біпіраміда; 4) октаедр; 5) лінійна.

### **Розрахункові задачі:**

- 3.1. Визначити, чи випаде в осад сульфід кадмію, якщо до 0,1 М розчину  $\text{K}_2[\text{Cd}(\text{CN})_4]$  долити такий же об'єм 0,1 М розчину  $\text{Na}_2\text{S}$ . ( $K_{\text{дис.}}[\text{Cd}(\text{CN})_4]^{2-} = 1,4 \cdot 10^{-19}$ ;  $\text{ДР}(\text{CdS}) = 1,6 \cdot 10^{-28}$ )
- 3.2. Константа дисоціації іону  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  рівна  $2,1 \cdot 10^{-13}$ . Обчислити концентрацію іонів Купруму в 0,05 М розчині  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ , що містить 0,03 моль  $\text{NH}_3$ .
- 3.3. Розчин, що містить 2,665 г гідрату хром(III) хлориду складу  $\text{CrCl}_3\text{H}_2\text{O}_6$  внаслідок дії надлишку розчину аргентум(I)нітрату відразу утворює 2,87 г осаду. Поясніть дане явище, наведіть координаційну формулу гідрату.

### **Опис дослідів до лабораторних робіт:**

#### **Лабораторна робота №11**

**Дослід 1. Одержання і дослідження тетраамінкупрум(II) сульфату.** Помістити в дві пробірки 1 н. розчин купрум сульфату і додати: в одну – розчин барій хлориду, в другу – кусочок гранульованого олова. Відмітити зміни, що спостерігаються та написати відповідні рівняння реакцій.

Одержати комплексну сполуку Купруму, для чого помістити в пробірку розчин купрум сульфату і по краплям добавляти 25-% розчин аміаку. Спостерігати випадання осаду та його послідує розчинення при надлишку аміаку. Відмітити зміну забарвлення розчину при утворенні комплексного сульфату тетраамінкупрум(II). Одержаний розчин розділити на дві пробірки і провести ті ж дослід, що і з розчином мідного купоросу. Чи випаде осад при добавленні барій хлориду? Чи виділиться купрум на гранулі олова? Дати необхідні пояснення.

## **Дослід 2. Аніонні комплекси**

**а) калій тетраїodobісмутат:** В пробірці до розчину бісмут(III) нітрату добавляти по краплям розчин калій йодиду до випадання темно-бурого осаду бісмут(III) йодиду. Розчинити цей осад в надлишку розчину йодиду калію. Відмітити зміни та написати рівняння відповідних реакцій. Написати рівняння електролітичної дисоціації одержаної комплексної сполуки.

**б) калій тетраїодомеркурат:** У дві пробірки внести по 2-3 краплі розчину меркурій(II) нітрату. В одну добавляти по краплям розчин калій йодиду до повного розчинення утвореного спочатку оранжевого осаду меркурій(II) йодиду. Дослідити розчини в обох пробірках на наявність іонів  $Hg^{2+}$ , для чого добавити в кожен пробірку по 2 краплі розчину їдконого натру. Пояснити спостереження, написавши рівняння проведених реакцій.

**в) гідросокомплекси:** В три пробірки помістити поокремо розчини солей Цинку, Хрому(III) і Алюмінію та в кожен з них додавати по краплям розчин луку. Спостерігати спочатку випадання осадів, а потім їх розчинення в надлишку луку. Написати рівняння проведених реакцій та вказати, до якого типу відносяться одержані гідроксиди.

## **Дослід 3. Катіонні комплекси**

**а) комплексна основа Ніколу:** Внести в пробірку розчин нікол(II) сульфату і такий же об'єм розчину їдконого натру. Шматочком фільтрувального паперу видалити рідку фазу. До осаду додати декілька крапель 25-% розчину аміаку. Спостерігати зміну забарвлення розчину і написати рівняння відповідних реакцій.

**б) комплексна основа Кадмію:** Одержати в пробірці осад кадмій(II) гідроксиду, добавляючи до розчину його солі рівний об'єм розчину їдконого натру. На одержаний гідроксид подіяти 25-% розчином аміаку до повного розчинення осаду. Написати рівняння відповідних реакцій.

**Дослід 4. Внутрішньоконплексні сполуки.** У 3 пробірки внести по 3 краплі розчину ферум(III) хлориду. Одну залишити в якості контрольної. В дві інші додати по 3 краплі розчину луку. До утвореного осаду в одну з них добавити 10-12 крапель 2 н. щавелевої кислоти  $COOH-COOH$ , а в другу - 2 н. лимонної кислоти  $CH_2(COOH)-C(OH)_2COOH$ . Дослідити розчини на наявність іонів  $Fe^{3+}$ , для чого в кожен з пробірок внести по 1-2 краплі 0,01 н. розчину амоній роданіду. Написати рівняння відповідних реакцій.

## **Дослід 5. Конплексні сполуки в реакціях обміну.**

**а) взаємодія амоній тетрароданомеркурату з сіллю Кобальту:** У пробірку внести розчин меркурій(II) нітрату і додавати по краплям насичений розчин амоній роданіду до повного розчинення одержаного спочатку осаду внаслідок утворення амоній тетрароданомеркурату. В іншу пробірку помістити розчин кобальт(II) нітрату та внести туди такий же об'єм одержаного в першій пробірці розчину, струсити її. Спостерігати утворення забарвленого осаду. Написати рівняння реакцій, що відбуваються, в молекулярному та іонному вигляді.

**б) взаємодія калій гексаціоноферату(II) з купрум сульфатом:** У пробірку з розчином купрум сульфату внести такий же об'єм розчину калій гексаціоноферату(II). Написати молекулярне та йонне рівняння реакції.

## **Дослід 6. Конплексні сполуки в окисно-відновних реакціях.**

**а) відновлення аргентуму з його комплексної сполуки:** У пробірку з розчином аргентум нітрату внести розчин натрій хлориду. Одержаний осад розчинити в 25-% розчині аміаку та опустити в нього гранулу цинку. Написати рівняння реакцій.

**б) відновлення калій гексаціаноферату(III):** У пробірку з розчином калій йодиду внести декілька крапель 2 н. розчину хлоридної кислоти, а потім – 3-4 краплі бензену. До вмісту пробірки додати мікрошпатель калій гексаціаноферату(III) та перемішати розчин скляною паличкою. По зміні забарвлення бензену переконалися у виділенні вільного йоду. Написати рівняння реакції, враховуючи, що продуктом відновлення є калій гексаціаноферат(II).

**в) окиснення калій гексаціаноферату(II):** До розчину калій перманганату, підкисленого 2 н. сульфатною кислотою, додавати по краплям розчин калій гексаціаноферату(II) до повного знебарвлення розчину. Написати рівняння реакції.

#### **Дослід 7. Стійкість комплексних іонів. Руйнування комплексів.**

**а) руйнування комплексу при розбавленні розчину:** У пробірку з розчином аргентум нітрату додавати по краплям розчин калій йодиду до розчинення випавшого спочатку осаду, струшуючи пробірку після кожної краплі. До одержаного розчину додавати по краплям воду. Описати процеси, що спостерігаються, і написати рівняння реакцій. Записати вираз для константи нестійкості утвореного комплексного іону.

**б) порівняльна стійкість роданідного комплексу кобальту у воді і спирті:** Одержати в пробірці амоній тетрароданокобальтат(II), для чого додати до насиченого розчину кобальт(II) хлориду насичений розчин амоній роданіду. Розділити одержаний розчин у дві пробірки. В одну з них додати аміловий спирт, а в другу - воду. Спостерігати зміну забарвлення в кожній пробірці. Пояснити, у воді чи в спирті повніше відбувається дисоціація комплексного іону.

**в) руйнування комплексу при осадженні комплексоутворювача:** У дві пробірки з розчином купрум сульфату додавати: в одну - розчин амоній оксалату, в другу - амоній сульфід.

У двох інших пробірках одержати комплексну сполуку купруму, додаючи до розчину купрум сульфату розчин аміаку до повного розчинення утвореного спочатку осаду основної солі купруму. У ці пробірки так само додавати: в одну - розчин амоній оксалату, в другу - амоній сульфід.

Відмітити, при дії якого реактиву випадає осад, та вказати, наявність яких іонів спричинює його випадання. Додати в пробірку з осадом ще декілька крапель того ж реактиву і для прискорення коагуляції підігріти її. Пояснити явища, що спостерігаються, та написати рівняння реакцій, що їх спричинюють. Написати рівняння електролітичної дисоціації комплексної солі купруму та її комплексного іону.

**Дослід 8. Подвійні солі.** У три пробірки з розчином солі Мора  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{FeSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  додати: в першу - розчин амоній сульфід, в другу - розчин барій хлориду, в третю - розчин їдкого натру. Підігрівати останню, тримаючи над нею змочений водою червоний лакмусовий папірець. Відмітити зміни, що відбуваються та написати відповідні йонні рівняння реакцій. Написати рівняння електролітичної дисоціації солі Мора.

**Дослід 9. Гідратна ізомерія аквакомплексів хрому (III).** Хлорид хрому  $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  утворює ізомери різного кольору:  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_3$  (синьо-фіолетовий),  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_5\text{Cl}]\text{Cl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  (темно-зелений),  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_3\text{Cl}_3] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  (світло-зелений).

У дві пробірки помістити по декілька кристаликів  $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  і по 10 крапель води. Одну пробірку залишити для порівняння, а другу підігрівати на киплячій водянній бані, спостерігаючи зміну забарвлення. Який ізомер аквакомплексів хрому (III) переважно стійкий при кімнатній температурі, а який – при високій? Дати назву всіх трьох приведених ізомерів.

**МОДУЛЬ IV. ХІМІЯ НЕМЕТАЛІВ****8. ГІДРОГЕН. ГАЛОГЕНИ**

**Програмні вимоги:** Елементи VII групи головної підгрупи: Електронна структура атомів елементів. Валентні можливості атомів. Ступені окиснення елементів в сполуках. Гідроген: Особливості електронної будови атому Н. Гідроген на Землі та у космосі. Одержання, фізичні та хімічні властивості, застосування водню. Бінарні сполуки Гідрогену. Вода. Будова молекули води. Хімічні властивості води. Пероксид гідрогену, його будова, методи одержання, фізичні та хімічні властивості. Галогени: Природні сполуки галогенів. Методи одержання, фізичні та хімічні властивості, застосування галогенів. Галогеноводні, методи їх одержання, фізичні та хімічні властивості. Оксигенвмісні сполуки галогенів (оксиди, кислоти, солі), їх одержання, фізичні, хімічні властивості та застосування. Закономірності зміни властивостей у рядах галогеноводнів та оксигенвмісних сполук.

**Література для самостійної роботи:** [1] ч.2 розд.ІІ с.253-297, 470-478; [2] розд.ІІІ с.64-68, розд.УІ с.103-121, розд.ХІІІ с.274-303; [8] т.1 розд.ІУ с.117-154, розд.УІІ с.240-283; [12] ч.3 с.3-10, 23-31.

**Орієнтовний перелік питань, що виносяться на колоквіум:**

**ГІДРОГЕН****Теоретичні питання:**

- 1.1. Які ізотопи має Гідроген? Вкажіть їх будову.
- 1.2. Назвати основні методи добування водню в промисловості та лабораторії. Написати рівняння відповідних хімічних реакцій.
- 1.3. В яких металах добре розчиняється водень? Як використовують цю його властивість?
- 1.4. Дайте класифікацію бінарних гідрогенвмісних сполук. Які типи хімічного зв'язку в цих сполуках?
- 1.5. З якими простими речовинами може взаємодіяти водень? Оксиди яких металів можна відновлювати за його допомогою?
- 1.6. Як одержують атомарний водень та які його властивості? Чому він значно активніший за молекулярний?
- 1.7. Що таке "гримуча суміш" і чому вона небезпечна?
- 1.8. Назвіть сфери практичного використання водню.

**Тестові завдання:**

- 2.1. Зіставити властивості Гідрогену та елементів головних підгруп I та VII групи. Показати зв'язок між властивостями Гідрогену та його електронною будовою.
- 2.2. Яка з двох простих речовин, утворених стабільними нуклідами Гідрогену ( $H_2$  чи  $D_2$ ) має більші значення температури плавлення і температури кипіння?
- 2.3. Напишіть електронні конфігурації частинок  $H$ ,  $H^+$  і  $H^-$ .

- 2.4. Чи може молекулярний водень виступати в хімічних реакціях як окисник? Навести відповідні приклади.
- 2.5. Чи може існувати йон  $H^+$ ?
- 2.6. З якими простими речовинами водень реагує як відновник?
- 2.7. Напишіть рівняння електролізу води.
- 2.8. Вода, на відміну від сірководню, за звичайних умов є рідиною. Поясніть цю особливість води.
- 2.9. Вода вважається ідеальним амфотерним оксидом. Наведіть не менше трьох рівнянь хімічних реакцій, що ілюструють таке твердження.
- 2.9. Наведіть не менше п'яти реакцій води зі складними неорганічними речовинами.
- 2.10. Напишіть рівняння реакції розкладання пероксиду гідрогену. До якого типу окисно-відновних реакцій вона відноситься?
- 2.11. Наведіть два рівняння реакцій за участю пероксиду гідрогену.

***Розрахункові задачі:***

- 3.1. Доведіть, що існують гідриди загальної формули  $EH_x$ , в яких масова частка Гідрогену 12,5%. //  $LiH, SiH_4, N_2H_4$ .
- 3.2. Газ, що виділився в результаті дії цинку масою 2,0 г на 18,7 мл 14,6%-ої хлоридної кислоти (густина розчину 1,07 г/мл), пропустили над нагрітим купрум(II) оксидом масою 4,0 г. Яка маса твердої суміші, що утворилася? // 3,5 г.
- 3.3. Розрахуйте, скільки теплоти виділиться в результаті підпалювання 100,8 л (н.у.) стехіометричної суміші водню з киснем, якщо теплота утворення рідкої води дорівнює 285,8 кДж/моль. // 857,4 кДж.
- 3.4. В результаті взаємодії аурум(III) хлориду з пероксидом гідрогену в водному середовищі утворилося 5,91 г золота. Обчисліть об'єм газу, що виділився під час реакції (н.у.) // 1,008 л.
- 3.5. Земна кора і гідросфера містять приблизно 49% Оксигену і 0,8% Гідрогену за масою. Скільки атомів Оксигену припадає на 1 атом Гідрогену? // 3,8
- 3.6. Розрахуйте, у скільки разів молекулярний водень легший, ніж: а) повітря; б) метан. // а) в 14,5; б) 8.

**ГАЛОГЕНИ**

***Теоретичні питання:***

- 1.1. Які мінерали, що містять галогени, зустрічаються в природі?
- 1.2. Скільки стабільних ізотопів мають елементи: а) Флор; б) Хлор; в) Бром; г) Йод?
- 1.3. Яка електронна конфігурація атомів галогенів? Які ступені окиснення та валентності вони можуть мати в сполуках?
- 1.4. Які валентності і ступені окислення характерні для елементів-галогенів у різних сполуках?
- 1.5. Як одержують галогени у вільному стані? Написати рівняння відповідних хімічних реакцій.
- 1.6. Охарактеризуйте фізичні властивості простих речовин – галогенів.

- 1.7. Під час нагрівання йоду до певної температури за атмосферного тиску він, не плавлячись, перетворюється в пару. Як називається явище переходу твердої речовини безпосередньо в газуватий стан?
- 1.8. За яких умов кристалічний йод можна розплавити?
- 1.9. В якій формі поширені галогени у природі?
- 1.10. Як добувають хлор у промисловості і в лабораторіях?
- 1.11. Запропонуйте п'ять різних способів добування хлору.
- 1.12. Що спільного між лабораторними методами добування хлору, бромом та йоду? Чому не можна аналогічним шляхом добути фтор?
- 1.13. Який із галогенів є найактивнішим і який – найменш активним відновником?
- 1.14. З якими простими речовинами взаємодіють фтор і хлор?
- 1.15. У результаті розчинення хлору і бромом у воді утворюються хлорна вода і бромна вода. Чому неможливо приготувати фторну і йодну воду?
- 1.16. Наведіть приклад не менше трьох реакцій бромної води з представниками різних класів органічних речовин.
- 1.17. До якого типу окисно-відновних реакцій відноситься взаємодія хлору і бромом з лугами? Напишіть рівняння відповідних реакцій.
- 1.18. З якими складними речовинами можуть взаємодіяти галогени? Напишіть рівняння відповідних хімічних реакцій.
- 1.19. В чому можна розчинити хлор, бром, йод?
- 1.20. Охарактеризуйте фізичні властивості галогеноводнів.
- 1.21. Як називаються розчини хлороводню і фтороводню у воді?
- 1.22. Охарактеризуйте хімічні властивості хлоридної кислоти.
- 1.23. Яка реакція є якісною для виявлення хлорид-, бромід-, та йодид-йонів?
- 1.24. Запропонуйте способи добування всіх галогеноводнів.
- 1.25. Наведіть не менше п'яти реакцій бромоводню із представниками різних класів органічних сполук.
- 1.26. Наведіть не менше трьох реакцій за участю бертолетової солі.
- 1.27. Дайте характеристику міжгалогенним сполукам та наведіть їх формули.
- 1.28. Як одержати хлорну та йодну кислоти? Написати відповідні рівняння реакцій.
- 1.29. Напишіть формули відомих бінарних оксигенвмісних сполук бромом та йодом. Як їх одержують?
- 1.30. Що таке “жавелева вода” та хлорне вапно, як їх одержують?
- 1.31. Як отримують хлорати, бромати та йодати? Напишіть відповідні рівняння хімічних реакцій.
- 1.32. Назвіть відомі вам галузі застосування вільного хлору, бромом та йодом.
- 1.33. Наведіть рівняння реакцій, на яких ґрунтується чорно-біла фотографія.
- 1.34. Назвіть можливі галузі застосування хлорного (білильного) вапна. Наведіть структурну формулу хлорного вапна.
- 1.35. Як одержати  $\text{Cl}_2\text{O}_7$ ? Чи стійка ця сполука?

**Тестові завдання:**

- 2.1. Опишіть закономірності зміни фізичних властивостей галогенів.

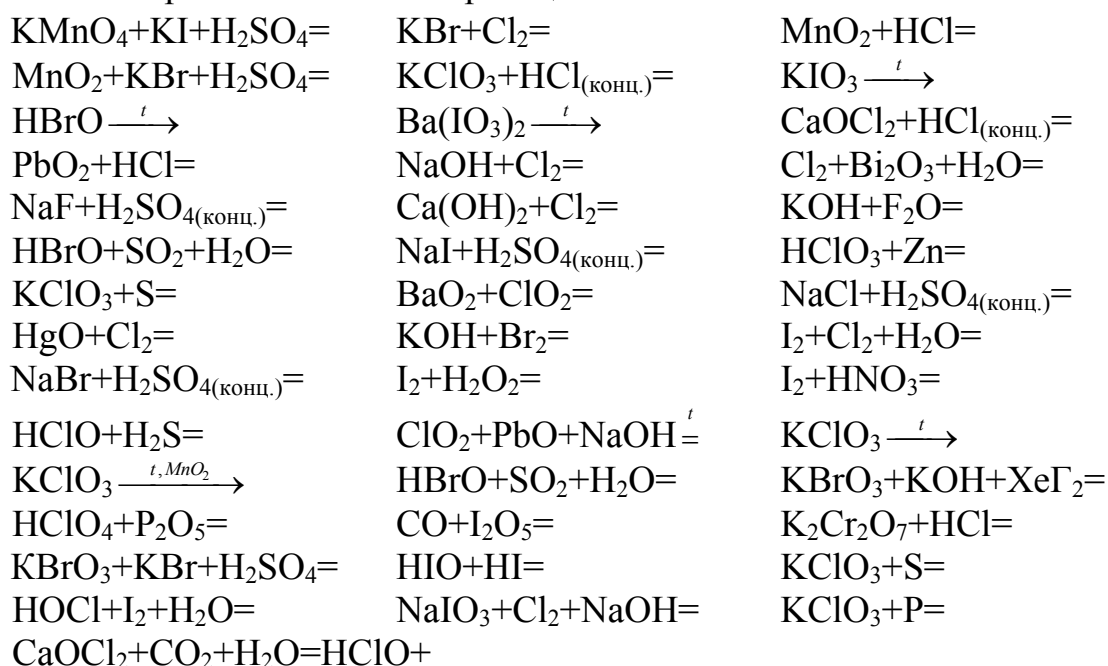
- 2.2. Чому властивості Фтору значним чином відрізняються від властивостей інших галогенів?
- 2.3. Як і чому змінюється окислювальна здатність галогенів в ряду  $F \rightarrow At$ ? Чи можуть галогени у вільному стані виступати відновниками в хімічних реакціях?
- 2.4. Як пояснити той факт, що найбільш активним із елементів-неметалів є Фтор, але найбільшу спорідненість до електрону має Хлор?
- 2.5. Напишіть рівняння реакції взаємодії золота з хлорною водою.
- 2.6. Із якого матеріалу виготовляють апаратуру для одержання фтористоводневої кислоти? Чому?
- 2.7. Пояснити, чому із всіх галогеноводнів фтороводень має найбільш високу температуру кипіння, хоча має найнижчу молекулярну масу.
- 2.8. Як і чому змінюється сила галогеноводневих кислот в напрямку  $HF \rightarrow HI$ ?
- 2.9. Чому при необхідності одержання бромоводню та йодоводню в лабораторії на  $KBr$  та  $KI$  діють ортофосфорною, а не концентрованою сірчаною кислотою?
- 2.10. За допомогою яких реакцій розчин йодиду калію можна відрізнити від розчину хлориду натрію?
- 2.11. Напишіть рівняння реакцій, які можуть відбуватися під дією концентрованої сульфатної кислоти на всі тверді галогеніди калію. Чи можливі ці реакції у водному розчині?
- 2.12. Чому йодистоводнева кислота при зберіганні на повітрі темніє? Чому при зберіганні йодистоводневої кислоти до неї додають в невеликій кількості червоний фосфор?
- 2.13. Поясніть такий факт: хлорид, бромід та йодид аргентуму нерозчинні у воді, а фторид аргентуму – розчинний?
- 2.14. Про хімію радіоактивного Астату відомо дуже мало. Передбачте фізико-хімічні властивості цього елемента. Напишіть рівняння можливої реакції між астатином натрію та концентрованою сульфатною кислотою.
- 2.15. Яка хімічна природа  $KI_3$ ? Який елемент виступає тут в ролі комплексоутворювача? Назвіть цю сполуку.
- 2.16. Чому Алюміній та Силіцій утворюють з фторид-іонами комплекси складу  $[AlF_6]^{3-}$  та  $[SiF_6]^{2-}$ , а Бор та Берилій –  $[BF_4]^-$  та  $[BeF_4]^{2-}$ ?
- 2.17. Чому концентрований розчин  $LiBr$  має кисле середовище, а  $RbF$  – лужне?
- 2.18. Значення окисно-відновного потенціалу ( $E^0$ ) пари  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  більше, ніж відповідне значення пари  $I_2/2I^-$ , але менше, ніж значення  $E^0$  пари  $Br_2/2Br^-$ . Чи будуть відбуватися хімічні реакції, якщо додавати бром і йод до розчину ферум(II) сульфату?
- 2.19. Чому у сполуках галогени проявляють, як правило, непарні ступені окислення? Чому Флуор різко відрізняється за властивостями від інших галогенів?
- 2.20. Проста газувата речовина А жовто-зеленого кольору з різким запахом реагує зі сріблясто-білим металом В, густина якого менша, ніж густина води. В результаті реакції утворюється речовина С, що забарвлює полум'я пальника у

фіолетовий колір. Під час дії на тверду речовину С концентрованої сульфатної кислоти виділяється безбарвний газ, добре розчинний у воді. Чим є речовини А, В, С? Напишіть рівняння всіх реакцій.

- 2.21. Поясніть, чому під час роботи із фторидною кислотою не можна користуватися скляним посудом.
- 2.22. Як відрізнити розчин хлоридної кислоти від розчину фторидної? Запропонуйте два способи.
- 2.23. За допомогою яких реакцій розчин бромиду літію можна відрізнити від розчину фториду калію?
- 2.24. Через розчин йодиду калію протягом тривалого часу пропускають струмінь хлору, а потім випробували розчин на наявність вільного йоду крохмалем, однак посиніння не виявили. Поясніть цей факт.
- 2.25. Напишіть реакції одержання  $\text{Cl}_2\text{O}$  та  $\text{F}_2\text{O}$ . Яку форму мають ці молекули? Яка ступінь окиснення Оксигену в цих сполуках?
- 2.26. Як змінюються стійкість та окислювальна активність кислот в ряду  $\text{HOCl} \rightarrow \text{HOBr} \rightarrow \text{HOI}$ ? Як одержують ці кислоти?
- 2.27. При яких умовах проходить розпад хлорнуватистої кислоти по таких схемах:  
а)  $\text{HOCl} \rightarrow \text{HCl} + \text{O}$ ; б)  $\text{HOCl} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{Cl}_2$ ; в)  $\text{HOCl} \rightarrow \text{HCl} + \text{HClO}_3$ .
- 2.28. Як змінюються кислотні та окислювальні властивості кислот в ряду  $\text{HClO}_3 \rightarrow \text{HBrO}_3 \rightarrow \text{HIO}_3$ ?
- 2.29. Складіть рівняння таких реакцій:  
 $\text{FeSO}_4 + \text{KClO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \dots$                        $\text{FeSO}_4 + \text{KClO}_3 + \text{KOH} \rightarrow \dots$   
 $\text{I}_2 + \text{Ba}(\text{OH})_2 \rightarrow \dots$                                        $\text{KBr} + \text{KBrO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \dots$
- 2.30. Назвіть речовини А, В і С, якщо відомо, що вони вступають у реакції, що описуються такими схемами:  $\text{A} + \text{H}_2 \rightarrow \text{B}$ ;  $\text{A} + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{B} + \text{C}$ ;  
 $\text{A} + \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2 \rightarrow \text{B} + \dots$ ;  $\text{C} \xrightarrow{\text{світло}} \text{B} + \dots$ . Напишіть повні рівняння реакцій.
- 2.31. Газ А під дією концентрованої сульфатної кислоти перетворюється у просту речовину В, яка реагує із сульфідною кислотою з утворенням простої речовини С і розчину вихідної речовини А. Назвіть речовини А, В і С. Напишіть рівняння реакцій.
- 2.32. Під час пропускання хлору через розчин сильної кислоти А виділяється проста речовина В і розчин набуває темного забарвлення. Якщо продовжувати пропускати хлор, то речовина В перетворюється в кислоту С і розчин знебарвлюється. Назвіть речовини А, В і С. Напишіть рівняння реакцій.
- 2.33. Напишіть рівняння хімічних реакцій, що відповідають такому ланцюжку перетворень:  
 $\text{MnO}_2 \xrightarrow{\text{HCl}(t)} \text{A}_{(\text{газ})} \xrightarrow{\text{Ca}(\text{OH})_2 (0^\circ \text{C})} \text{B} \xrightarrow{\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}} \text{A} \xrightarrow{\text{KI}} \text{B} \xrightarrow{\text{KOH}} \text{Г} \xrightarrow{\text{AgNO}_3} \text{Д}_{(\text{осад})}$
- 2.34. Як змінюються кислотні властивості речовин у рядах  $\text{HClO} - \text{HClO}_2 - \text{HClO}_3 - \text{HClO}_4$  і  $\text{HClO} - \text{HBrO} - \text{HIO}$ ?
- 2.35. Які речовини прореагували і за яких умов, якщо в результаті утворились такі речовини (вказано всі продукти реакції без коефіцієнтів): 1)  $\text{BaCl}_2 + \text{KOH}$ ;  
 2)  $\text{CaBr}_2 + \text{HBr}$ ; 3)  $\text{KCl} + \text{P}_2\text{O}_5$ ? Напишіть повні рівняння реакцій.

2.36. Як змінюються сила, стійкість та окислювальні властивості кислот в ряду  $\text{HClO} \rightarrow \text{HClO}_2 \rightarrow \text{HClO}_3 \rightarrow \text{HClO}_4$  ?

2.37. Напишіть рівняння хімічних реакцій:



### Розрахункові задачі:

- Зеленкуватий газ має густину 3,485 г/л за температури 25°C і тиску 1,2 атм. Встановіть формулу газу. //  $\text{Cl}_2$ .
- Після нагрівання 22,12 г калій перманганату утворилось 21,16 г твердої суміші. Який максимальний об'єм хлору (н.у.) можна добути, діючи на дану суміш концентрованою хлоридною кислотою ( $\omega(\text{HCl})$  36,5%, густина 1,18 г/мл)? Який об'єм кислоти витрачається? //  $V(\text{Cl}_2) = 6,50$  л.  $V(\text{p-ну HCl}) = 84,7$  мл.
- До підкисленого розчину, що містить 0,543 г деякої солі, до складу якої входять Натрій, Хлор і Оксиген, додали розчину йодиду калію до припинення виділення йоду. Маса утвореного йоду дорівнює 3,05 г. Встановіть формулу солі. На скільки відсотків зменшиться маса твердої речовини за умови повного термічного розкладання вихідної солі? // хлорат(III) натрію. Втрата маси 35,4% .
- Приблизно половина від загального вмісту Йоду в організмі міститься у щитовидній залозі. Визначте, у скільки разів масова частка Йоду в щитовидній залозі більша, ніж в усіх тканинах і органах. Масу залози прийняти рівною 25 г, масу тіла людини – 70 кг. // У 2800 разів
- Природній Хлор є сумішшю нуклідів  $^{35}\text{Cl}$  і  $^{37}\text{Cl}$ . На основі відносної атомної маси Хлору, яка дорівнює 35,5, розрахуйте мольні частки кожного з нуклідів у природному Хлорі. // 75,8 %  $^{35}\text{Cl}$  і 24,2 %  $^{37}\text{Cl}$
- Солоність Середземного моря досягає 40 проміле. Розрахуйте, яку масу розчинених солей містить 500 г морської води. // Проміле – маса у грамах розчинених в 1 кг морської води мінеральних солей; 20 г солей
- Який об'єм хлору (за н.у.) можна добути з 1 м<sup>3</sup> розчину (густина 1,23 г/см<sup>3</sup>), в якому масова частка хлориду натрію 20,7 % і хлориду магнію 4,3 %? Запропонуйте спосіб добування. // 61,2 м<sup>3</sup>  $\text{Cl}_2$ .
- До розчину суміші броміду та йодиду калію додають бромну воду. Маса залишку, що утворився після випарювання і прожарювання, на  $b$  г менша, ніж

маса вихідної суміші солей. Добутий залишок знову розчиняють у воді і через розчин пропускають хлор. Маса добутої після випарювання і прожарювання речовини на  $b$  г менша, ніж маса речовини, добутої у першому досліді. Визначте масові частки солей у вихідній суміші. // 96,13 КІ; 3,87% КВr

- 3.9. Через 75 г гарячого 10%-ого розчину мурашиної кислоти пропускають хлор доти, поки масові частки обох кислот у розчині не стають однаковими. Визначте, яка кількість речовини (моль) кожної сполуки в суміші, що утворилась, припадає на 1 моль води. // На 1 моль води припадає 0,0267 моль  $\text{HCOOH}$  і 0,0336 моль  $\text{HCl}$
- 3.10. Визначте масу йоду, що виділився в результаті взаємодії розчину КІ, підкисленого сульфатною кислотою, зі 150 мл 6%-ого розчину калій перманганату (густина 1,04 г/мл). // 37,6 г
- 3.11. Який об'єм 5%-ого розчину йодатної(V) кислоти (густина 1,02 г/мл) потрібно взяти, щоб окиснити 40 мл 8%-ого розчину йодоводню (густина 1,06 г/мл)? Яка маса йоду виділиться в результаті реакції? // 18,3 мл; 4 г  $\text{I}_2$
- 3.12. Під час нагрівання бертолетової солі за відсутності каталізатора її розклад одночасно йде за двома напрямками: а) з утворенням кисню; б) з утворенням хлорату(VII) калію. Розрахуйте, яка частина (у % від вихідної маси солі) розклалася за реакціями а) і б), якщо в результаті повного розкладання бертолетової солі добули 33,5 г хлориду калію. // З утворенням  $\text{O}_2$  – 66,7%; з утворенням  $\text{KClO}_4$  – 33,3%
- 3.13. Після розчинення хлору у воді з розчину виділилось 11,2 л кисню (н.у.). Знайдіть масу гідроксиду кальцію, необхідну для нейтралізації розчину, що залишився. // 74 г  $\text{Ca(OH)}_2$
- 3.14. Деяку кількість речовини хлору розчинили у 150 мл води, після закінчення реакції з розчину виділилось 1,12 л кисню (н.у.). Яка масова частка розчиненої речовини в кінцевому розчині? // 4,69%  $\text{HCl}$
- 3.15. До розчину, що містить 3,88 г суміші броміду калію і йодиду натрію, додали 78 мл 10%-ого розчину аргентум(I) нітрату (густина 1,09 г/мл). Осад, що випав, відфільтрували. Фільтрат може взаємодіяти з 13,3 мл хлоридної кислоти, концентрація якої 1,5 моль/л. Визначте масові частки солей у вихідній суміші та об'єм хлороводню (н.у.), необхідний для виготовлення використаної хлоридної кислоти. // 61,3% КВr; 38,7%  $\text{NaI}$ ; 448 мл  $\text{HCl}$
- 3.16. Через трубку з сумішшю порошоків хлориду та йодиду натрію масою 3 г пропустили 1,3 л хлору за температури  $42^\circ\text{C}$  і тиску 101,3 кПа. Речовину, що утворилась у трубці, прожарили за  $300^\circ\text{C}$ , після чого залишилось 2 г речовини. Визначте масові частки солей у вихідній суміші. // 54,8 %  $\text{NaI}$ ; 45,2 %  $\text{NaCl}$
- 3.17. Суміш йодиду магнію та йодиду цинку обробили надлишком бромної води, добутий розчин випарили. Маса сухого залишку виявилась в 1,445 рази менша, ніж маса вихідної суміші. У скільки разів маса осаду, добутого після обробки такої суміші надлишком карбонату натрію, буде меншою, ніж маса вихідної суміші? // У 2,74 рази
- 3.18. Для окислення 2,17 г сульфіту лужноземельного металу додали хлорну воду, що містить 1,42 г хлору. До суміші, що утворилась, додали надлишок броміду калію, внаслідок чого виділилось 1,6 г бромю. Визначте склад осаду, що міститься в суміші, і розрахуйте його масу. // 2,33 г  $\text{BaSO}_4$

3.19. До підкисленого розчину, що містить 0,543 г деякої солі, у складі якої Літій, Хлор і Оксиген, додали розчин йодиду натрію до припинення виділення йоду. Маса йоду, що утворилась, дорівнює 4,57 г. Встановіть формулу солі. На скільки відсотків зменшиться маса твердої речовини за повного термічного розкладання вихідної солі? //  $\text{LiClO}_3$ . На 53,0 %

**Опис дослідів до лабораторних робіт:**

## Лабораторна робота №12

### **Дослід 1. Одержання галогенів окисненням галогенідів**

**а) добування хлору:** У дві пробірки з кристалами  $\text{KMnO}_4$  і  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  додати по 2-3 краплі концентрованої хлоридної кислоти. Другу пробірку злегка підігріти. В обох пробірках спостерігати виділення хлору. Написати рівняння реакцій.

**б) добування бромиду і йоду:** В пробірки внести кристалики: в одну - калій або натрій бромиду, в другу – калій йодиду. Додати в кожен по 1-2 мікрошпателі діоксиду мангану, потім – по 2-3 краплі концентрованої сульфатної кислоти. Спостерігати за виділенням бромиду і йоду. Написати рівняння реакцій

Увага! У зв'язку з токсичністю галогенів у пробірки з залишками реагентів внести по 3-5 крапель тіосульфату натрію і зразу ж їх помити.

**Дослід 2. Розчинність бромиду і йоду у органічних розчинниках.** У дві пробірки внести по 2-3 краплі бромної і йодної води. Додати в кожен пробірку по 5-6 крапель органічного розчинника і перемішати розчини скляною паличкою. Відмітити забарвлення відстояних шарів органічного розчинника у пробірках.

### **Дослід 3. Окислювальні властивості галогенів і їх порівняльна активність.**

**а) окислювальні властивості галогенів:** В хлорну воду внести декілька крапель сірководневої води до появи каламуті. В пробірки з бромною та йодною водою внести порошок магнію або алюмінію. Перемішати розчини скляною паличкою і відмітити їх знебарвлення. Написати рівняння реакцій.

**б) порівняння окислювальних властивостей галогенів:** В одну пробірку внести розчин натрій бромиду, а в дві інші - розчин калій йодиду. В кожен пробірку додати по 2-3 краплі органічного розчинника. У пробірки з розчином бромиду і йодиду внести по 3-4 краплі хлорної води, а у останню - стільки ж бромної води. Вміст пробірок перемішати і по забарвленню одержаного шару встановити, який галоген виділяється у кожній з пробірок. Написати рівняння реакцій у молекулярному та іонному виді та вказати окисник і відновник.

**в) окиснення ферум(II) сульфату:** У пробірки з бромною та йодною водою внести по 1-2 кристалика ферум(II) сульфату (солі Мора  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{FeSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ). Написати рівняння реакцій. У якому випадку реакція окиснення  $\text{Fe}^{2+}$ -йона не пройшла? Написавши значення стандартних електродних потенціалів систем  $\text{Cl}_2/2\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}_2/2\text{Br}^-$ ,  $\text{I}_2/2\text{I}^-$ ,  $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$  вказати у якому випадку реакція окиснення  $\text{FeSO}_4$  неможлива.

### **Дослід 4. Добування галогеноводнів**

**а) добування хлороводню:** У фарфорову чашку налити воду та додати трохи розчину синього лакмусу. У мікроколбочку до 1/4 її об'єму насипати сухий натрій хлорид і додати 5-6 крапель 70%-ного розчину сульфатної кислоти, швидко закрити її пробкою з газовідвідною трубкою, в кінці якої знаходиться капілярна трубка з пробкою. Капілярну трубку опустити в пробірку так, щоб її пробка не повністю закривала отвір пробірки, тоді повітря може вільно виходити з неї. Пробірку наповнювати газом 2-3 хвилини, потім щільно закрити її пробкою і від'єднати капіляр, знявши каучукову трубку. Капіляр закрити вказівним пальцем і,

перевернувши пробірку вверх дном, опустити кінчик капіляра у чашку з водою, підфарбованою лакмусом. Відкрити під водою капіляр і спостерігати за швидким заповненням пробірки водою у результаті розчинення газу. Відмітити зміну забарвлення лакмусу. Написати рівняння реакції одержання хлороводню.

**б) добування бромоводню і йодоводню:** У дві пробірки внести сухі солі - калію (натрію) бромід і йодид. Додати до них по 5-6 крапель насиченого розчину ортофосфорної кислоти. Пробірки злегка підігріти. Змочити водою синій лакмусовий папір і потримати її біля отвору пробірок. Відмітити спостереження і написати рівняння реакції одержання бромоводню і йодоводню.

#### **Дослід 5. Порівняння відновних властивостей галогенідів.**

**а) відновлення сульфатної кислоти галогеноводнями:** У три пробірки з кристалами хлориду, броміду і йодиду калію внести по краплі концентрованої сульфатної кислоти. Пояснити явища, що спостерігаються, для чого написати рівняння реакцій: 1) реакцій обміну, що проходять з утворенням галогеноводнів; 2) реакцій відновлення надлишку сульфатної кислоти бромоводнем і йодоводнем з утворенням сірчистого газу та сірководню відповідно. На основі дослідів зробити висновок про зміну відновних властивостей галогеноводнів в ряду  $\text{HF}-\text{HCl}-\text{HBr}-\text{HI}$ .

**б) відновлення калій дихромату:** У три пробірки внести розчин калій дихромату та підкислити 2 н. сульфатною кислотою. Додати розчини: в першу пробірку – калій йодиду, в другу - калій броміду, в третю - натрій хлориду та перемішати вміст пробірок скляними паличками. Відмітити пробірки, в яких відбулося відновлення, та написати відповідні рівняння реакцій.

**в) відновлення ферум (III) хлориду:** Проробити дослід, аналогічний досліді 5б, змінивши розчин калію дихромату розчином ферум(III) хлориду. На основі дослідів розташувати йони галогеноводнів в ряд по зростанню їх відновної здатності.

**Дослід 6. Характерні реакції на йони галогенів:** Одержати осаді  $\text{AgCl}$ ,  $\text{AgBr}$  і  $\text{AgI}$  реакціями обміну. В осаді внести по 2-3 краплі 2 н. розчину нітратної кислоти. Написати в молекулярній і йонній формі рівняння обмінних реакцій, відмітити колір одержаних осадів та результат дії на них нітратної кислоти.

**Дослід 7. Одержання гіпохлориту натрію:** В мікроколбу помістити 2-3 кристалики калій перманганату, 1-2 краплі води і 3-4 краплі концентрованої хлоридної кислоти, закрити пробкою з газовідвідною трубкою. Кінець трубки швидко опустити в пробірку з 2 н. розчином їдкого натру (пробірку помістити в стаканчик з холодною водою) і 2-3 хвилини пропускати газ. Якщо виділення газу проходить не досить енергійно, мікроколбочку треба трохи підігріти. (Одержаний розчин зберегти для досліді 8). Описати спостереження. Написати рівняння реакції взаємодії хлору з їдким натрієм (при охолодженні).

**Дослід 8. Порівняння окисних властивостей гіпохлоритів, хлоратів і перхлоратів.** У три пробірки внести розчин калій йодиду та додати розчини: в першу пробірку - гіпохлориту натрію (одержаного у досліді 7), в другу - хлорату калію (або 1-2 кристалики сухої солі), в третю - перхлорату калію. У якому випадку пройшло окислення йодиду калію у нейтральному середовищі? У другу і третю пробірки додати по 2-4 краплі сульфатної кислоти. У якому випадку проходить окислення  $\text{KI}$  у кислому середовищі? Написати рівняння всіх реакцій.

**Дослід 8. Контрольний.** Одержати у викладача невелику кількість сухої солі і розчинити її у воді. Встановити: хлоридом, бромідом чи йодидом є дана сіль.

**Контроль знань на лабораторному занятті №12**

## 9.ОКСИГЕН. ХАЛЬКОГЕНИ

### **Програмні вимоги:**

Елементи VI групи головної підгрупи: Електронна структура та валентні можливості атомів елементів. Ступені окиснення елементів в сполуках.

Оксиген: Сполуки Оксигену в природі. Методи одержання кисню. Будова молекули кисню. Фізичні та хімічні властивості кисню, застосування кисню. Озон, озоніди. Бінарні кисневі сполуки (оксиди, пероксиди).

Халькогени: Сульфур та його сполуки в природі. Методи одержання сірки та її застосування. Алотропні модифікації сірки. Склад молекули сірки. Хімічні властивості сірки. Безоксигенні кислоти сульфуру та їх солі. Селен, Телур. Одержання та застосування, фізичні та хімічні властивості селену та телуру. Селеноводень та селеніди. Телуроводень та телуриди. Сполуки Сульфуру з галогенами та киснем Оксигенвмісні кислоти Сульфуру та їх солі. Ізополісполуки та гетерополісполуки сульфуру. Хлористий сульфурил, хлористий тіоніл, хлорсульфонова кислота. Порівняльна характеристика окисних властивостей сполук Сульфуру в різних ступенях окиснення. Сполуки Селену та Телуру з позитивними ступенями окиснення.

**Література для самостійної роботи:** [1] ч.2 розд.ІІ с.297-328; [2] розд.ІV с.71-85, розд. ХVІІ с.387-430; [8] т.1 розд.ІІ с.47-55, розд.ІІІ с.309-342, 349-360.

**Орієнтовний перелік питань, що виносяться на колоквиум:**

### ОКСИГЕН

#### **Теоретичні питання:**

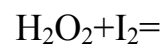
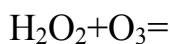
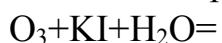
- 1.1. Охарактеризуйте поширеність Оксигену в природі. Де зустрічається цей елемент у найбільших кількостях?
- 1.2. Як одержують кисень у промисловості? Який газ виділяється першим з рідкого повітря при знятті охолодження і чому?
- 1.3. Назвіть основні способи одержання кисню в лабораторії. Складіть рівняння відповідних реакцій та вкажіть умови їх протікання.
- 1.4. Яка електронна конфігурація атому Оксигену? Чому Оксиген виключно двовалентний? Як пояснити парамагнітність молекули кисню  $O_2$ ?
- 1.5. Чи можуть існувати іони  $O_2^+$ ,  $O_2^-$ ,  $O_2^{2-}$ ? Який з цих іонів має бути найстійкішим і чому? Відповіді дайте на основі методу МО.
- 1.6. Які ступені окиснення може мати Оксиген в сполуках? Наведіть приклади.
- 1.7. Охарактеризуйте реакційну здатність кисню щодо простих речовин та хімічних сполук. З якими простими речовинами кисень безпосередньо не реагує?
- 1.8. Як одержати озон?
- 1.9. Яка природа хімічного зв'язку в молекулі озону? Охарактеризуйте твердження, що кратність кожного із двох зв'язків близька до 1,5.
- 1.10. Зобразіть структурну формулу молекули озону. Чому молекула озону є полярною, хоча складається з однакових атомів?

- 1.11. Які особливості протікання окисно-відновних реакцій за участю озону? Яка речовина є обов'язковим продуктом всіх цих реакцій? Назвіть можливі причини своєрідної хімічної поведінки озону.
- 1.12. Як треба зберігати дуже чисту воду?
- 1.13. Що спільного і що відмінного в будові та властивостях води і гідроген пероксиду? Чи відрізняються валентні кути в молекулах  $\text{H}_2\text{O}$  та  $\text{H}_2\text{O}_2$ ?
- 1.14. Опишіть будову молекули гідроген пероксиду. Чи знаходяться всі атоми в одній площині і чому? Чи може гідроген пероксид брати участь в утворенні водневих зв'язків?
- 1.15. Які існують способи добування гідроген пероксиду в промислових та лабораторних умовах? Напишіть рівняння відповідних реакцій, вказавши умови їх проведення.
- 1.16. Охарактеризуйте кислотно-основну природу гідроген пероксиду, наведіть приклади відповідних хімічних перетворень.

**Тестові завдання:**

- 2.1. Запропонуйте два принципово різні способи одержання кисню, виходячи з калій перманганату (або манган(IV) оксиду). Складіть рівняння відповідних реакцій.
- 2.2. Що є подібним, а що – відмінним у будові та властивостях води і пероксиду гідрогену?
- 2.3. Відомо, що озон реагує з калій гідроксидом з утворенням калій озоніду та молекулярного кисню. Складіть хімічне рівняння та підберіть коефіцієнти.
- 2.4. Припускають, що розкладання озону ( $2\text{O}_3=3\text{O}_2$ ) відбувається у дві стадії: а)  $\text{O}_3=\text{O}_2+\text{O}$ (швидка); б)  $\text{O}+\text{O}=\text{O}_2$ (повільна). Як залежить швидкість сумарного процесу від концентрації озону? Як зміниться вона при збільшенні загального тиску вдвічі?
- 2.5. Як узгодити той факт, що гідроген пероксид за стандартних умов самочинно розкладається і водночас має від'ємну величину  $\Delta H^0$ ?
- 2.6. Чому при зливанні підкисленого розчину калій перманганату та розчину гідроген пероксиду, взятого у надлишку, виділяється кількість речовини кисню, що перевищує розраховану за рівнянням окисно-відновної реакції між речовинами?
- 2.7. Згідно з одними рекомендаціями гідроген пероксид слід зберігати у посуді з темного скла, згідно з іншими – у посуді з безбарвного скла. Дехто вважає, що скляний посуд для цього взагалі не підходить, а треба використовувати поліетиленовий. На чому ґрунтується кожна з цих рекомендацій?
- 2.8. Яка молекула –  $\text{H}_2\text{O}$  чи  $\text{H}_2\text{O}_2$  – повинна легше відщеплювати протон і чому?
- 2.9. Яка хімічна поведінка гідроген пероксиду в окисно-відновних реакціях? Напишіть рівняння реакцій гідроген пероксиду з калій йодидом, ферум(II) сульфатом, калій перманганатом. Третім реагентом в усіх випадках є сірчана кислота.
- 2.10. До якого з найважливіших класів неорганічних сполук можна віднести сполуки  $\text{Na}_2\text{O}_2$ ,  $\text{BaO}_2$ ? Чи є представниками цього самого класу  $\text{Cl}_2\text{O}_8$ ,  $\text{CrO}_5$  дайте обґрунтовану відповідь.

2.11. Напишіть рівняння хімічних реакцій:



## ХАЛЬКОГЕНИ

### *Теоретичні питання:*

- 1.1. Які ступені окиснення характерні для халькогенів у їх сполуках? Чому максимальна валентність халькогенів дорівнює шести, а Оксигену – лише двом?
- 1.2. Які сполуки Сульфуру знаходяться в природі? Наведіть приклади кількох важливих сульфурвмісних мінералів, вкажіть їх хімічний склад. Чи знаходиться сірка у природі у вільному стані?
- 1.3. Які особливості будови сірки? З яких молекул складається тверда, рідка і газоподібна сірка? Як залежить склад молекул від температури?
- 1.4. Площинними чи тривимірними є молекули циклооктасульфуру? Відповідь обґрунтуйте. Намалюйте варіанти структури молекули  $\text{S}_8$ , що відрізняється взаємним розташуванням атомів, та вкажіть найвигідніший із них.
- 1.5. Як одержують сірку у промисловості? Де використовується сірка?
- 1.6. Охарактеризуйте відношення сірки до води, кислот, лугів. Напишіть рівняння відповідних хімічних реакцій.
- 1.7. Перерахуйте методи одержання сірководню. Запишіть рівняння реакцій, вказавши умови їх протікання.
- 1.8. Як класифікують сульфідів за їх хімічною природою? Опишіть характерні хімічні властивості сульфідів кожної з названих груп.
- 1.9. Що таке полісульфіди, як їх можна одержати? Чи утворюють інші елементи VI групи аналогічні сполуки?
- 1.10. Яку структуру мають полісульфідні іони: зигзагоподібну чи лінійну? Відповідь обґрунтуйте.
- 1.11. Назвіть промислові та лабораторні способи добування сірчистого газу. В яких виробничих процесах сірчистий газ виділяється як побічний продукт? Де його застосовують?
- 1.12. Наведіть приклади шкідливої дії сірчистого газу на навколишнє середовище.
- 1.13. Які хімічні перетворення відбуваються при розчиненні сірчистого газу у воді? Вкажіть, які часточки (молекули, іони), містяться в цьому розчині. Які сульфурвмісні часточки є домінуючими? Яким рівновагам відповідають константи дисоціації сульфитної кислоти  $K_1$  та  $K_2$ , значення яких наведені у довідниках?
- 1.14. Солі яких типів можуть утворюватись при пропусканні сірчистого газу в розчин луку? Що таке дисульфідів?
- 1.15. Дати характеристику окислювально-відновних властивостей сірчистої кислоти та її солей.

- 1.16. Які хімічні реакції проходять при одержанні сірчаної кислоти нітрозним або “баштовим” способом?
- 1.17. Як реагує сірчана кислота з металами?
- 1.18. Що таке пероксодисульфатна кислота? Напишіть її структурну формулу, визначте ступені окислення елементів. Як ця кислота реагує з водою?
- 1.19. Які особливості будови тіосульфат-іона? Охарактеризуйте його окисно-відновні властивості, наведіть приклади відповідних реакцій. Чи може виступати тіосульфат-іон у ролі ліганду?
- 1.20. Що таке політіонітні та політіонатні кислоти? Який їхній склад та будова?
- 1.21. Як добути натрій дитіонаїт? Які властивості – окислювальні чи відновні – для нього характерні? Наведіть приклади відповідних хімічних перетворень.
- 1.22. Які сполуки утворює Сульфур із Хлором? Охарактеризуйте їх хімічні властивості та відношення до води і лугів. Напишіть рівняння відповідних реакцій.
- 1.23. Охарактеризуйте відношення селену, телуру та полонію до кислот. Напишіть рівняння відповідних реакцій та обґрунтуйте відмінності в хімічних властивостях цих простих речовин.
- 1.24. Чи реагує селен (телур, полоній) з лугами? В разі позитивної відповіді напишіть рівняння реакцій.
- 1.25. Як можна добути селено- та телуроводень? Чи реагують відповідні халькогени безпосередньо з воднем?

**Тестові завдання:**

- 2.1. Чому у сполуках з Оксигеном елементи зазвичай здатні виявляти свою максимальну валентність, тоді як у сполуках із Сульфуром це відбувається не завжди.
- 2.2. Наведіть приклади реакцій, в яких сірка виступає в ролі окисника, відновника або бере участь у реакціях самоокиснення–самовідновлення.
- 2.3. Кути між зв'язками у молекулах  $H_2O$ ,  $H_2S$ ,  $H_2Se$  та  $H_2Te$  відповідно дорівнюють 105, 92, 91, та  $89.5^\circ$ . Поясніть причини таких відмінностей.
- 2.4. Сірководень за звичайної температури – газ, а вода – рідина. Чим можна пояснити відмінність в агрегатних станах цих речовин?
- 2.5. Чи виділиться сірководень при дії на сульфід (які?) оцтової, азотної кислоти?
- 2.6. Чи існує аналогія у зміні кислотних та окисно-відновних властивостей в рядах халькогеноводнів та галогеноводнів. Якщо так, то чим її можна пояснити?
- 2.7. Чому при зберіганні сірководню в газометрах останні заповнюють не водою, а насиченим розчином натрій хлориду?
- 2.8. Які з наведених нижче речовин придатні для осушування сірководню: концентрована сірчана кислота, твердий калій гідроксид, прожарений кальцій хлорид? Відповідь аргументуйте.
- 2.9. Сульфід лужних та лужноземельних металів одержують головним чином шляхом відновлення сульфатів вугіллям при високій температурі. Складіть рівняння двох відповідних реакцій.
- 2.10. Чи можна, знаючи характер оксиду елемента, передбачити хімічну природу його сульфідів? Наведіть приклади.

- 2.11. Чому одні сульфідні металів осаджуються з водних розчинів солей при дії як сірководню, так і сульфідів лужних елементів чи амонію, а інші – лише за участю останніх? Наведіть приклади.
- 2.12. Чому деякі сульфідні, наприклад,  $Al_2S_3$ , не утворюються у водному розчині?
- 2.13. Чи однакові продукти перетворень у таких дослідах: а) крізь розчин аміаку протягом тривалого часу пропускали сильний струмінь сірководню; б) насичений розчин сірководню у воді змішали з рівним об'ємом ненасиченого водного розчину аміаку? Дайте необхідні пояснення.
- 2.14. Охарактеризуйте відношення до води солей  $K_2S$ ,  $KHS$ ,  $Cr_2S_3$ ,  $FeS$ ,  $PbS$ . Від яких факторів залежить можливість гідролітичного розкладання сполук?
- 2.15. Які сульфідні здатні реагувати з лугами, сульфідні лужних металів або амонію? Приведіть приклади відповідних реакцій.
- 2.16. Які продукти можуть утворюватися при окисленні сірководню, сульфідів? Від чого залежить глибина окислення Сульфуру? Привести приклади.
- 2.17. Які продукти реакцій розчину хлориду заліза(III) з: а) сірководнем; б) сульфідом амонію? Поясніть різницю в проходженні відповідних реакцій.
- 2.18. Чому при пропусканні сірководню в розчині залізного купоросу іноді спостерігається помутніння або утворення світлого осаду?
- 2.19. Які з наведених нижче сполук є тіоангідрідами:  $ZnS$ ,  $P_2S_5$ ,  $K_2S$ ,  $FeS_2$ ,  $Re_2S_7$ ? Складіть рівняння реакцій тіоангідрідів із натрій сульфідом?
- 2.20. Яка хімічна сполука є основою піриту (залізного колчедану)? Зробіть передбачення щодо його перетворення під дією соляної та азотної кислот. Напишіть рівняння реакції.
- 2.21. Часто, проводячи осадження катіонів  $Cu^{2+}$  амоній сульфідом (реактив готують у лабораторії), отримують неоднорідний чорний осад із домішкою зеленого чи синього кольору. У чому причина такого ефекту?
- 2.22. Діставши завдання провести реакцію калій перманганату із калій сульфідом в лужному середовищі, один студент до розчину перманганату спочатку долив розчин луку, а потім сульфіту, другий – до розчину перманганату долив сульфід, а потім луг, третій – до розчину сульфіту долив луг, а потім перманганат. Який хід виконання досліду відповідав завданню, а який – ні? Дайте необхідні пояснення, напишіть рівняння реакції, що мали провести студенти.
- 2.23. Визначте, чи буде окислюватися натрій сульфід киснем за стандартних умов, якщо стандартні ентальпії утворення натрій сульфіту та натрій сульфату відповідно дорівнюють  $-1095$  та  $-1389$  кДж/моль, а значення стандартних ентропій для цих сполук приблизно однакові.
- 2.24. Використовуючи значення редокс-потенціалів, передбачте можливості взаємодії сульфідної кислоти з металами та склад продуктів таких реакцій. Який елемент буде окисником?
- 2.25. Пірамідальну чи площинну будову має молекула  $SO_3$ ? Відповідь аргументуйте.
- 2.26. Якими способами (зміна тиску, концентрації, температури, використання каталізатора) можна збільшити вихід Сульфуру (VI) оксиду в реакції  $2SO_2(г) + O_2(г) \leftrightarrow 2SO_3(г)$ ;  $\Delta H^0 = -198$  кДж? Які оптимальні умови здійснення цього процесу на виробництві? Дайте необхідні пояснення.

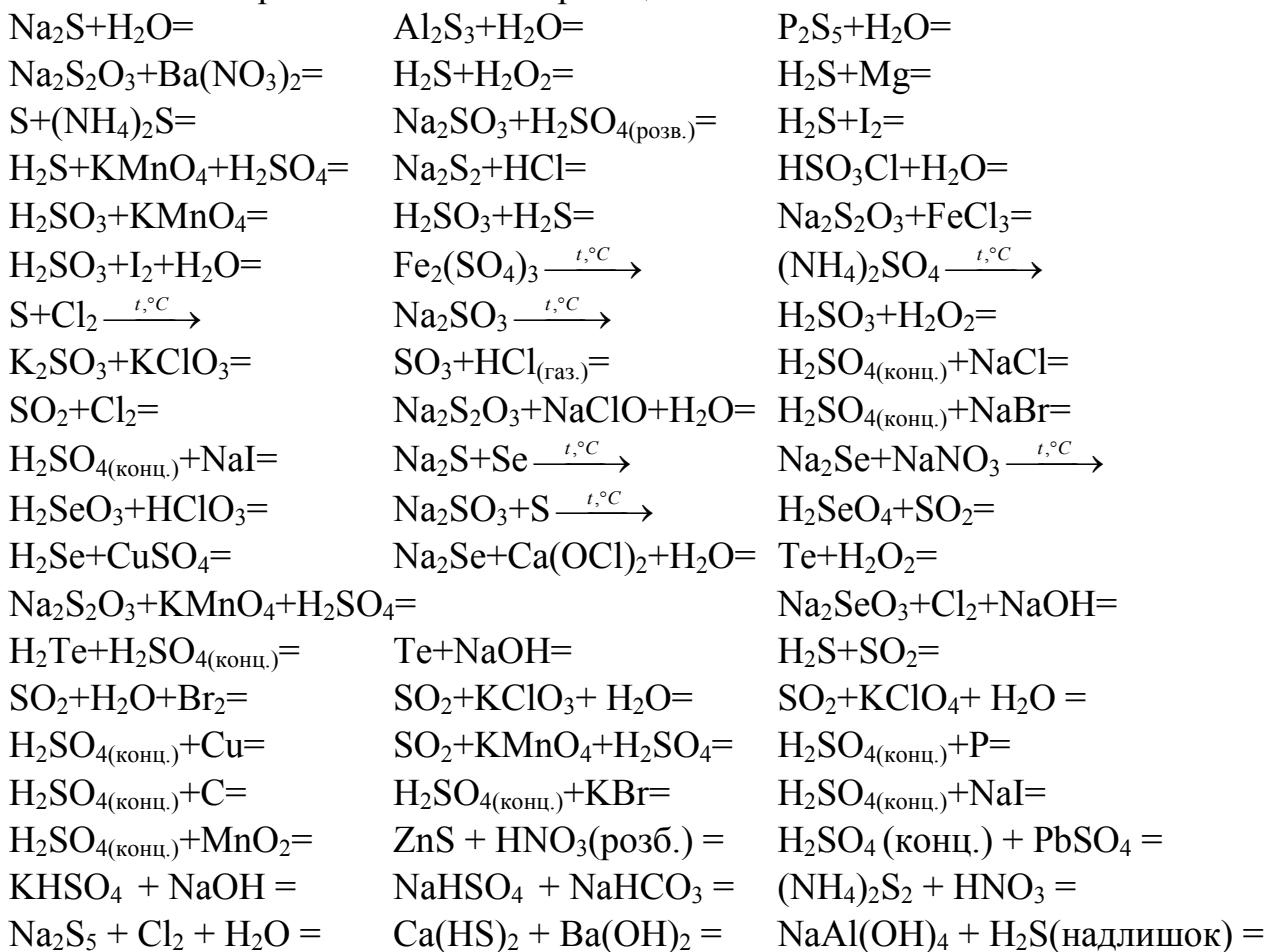
- 2.27. Чому при виробництві сірчаної кислоти Сульфур(VI)оксид поглинається не водою, а концентрованою сірчаною кислотою? Чи утворюються при цьому нові сполуки? Що таке олеум?
- 2.28. Чи можна сірчану кислоту добути реакцією обміну? Відповідь обґрунтуйте та наведіть приклади.
- 2.29. Чому більше неприємностей хіміку приносить доливання до води концентрованої сірчаної кислоти, ніж кислоти до води? Яка причина різних ефектів?
- 2.30. За яких умов сірчана кислота дисоціює на іони  $\text{H}_3\text{O}^+$  та  $\text{SO}_4^{2-}$ ;  $\text{H}_3\text{O}^+$  та  $\text{HSO}_4^-$ ;  $\text{H}_3\text{SO}_4^+$  та  $\text{HSO}_4^-$ ?
- 2.31. Напишіть рівняння реакцій сірчаної кислоти (розбавленої, концентрованої) з магнієм, залізом, міддю. Чи впливає температура на ці перетворення? Якщо так, то як саме?
- 2.32. Які можливі причини того, що концентрована сірчана кислота здатна бути окисником (по Сульфуру), а розбавлена та розчин сульфатів – ні?
- 2.33. Концентрована сірчана кислота може відновлюватися цинком до Сульфур(IV) оксиду, сірки чи навіть до сірководню. Інколи це записують такими рівняннями:  
 $4\text{Zn} + 6\text{H}_2\text{SO}_4 = 4\text{ZnSO}_4 + \text{SO}_2 + \text{S} + 6\text{H}_2\text{O}$ ;  $7\text{Zn} + 9\text{H}_2\text{SO}_4 = 7\text{ZnSO}_4 + \text{S} + \text{H}_2\text{S} + 8\text{H}_2\text{O}$ .  
 Наскільки відповідають ці рівняння реальним перетворенням?
- 2.34. Чим пояснити те, що концентрована сірчана кислота здатна реагувати з деякими неметалами, а розбавлена з жодним із них не взаємодіє?
- 2.35. Як можна добути натрій(калій)гідроген сульфат? Які часточки містяться у водному розчині солі?
- 2.36. Визначте, чи випаде осад, якщо злити рівні об'єми 0,001 М розчинів стронцій нітрату та калій сульфату.
- 2.37. Які перетворення відбуватимуться при поступовому нагріванні алюмокалієвих галунів  $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ? Напишіть рівняння для кожної названої стадії термічного розкладання сполуки.
- 2.38. Запропонуйте спосіб визначення кількісного складу суміші натрій сульфіді, натрій сульфіту та натрій сульфату.
- 2.39. Що відбувається при поступовому нагріванні натрій гідроген сульфату? Напишіть рівняння реакцій.
- 2.40. Які перетворення відбуваються при розчиненні у воді дисульфатів лужних елементів? Які аніони домінують у такому розчині?
- 2.41. Пероксосульфатна та пероксодисульфатна кислоти можна добути взаємодією хлоросульфатної (хлоросульфонової) кислоти із чистим гідроген пероксидом за умови сильного охолодження. Напишіть рівняння реакцій.
- 2.42. Поясніть, чому кислоти  $\text{H}_2\text{SO}_5$  та  $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_8$  виявляють різну основність.
- 2.43. Складіть іонно-молекулярні та молекулярні рівняння, що відповідають таким лівим частинам: а)  $\text{S}_2\text{O}_8^{2-} + \text{Mn}^{2+} + \text{H}_2\text{O} (\text{Ag}^+, \text{H}^+) \rightarrow$ ; б)  $\text{S}_2\text{O}_8^{2-} + \text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ ; в)  $\text{HSO}_5^- + \text{S}^{2-} \rightarrow$ ; г)  $\text{HSO}_5^- + \text{Br}^- + \text{H}^+ \rightarrow$ .
- 2.44. У чотирьох тиглях нагріли суміші:  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  та  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_7$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  та  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ ,  $\text{FeO}$  та  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_7$ ,  $\text{FeO}$  та  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ . Які реакції можуть відбуватися? Складіть відповідні хімічні рівняння.
- 2.45. При насиченні розчину натрій гідроксиду чи натрій карбонату сумішшою сірководню та сірчистого газу, взятих у певних співвідношеннях, утворюються натрій тіосульфат. Напишіть рівняння реакцій.



- 2.64. З метою добування селену на сульфідний мінерал, що містить крім сульфідів також аргентум селенід, діють спочатку сумішшю натрій нітрату та сірчаної кислоти, а потім пропускають сірчистий газ. Напишіть рівняння відповідних реакцій.
- 2.65. Складіть рівняння реакцій:
- а)  $\text{Na}_2\text{S} + \text{Se} =$                       б)  $\text{H}_2\text{Se} + \text{CuSO}_4 =$                       в)  $\text{ZnSe} + \text{O}_2 =$  <sup>t</sup>
- г)  $\text{Na}_2\text{Se} + \text{Ca}(\text{OCl})_2 + \text{H}_2\text{O} =$     д)  $\text{Al}_2\text{Te}_3 + \text{H}_2\text{O} =$                       е)  $\text{H}_2\text{Te} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц.}) =$
- є)  $\text{K}_2\text{Te} + \text{FeSO}_4 =$                       ж)  $\text{Na}_2\text{Po} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц.}) =$
- 2.66. Як реагують селен і телур з азотною кислотою? В чому проявляється відмінність цих простих речовин від сірки в даній реакції?
- 2.67. Як розділити селен і телур?
- 2.68. Як, маючи оксид селену(IV) і селен(IV), добути відповідні оксигеновмісні кислоти? Напишіть рівняння реакцій.
- 2.69. Яка з кислот сильніша: селенітна чи селенатна? Дайте пояснення.
- 2.70. Телур(IV) оксид на відміну від селен(IV) оксиду реагує з концентрованою соляною кислотою. З йодоводневою кислотою реагують обидва оксиди, хоча і по-різному. Напишіть рівняння відповідних реакцій та поясніть відмінність властивостей  $\text{SeO}_2$  та  $\text{TeO}_2$ .
- 2.71. Селенітна кислота, реагуючи із чистою перхлоратною кислотою, виявляє основні властивості. У суміші цих кислот виявленні тригідроксокатіони. Напишіть відповідне рівняння реакції.
- 2.72. Методика добування якої комплексної сполуки полягає у такому: до розчину селен(IV) оксиду у концентрованій соляній кислоті доливають розчин амоній хлориду і пропускають хлороводень?
- 2.73. Складіть рівняння реакцій:
- а)  $\text{SeO}_2 + \text{SO}_2 =$                       б)  $\text{Na}_2\text{SeO}_3 + \text{Zn} + \text{HCl} =$                       в)  $\text{TeO}_2 + \text{KOH} =$
- г)  $\text{PoO}_2 + \text{HNO}_3 =$                       д)  $\text{H}_2\text{TeO}_3 + \text{HCl} =$                       е)  $\text{TeCl}_4 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} =$
- є)  $\text{Se} + \text{Na}_2\text{SO}_3 =$                       ж)  $\text{Te} + \text{NaOH} =$                       і)  $\text{SeCl}_4 + \text{NH}_4\text{Cl} =$
- ж)  $\text{H}_2\text{SeO}_3 + \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 =$
- 2.74. Зіставляючи відповідні редокс-потенціали, визначте, окисником чи відновником має бути селенітна кислота щодо йоду. Напишіть рівняння реакції.
- 2.75. Складіть формули ди-, три- та тетрателуриту натрію, маючи на увазі, що це солі двохосновних кислот. У кислому чи лужному середовищі утворюються ізополітелурити?
- 2.76. Запропонуйте способи добування оксидів селену (IV) і телуру(IV).
- 2.77. Приготовлено водні розчини  $\text{Na}_2\text{Se}$  та  $\text{Na}_2\text{Te}$  однакової молярної концентрації. У якого розчину значення рН є меншим?
- 2.78. Як змінюються кислотні та окислювальні властивості оксидів у ряду  $\text{SO}_3 - \text{SeO}_3 - \text{TeO}_3$ ?
- 2.79. Складіть рівняння реакцій:
- а)  $\text{Na}_2\text{Se} + \text{NaNO}_3 =$  <sup>t</sup>                      б)  $\text{H}_2\text{SeO}_3 + \text{HClO}_3 =$                       в)  $\text{Na}_2\text{SeO}_3 + \text{Cl}_2 + \text{NaOH} =$
- г)  $\text{H}_2\text{SeO}_4 + \text{Cu} =$                       д)  $\text{H}_2\text{SeO}_4 + \text{SO}_2 =$                       е)  $\text{K}_2\text{SeO}_4 + \text{Ba}(\text{NO})_3 =$
- є)  $\text{Te} + \text{H}_2\text{O}_2 =$                       ж)  $\text{H}_6\text{TeO}_6 + \text{HI} =$                       з)  $\text{Na}_6\text{TeO}_6 + \text{H}_2\text{O} =$
- і)  $\text{TeO}_2 + \text{KMnO}_4 + \text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O} =$
- 2.80. Охарактеризуйте подібність та відмінність властивостей сірчаної та селенатної кислот. Відповідь проілюструйте на прикладі.

2.81. Складіть схеми дисоціації ортотелуратної кислоти, врахувавши, що вона взаємодіє як двоосновна кислота. Запишіть координаційні формули аніонів кислоти.

2.82. Напишіть рівняння хімічних реакцій:



**Розрахункові задачі:**

- Чи можливе утворення гідроген пероксиду за стандартних умов: а) з водню та кисню; б) з кисню та рідкої води; в) з озону та рідкої води? Відповідь дайте на підставі термодинамічних розрахунків.
- Маємо рівні за масою порції кисню та озону за однакових умов. Який газ займає більший об'єм та у скільки разів?
- Після проходження повітря крізь озонатор густина газу збільшилася на 5%. Обчисліть об'ємну частку озону в добутому озонованому повітрі.
- Один об'єм води при нормальних умовах поглинає 79,8 об'ємів  $\text{SO}_2$ . Обрахувати масову частку  $\text{SO}_2$  у такому розчині.
- Обрахувати рН 0,01 н. розчинів  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  та  $\text{NaHSO}_3$ .
- Визначити, чи випаде в осад сульфат стронцію при зливанні рівних об'ємів 0,001 М розчинів  $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$  та  $\text{K}_2\text{SO}_4$  (добуток розчинності  $\text{SrSO}_4$   $3,2 \cdot 10^{-7}$ ).
- Визначте добову потребу повітря для колчеданової печі, в якій спалюється за добу 24 т колчедану. Повітря береться за нормальних умов у надлишку і з таким розрахунком, щоб газу, які виходять з печі, містили 11% кисню. Вважати, що об'ємна частка кисню в повітрі становить 21%, а колчедан містить лише  $\text{FeS}_2$ .

- 3.8. При проходженні рівних об'ємів  $\text{SO}_2$  та  $\text{O}_2$  через контактний апарат 25%  $\text{SO}_2$  перетворилося на  $\text{SO}_3$ . Визначте склад газової суміші в об'ємних частках.
- 3.9. Телур, реагуючи із 40%-ною азотною кислотою при нагріванні, утворює основну сіль, що має мольне співвідношення  $\text{Te} : \text{N} = 2 : 1$  та містить 66,7 % телуру за масою. Знайдіть формулу солі.
- 3.10. Який об'єм (н.у.) займає кисень, що виділяється з кожної з речовин, взятих кількістю 1 моль:  $\text{KClO}_3$ ,  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{HgO}$ ?
- 3.11. Повітря, що перебуває в посудині під тиском 100 кПа і за температури 27 °С, містить 5,11 л  $\text{O}_2$ , 19,57 л  $\text{N}_2$ , 1,25 л  $\text{CO}_2$  і 1,25 л  $\text{Ar}$ . Визначте, яке число атомів Оксигену міститься в посудині.  $N_A = 2,53 \cdot 10^{23}$ .
- 3.12. Яку масу сульфур(VI) оксиду необхідно розчинити у 100 г розчину, в якому масова частка сульфатної кислоти 91%, щоб добути 30%-ний олеум? // 100 г.

### **Опис дослідів до лабораторних робіт:**

### **Лабораторна робота №13**

#### **Дослід 1. Сірководень і його властивості.**

**а) одержання сірководню і його горіння:** Пробірку, на 1/3 наповнену дрібними шматочками сірчистого заліза, закріпити у штативі. Додати в неї 5-6 крапель хлоридної кислоти (густиною 1,19 г/см<sup>3</sup>). Швидко закрити пробірку пробкою з газовідвідною трубкою. Газ, що виділяється, запалити у кінці відвідної трубки. Над полум'ям потримати змочений дистильованою водою синій лакмусовий папірець. Написати рівняння реакцій і вказати, яка з них є окисно-відновною.

**б) розчинення сірководню у воді:** У пробірку з ферум(II) сульфідом додати 2-3 краплі хлоридної кислоти (густиною 1,19 г/см<sup>3</sup>). Закрити її газовідвідною трубкою, кінець якої опустити в пробірку, на 1/3 наповнену нейтральним розчином лакмусу. Відмітити зміну кольору лакмусу. Написати рівняння дисоціації сульфідної кислоти та вираз констант її дисоціації I і II ступенів.

**в) відновні властивості сірководню:** У пробірки з розчинами калій перманганату та калій біхромату внести краплю 2 н. сульфатної кислоти. В кожну з пробірок додавати сірководневу воду до зміни забарвлення розчину і його помутніння. Написати рівняння відповідних окисно-відновних реакцій.

**Дослід 2. Одержання малорозчинних сульфідів.** В одну пробірку внести розчин манган(II) сульфату, в другу – плюмбум(II) нітрату. В кожну пробірку додати по 2-4 краплі амоній сульфідну. До одержаних осадів додати по 2-3 краплі 2 н. розчину нітратної кислоти. Який з сульфідів розчинився?

У дві інші пробірки з тими ж самими розчинами солей Мангану і Плюмбуму додати по 3-4 краплі сірководневої води. В якому випадку утворення осадів не спостерігається? Написати рівняння проведених реакцій.

Виходячи із значень добутку розчинності сульфідів мангану та плюмбуму, пояснити причину різної дії на них кислоти.

**Дослід 3. Одержання діоксиду сульфуру і його розчинення у воді.** Приготувати дві пробірки: одну з – розчином нейтрального лакмусу, іншу - з дистильованою водою. Пробірку на 1/3 її об'єму наповнити кристалами натрій сульфідну, додати 6-8 крапель 4 н. розчину сульфатної кислоти та швидко закрити пробкою з газовідвідною трубкою. Газ, що виділяється, пропускати через розчини з нейтральним лакмусом і дистильованою водою протягом 2-3 хвилин. Якщо виділення газу йде недостатньо енергійно, то пробірку обережно підігріти. Одержаний розчин зберегти для проведення подальших дослідів. Написати рівняння реакції.

#### **Дослід 4. Окисні та відновні властивості сполук Сульфуру(IV).**

**а) окисні та відновні властивості  $SO_2$ :** В пробірку з сірководневою водою додати кілька крапель одержаного в попередньому досліді розчину  $SO_2$ . Цей же розчин додати в пробірку з йодною водою. Написати рівняння реакцій та вказати, які властивості – окисні чи відновні – проявляє  $SO_2$  в кожному випадку.

**б) відновні властивості  $SO_3^{2-}$ -йону:** В пробірку, що містить розчин калій перманганату, долити розчин 2 н. хлоридної кислоти та додати декілька кристалів натрій сульфіту. Для пояснення результатів дослідів написати рівняння реакції. Впевнитися в переході сульфіту в сульфат, додавши в одержаний розчин спочатку нітратну кислоту, а потім – розчин барій хлориду. Яка сполука випала в осад?

**Дослід 5. Дегідратуючі властивості сульфатної кислоти.** На фільтрувальному папері за допомогою скляної палички зробити надпис 2 н. розчином сульфатної кислоти. Папір просушити, тримаючи високо над полум'ям спиртівки. Відмітити і пояснити причину почорніння надпису.

#### **Дослід 6. Взаємодія сульфатної кислоти з металами.**

**а) взаємодія розведеної сульфатної кислоти з металами:** У три пробірки внести 2 н. розчин сульфатної кислоти і по шматочку металів: у першу - цинку, у другу - заліза, в третю - міді. Якщо реакція йде повільно, то пробірки потрібно злегка підігріти. Пояснити, чому в одній з пробірок реакція не йде? Написати рівняння реакцій. Який елемент у цих реакціях є окисником?

**б) взаємодія концентрованої сульфатної кислоти з міддю:** У тигель помістити шматочок мідної стружки і додати 5-10 крапель концентрованої сульфатної кислоти. Тигель підігріти на азбестовій сітці. До газу, що виділяється, піднести вологий синій лакмусовий папірець та відмітити зміну його забарвлення. Обережно по запаху визначити, який газ виділяється. Написати рівняння реакції. Який елемент у цій реакції є окисником?

Вміст тигля випарити, охолодити і сухий залишок розчинити, добавивши у тигель 8-10 крапель дистильованої води. Відмітити зміну забарвлення.

**в) взаємодія концентрованої сульфатної кислоти з цинком:** У тигель помістити невелику кількість порошку цинку і додати 5-10 крапель концентрованої сульфатної кислоти. Тигель підігріти. До газу, що виділяється, піднести фільтрувальний папір, змочений розчином ацетату або нітрату плюмбуму. Пояснити причину появи темної плями на цьому папері. Написати рівняння реакцій взаємодії концентрованої сульфатної кислоти з цинком з утворенням: а) сірчистого газу, б) сірки, в) сірководню.

**Дослід 7. Різна розчинність сульфіту і сульфату барій(II) в кислоті.** В двох пробірках одержати обмінною реакцією барій(II) сульфід і барій(II) сульфат. Порівняти розчинність одержаних осадів у кислоті, добавивши в обидві пробірки по 1-2 краплі 2 н. розчину нітратної кислоти. Чи можна цією реакцією розрізнити іони  $SO_3^{2-}$  і  $SO_4^{2-}$ ? Написати рівняння реакцій.

#### **Дослід 8. Натрій тіосульфат і його властивості.**

**а) нестійкість тіосульфату в кислому середовищі:** Внести в пробірку розчини натрій тіосульфату та 2 н. сульфатної кислоти. Відмітити випадання сірки. По запаху визначити, який газ виділяється. Написати рівняння реакції. Вказати окисник і відновник.

**б) відновні властивості натрій тіосульфату:** В пробірки з бромною та йодною водою добавляти по краплям тіосульфат натрію до знебарвлення розчинів. Написати рівняння реакцій.

### **Дослід 9. Окисні властивості пероксодисульфатів**

**а) окислення калій йодиду:** У пробірку з розчином калій йодиду додати стільки ж розчину амоній пероксодисульфату. Відмітити зміну забарвлення розчину. Написати рівняння реакції.

**б) окиснення хром(III) сульфату:** У пробірку з розчином хром(III) сульфату додати розчини сульфатної кислоти та аргентум нітрату (в якості каталізатора). Пробірку нагріти і в гарячий розчин внести 2-3 кристалика калій або амоній пероксодисульфату. Продовжувати нагрівання до зміни забарвлення внаслідок протікання реакції:  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + (\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + (\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4$   
Написати графічну формулу амоній пероксодисульфату

**Контроль знань на лабораторному занятті № 13**

## **10. НІТРОГЕН. ФОСФОР**

### **Програмні вимоги:**

Елементи V групи головної підгрупи: Електронна структура та валентні можливості атомів елементів.

Нітроген: Поширення в природі. Будова атому Нітрогену та молекули азоту. Методи одержання, фізичні, хімічні властивості азоту, застосування. Аміак та солі амонію. Аміаки. Нітриди та амідні. Гідразин та гідроксиамін. Азидоводень та азидна кислота. Азиди. Зміна кислотно-основних властивостей сполук в ряду амоніак–гідразин–гідроксиамін–азидоводень. Галогеніди Нітрогену. Оксихлориди Нітрогену. Оксиди Нітрогену. Нітритна та нітратна кислота. Нітрити, нітрати, їх одержання та властивості. Азотні добрива. Порівняльна характеристика окисних властивостей оксигенвмісних сполук Нітрогену.

Фосфор: Знаходження в природі. Методи одержання, алотропні видозміни, фізичні та хімічні властивості. Фосфін, одержання, фізичні та хімічні властивості. Фосфіди металів. Галогеніди Фосфору. Оксигалогеніди Фосфору. Оксигенвмісні сполуки Фосфору. Фосфорні кислоти та їх солі. Фосфорні добрива. Гетерополісполуки Фосфору. Тіофосфати та тіофосфіти.

**Література для самостійної роботи:** [1] ч.2 розд.ІІ с.328-371; [3] розд.І с.9-56; [8] т.1 гл.ІХ с.377-451.

**Орієнтовний перелік питань, що виносяться на колоквиум:**

### **НІТРОГЕН ТА ЙОГО СПОЛУКИ**

#### **Теоретичні питання:**

- 1.1. Яка електронна конфігурація (будова) атомів N, P? Представити будову зовнішнього електронного рівня в незбудженому і збудженому станах.
- 1.2. Як розташовані електрони на молекулярних орбіталях молекули N<sub>2</sub>? Чи має вона парамагнітні властивості?
- 1.3. Як одержують азот у промисловості, лабораторії? Де використовують азот?
- 1.4. Дайте характеристику хімічним властивостям азоту. З якими металами, неметалами він реагує? Приведіть рівняння відповідних реакцій.
- 1.5. Вкажіть можливості, що є в атома Нітрогену для утворення ковалентних зв'язків.
- 1.6. Як розподілені електрони на молекулярних орбіталях молекули азоту? Чому молекула азоту має невисоку реакційну здатність?

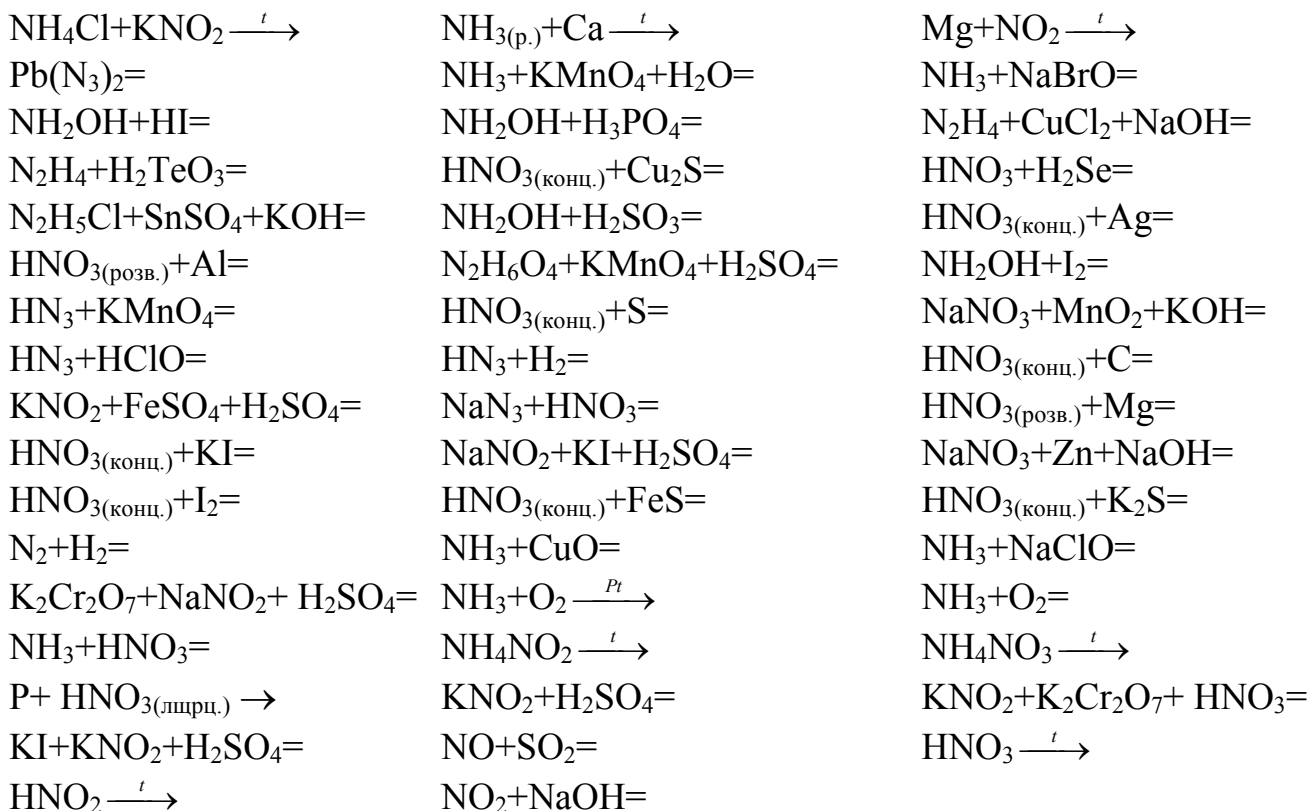
- 1.7. Як добувають азот у промисловості та в лабораторії? Де використовують азот?
- 1.8. Який тип гібридизації атомних орбіталей Нітрогену має місце при утворенні молекули аміаку? Яку геометричну форму вона має? Полярна вона чи неполярна?
- 1.9. Скільки зв'язків і яким є їх характер в молекулі аміаку, йоні амонію?
- 1.10. В яких умовах здійснюється промисловий синтез аміаку? Як впливає зміна тиску, температури на його вихід? Як одержують аміак ціанамідним методом?
- 1.11. Які хімічні властивості аміаку? Чи вступає він в реакції окиснення-відновлення, чи бере участь в реакціях комплексоутворення? Наведіть приклади.
- 1.12. Написати схему рівноваг, що мають місце в водному розчині аміаку і вираз константи цієї рівноваги.
- 1.13. Як одержують гідразин? Яка будова молекули сполуки? Які властивості проявляє у хімічних реакціях гідразин? Відповідь мотивуйте.
- 1.14. За допомогою яких реакцій одержують гідроксиламін? Яка будова його молекули? Які властивості проявляє гідроксиламін у хімічних реакціях?
- 1.15. Як одержують азотистоводневу кислоту, азиди? Які властивості вони проявляють у хімічних реакціях? Наведіть приклади.
- 1.16. Назвіть всі відомі оксиди нітрогену і дайте характеристику їх кислотно-основній природі.
- 1.17. Опишіть електронну будову молекули NO по методу молекулярних орбіталей. Чи властивий цій молекулі парамагнетизм?
- 1.18. Як можна одержати NO<sub>2</sub>? Охарактеризуйте його фізичні та хімічні властивості. Приведіть приклади.
- 1.19. Які з оксидів нітрогену будуть взаємодіяти з КОН? Написати відповідні рівняння реакцій.
- 1.20. Написати рівняння послідовних реакцій промислового способу одержання нітратної кислоти з аміаку.
- 1.21. Представити електронну схему молекули нітратної кислоти. Чому дорівнює ковалентність Нітрогену в її молекулі?
- 1.22. Наведіть приклади хімічних реакцій, що характеризують властивості нітратної кислоти.
- 1.23. Що таке “царська водка”? Який її склад та хімічні властивості? Вкажіть роль кожного із компонентів в реакціях з металами?

**Тестові завдання:**

- 2.1. Порівняйте енергію зв'язку в молекулах N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, F<sub>2</sub>, і P<sub>4</sub> та хімічну активність відповідних речовин.
- 2.2. Чому молекула азоту має невисоку реакційну здатність?
- 2.3. Чи відрізняється по складу газ, одержаний шляхом пропускання повітря, очищеного від CO<sub>2</sub>, через трубку з розжареними мідними стружками, від газу, одержаного шляхом розкладу нітрату амонію?

- 2.4. Написати рівняння реакцій одержання азоту: а) відновленням нітрату калію залізом; б) розкладом нітриту амонію; в) окисненням аміаку. В кожному випадку вказати окисник і відновник.
- 2.5. Враховуючи відносну електронегативність атомів F, Cl, Na і N, показати зміщення електронних пар і відповідно ступінь окиснення кожного елементу в молекулах  $\text{NF}_3$ ,  $\text{NCl}_3$ ,  $\text{Na}_3\text{N}$ . Як буде відбуватися взаємодія указаних нітридів з водою? Написати рівняння відповідних реакцій.
- 2.6. Дією яких речовин на: а) азот; б) сіль амонію; азотну кислоту; г) нітрид алюмінію можна одержати аміак? Написати рівняння відповідних реакцій.
- 2.7. Чи може молекула аміаку виступати в ролі донора, акцептора електронів, брати участь в утворенні водневого зв'язку? Дайте обґрунтовану відповідь.
- 2.8. Які речовини слід використовувати для висушування аміаку – концентрована сірчана кислота, оксид фосфору(V), безводний хлорид кальцію?
- 2.9. Пояснити механізм утворення молекули амоній хлориду з аміаку та гідроген хлориду. Який елемент є комплексоутворювачем, а який – лігандом в цій молекулі?
- 2.10. Написати рівняння реакцій, характерних для аміаку: сполучення, заміщення, окиснення, комплексоутворення.
- 2.11. Написати рівняння можливих реакцій взаємодії аміаку з фосфатною кислотою в молекулярному та йонному вигляді.
- 2.12. При кип'ятінні розчину хлориду амонію з порошком магнію виділяється газ. Напишіть рівняння реакції та поясніть явище, що спостерігається.
- 2.13. Хлорид амонію застосовується при пайці для очистки поверхні металів від оксидів. Які процеси проходять на поверхні таких металів як мідь, цинк? Врахувати, що в одному із випадків проходить окисно-відновна реакція.
- 2.14. Яке середовище мають водні розчини сульфату, ацетату, карбонату амонію?
- 2.15. В чому спільність та відмінність у хімічних властивостях гідразину та аміаку?
- 2.16. Яке середовище мають розведені розчини нітриту (нітрату) амонію, нітриту (нітрату) калію?
- 2.17. Необхідно розчинити певну наважку металу в азотній кислоті. В якому випадку витрати кислоти будуть менші: при використанні її концентрованою чи розведеною розчину? Відповідь обґрунтуйте. Чи має значення те, який метал вступає в реакцію?
- 2.18. Складіть рівняння реакцій:
- |   |   |
|---|---|
| а) $\text{Mg}_3\text{N}_2 + \text{H}_2\text{O} =$           | б) $\text{Ca}(\text{NH}_2)_2 + \text{HCl}(\text{надлишок}) =$ |
| в) $\text{Zn}_3\text{N}_2 + \text{NaOH}(\text{надлишок}) =$ | г) $\text{AlN} + \text{HNO}_3(\text{надлишок}) =$             |
| д) $\text{NaNH}_2 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O} =$   | е) $\text{Ba}(\text{NH}_2)_2 =^t$                             |
- 2.19. Як розкладаються при нагріванні нітрати металів? Які типові схеми розкладу сполук? Наведіть приклади.
- 2.20. Складіть рівняння термічного розкладу наступних солей амонію: карбонат, хлорид, сульфат, дихромат, нітрит, нітрат.

- 2.21. Складіть рівняння хімічних реакцій, що дають змогу здійснити такі перетворення  $\text{NH}_4\text{Cl} \rightarrow \text{NH}_3 \rightarrow \text{NH}_4\text{NO}_2 \rightarrow \text{N}_2 \rightarrow \text{NO} \rightarrow \text{NO}_2 \rightarrow \text{HNO}_3 \rightarrow \text{AgNO}_3 \rightarrow \text{NO}_2$ .
- 2.22. Доведіть, що оксид нітрогену(IV) є речовиною з подвійною окисно-відновною функцією.
- 2.23. У трьох пробірках без етикеток містяться концентровані розчини кислот:  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{HCl}$ . Як за допомогою одного реактиву визначити, в якій пробірці яка кислота міститься?
- 2.24. Напишіть рівняння хімічних реакцій, що відповідають такій схемі:  
 $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \xrightarrow{t} \text{A}_{(\text{газ})} \xrightarrow{\text{Pt}, \text{H}_2, t} \text{Б} \xrightarrow{\text{Pt}, \text{O}_2, t} \text{В} \xrightarrow{\text{O}_2} \text{Г} \xrightarrow{\text{NaOH}} \text{Д} \xrightarrow{t} \text{Е}_{(\text{тв})}$
- 2.25. Написати рівняння реакцій:



### ФОСФОР ТА ЙОГО СПЛУКИ

#### Теоретичні питання:

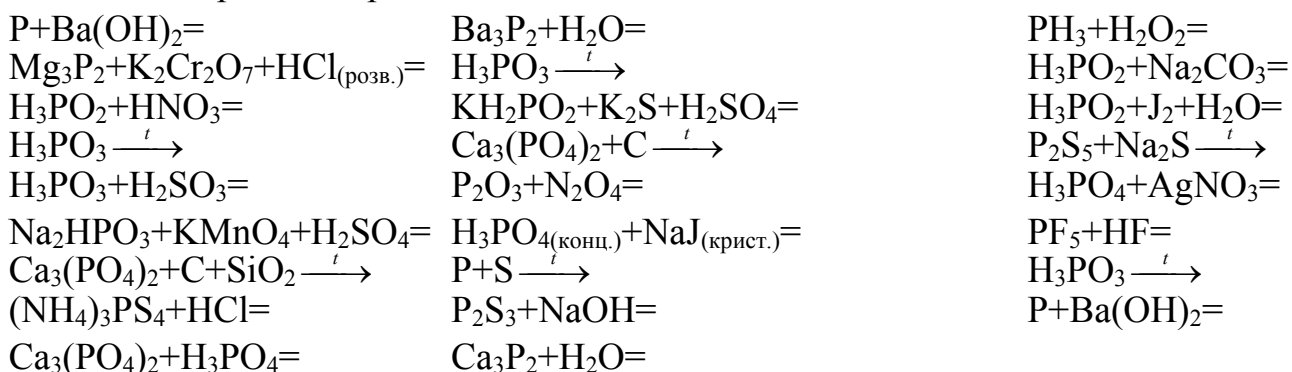
- У якому виді Фосфор зустрічається в природі? Як одержують фосфор у вільному стані? Де він використовується?
- Написати ряд послідовних реакцій, що протікають при одержанні фосфору з природного фосфату кальцію.
- Як взаємодіє оксид фосфору(V) з водою? Які сполуки при цьому утворюються?
- Які фосфати входять до складу мінеральних добрив? Як одержують простий, подвійний суперфосфати, преципітат, амофос? Наведіть рівняння реакцій.
- Назвіть відомі галогеніди фосфору, дайте їх хімічну характеристику. Як ці сполуки взаємодіють з водою?

#### Тестові завдання:

- Чи можна одержати фосфор із фосфориту по методу, що використовується у промисловості, якщо: а) в шихту не добавляти кокс або кварцовий пісок; б) в

якості відновника замість коксу використовувати активний метал? Напишіть рівняння відповідних реакцій.

- 2.2. Яка основна відмінність у хімічних властивостях азоту та фосфору? Чим це можна пояснити?
- 2.3. Наведіть приклади хімічних реакцій, в яких фосфор виступає окисником та відновником, а також реакцію, де проходить диспропорціювання фосфору.
- 2.4. Як одержати фосфін, виходячи з фосфору, фосфіду кальцію? Написати рівняння хімічних реакцій.
- 2.5. Написати рівняння хімічних реакцій аміаку та фосфіну з розчином сульфату міді. Чим пояснити різний характер хімічної взаємодії?
- 2.6. Написати рівняння реакцій гідролізу фосфор(III) хлориду та фосфор(III) йодиду?
- 2.7. Написати емпіричні та графічні формули кислот: а) фосфорної; б) дифосфорної; в) фосфористої, враховуючи, що остання є двоосновною. Яка ковалентність та ступінь окиснення Фосфору в кожній сполуці?
- 2.8. Як із фосфору одержати фосфорнуватуисту кислоту? Написати рівняння відповідних хімічних реакцій. Яка структура молекули кислоти, її основність? Охарактеризуйте поведінку сполуки в окисно-відновних процесах.
- 2.9. Скільки видів частинок (молекул, йонів) міститься в розчині ортосульфатної кислоти?
- 2.10. Яку основність має ортофосфорна кислота? Відповідь обґрунтуйте.
- 2.11. Складіть рівняння реакцій гідролізу  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  та  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ . Які іонні рівноваги обумовлюють рН розчину кожної солі?
- 2.12. Які зміни проходять при нагріванні первинних, вторинних та третинних фосфатів? Написати рівняння відповідних хімічних реакцій.
- 2.13. Написати рівняння реакцій:



**Розрахункові задачі:**

- 3.1. Суміш, що складається з 32 г  $\text{NaOH}$  і 4 г  $\text{NH}_4\text{Cl}$  нагріли до протікання реакції. Яка маса залишилась при цьому?
- 3.2. Відомо, що 40 мл розчину, що містить нітрат купруму (II) і сульфатну кислоту, можуть прореагувати з 25,4 мл 16,0%-ого розчину гідроксиду натрію (густина розчину 1,18 г/мл), а прожарювання осаду, що випадає при цьому, дає 1,60 г твердої речовини. Обчисліть концентрації (в моль/л) нітрату купруму(II) і сульфатної кислоти у вихідному розчині, а також об'єм газу (за н.у.), який

виділяється під час внесення 2,5 г порошкоподібної міді в 40 мл цього розчину.  
// 0,5 М  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ , 1 М  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ; 0,448 л NO

- 3.3. Масова частка Нітрогену в одному з його оксидів дорівнює 30,43%. Густина парів цієї речовини за гелієм дорівнює 23. Встановити молекулярну формулу оксиду. //  $\text{N}_2\text{O}_4$
- 3.4. В скільки разів необхідно збільшити концентрацію водню в системі  $3\text{H}_2 + \text{N}_2 \leftrightarrow 2\text{NH}_3$ , щоб швидкість реакції зростає в 125 разів? // в 5 разів
- 3.5. Скільки кг 60 %-ного розчину  $\text{HNO}_3$  можна одержати із 1 м<sup>3</sup> аміаку, якщо виробничі витрати становлять 5 %.? // 4,5 кг
- 3.6. Обчислити рН 0,02 М розчину  $\text{NH}_4\text{OH}$  та 0,05 Н розчину  $\text{HNO}_3$ .
- 3.7. При температурі 800°C густина парів фосфору за повітрям становить 4,27, а при 1500°C вона зменшується в 2 рази. З якої кількості атомів складається молекула в цих випадках? // з 4-х і 2-х
- 3.8. Через 49 кг безводної фосфорної кислоти пропустили 13,44 м<sup>3</sup> (н.у.) аміаку. Визначити склад одержаного амофосу. // 46 кг  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  і 13,2 кг  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$
- 3.9. Обчисліть об'єму водню й азоту (н.у.), потрібні для одержання 1 л 35% розчину аміаку ( $\rho=0,882$  г/см<sup>3</sup>). // 610,1 л водню,; 203,4 л азоту
- 3.10. Скільки мілілітрів 0,05 М розчину калій тетраоксоманганату(VII) потрібно для взаємодії з 50 мл 0,1 М розчину калій нітриту, підкисленого сульфатною кислотою? // 40
- 3.11. Визначте рН 0,1 М розчину ортофосфатної кислоти, враховуючи дисоціацію за першою стадією. // 1,9
- 3.12. У скільки разів збільшиться швидкість реакції  $\text{N}_2+3\text{H}_2\leftrightarrow 2\text{NH}_3$  з підвищенням температури на 30°, якщо  $\gamma=3$ . // у 27 разів
- 3.13. Обчисліть маси фосфориту, кремнезему та коксу, потрібні для одержання 1 т фосфору. // 5 т; 2,9 т; 0,97 т.

### **Опис дослідів до лабораторних робіт:**

#### **Лабораторна робота №14**

**Дослід 1. Добування аміаку, його взаємодія з водою і хлороводнем.** Шпателем внести в пробірку амоній сульфат та гашене вапно (1/2 об'єму). Суміш перемішати сухою скляною паличкою. Пробірку закріпити в штативі, закрити пробкою з газовідвідною трубкою, кінець якої опустити у конічну пробірку з водою. На слабому полум'ї горілки нагрівати суміш, пропускаючи 2-3 хв. аміак у воду, після чого пробірку з одержаним розчином закрити пробкою і залишити для наступного дослідів. До отвору газовідвідної трубки піднести скляну паличку, змочену концентрованою хлориною кислотою, вологий червоний лакмусовий папірець. Описати всі спостереження. Написати рівняння реакцій.

**Дослід 2. Рівновага у водному розчині аміаку.** Одержаний у досліді 1 розчин аміаку розлити в 2 пробірки. В одну з них додати краплю фенофталеїну, відмітити забарвлення розчину, а потім всипати в розчин мікрошпатель амоній хлориду та розмішати його. Як змінилась інтенсивність забарвлення? До розчину аміаку у другій пробірці додати 4-5 крапель розчину алюміній(III) сульфату. Відмітити зникнення запаху аміаку. Пояснити спостереження, написавши схему рівноваги у водному розчині аміаку та молекулярне і іонне рівняння реакції взаємодії алюміній(III) сульфату з водним розчином аміаку.

**Дослід 3. Відновні властивості аміаку.** Внести в три пробірки розчини: 1) бромної води, 2) калій перманганату, 3) калій біхромату. У кожен з пробірок додати по 3-

5 крапель 25%-ного розчину аміаку та злегка підігріти до зміни їх забарвлення. Написати відповідні рівняння реакцій.

**Дослід 4. Гідроліз солей амонію.** У три пробірки налити по 5-6 крапель нейтрального розчину лакмусу та досипати мікрошпатель: в першу – кристалів амоній хлориду, в другу – кристалів амоній нітрату, в третю – кристалів амоній ацетату. Розчини розмішати чистою скляною паличкою. Відмітити зміну забарвлення лакмусу в кожному випадку. Написати в молекулярному і іонному вигляді відповідні рівняння реакцій гідролізу.

**Дослід 5. Якісна реакція на  $\text{NH}_4^+$ -іон.** У пробірку з розчином солі амонію додати стільки ж 2 н. розчину їдкою натрію, злегка підігріти і над її отвором потримати вологий червоний лакмусовий папірець. Переконалися у виділенні аміаку (запах) та утворенні  $\text{OH}^-$ -іона. Написати в молекулярній і іонній формі рівняння реакцій.

**Дослід 6. Одержання оксиду і діоксиду нітрогену та дослідження їх властивостей.** У маленький кристалізатор налити води. Конічну пробірку наповнити водою, закрити отвір пальцем, перевернути догори дном і помістити у кристалізатор.

У мікроколбочку помістити мідну стружку і 2-4 краплі розведеної нітратної кислоти. Колбочку закрити пробкою з газовідвідною трубкою, закріпити в штативі вертикально і, якщо реакція йде недостатньо енергійно, злегка підігріти. Газовідвідну трубку опустити в кристалізатор і підвести під пробірку з водою. Заповнити пробірку газом, що виділяється, на  $3/4$  її об'єму (у пробірці повинна залишитися вода), закрити її під водою пальцем і, вийнявши з води, перевернути її дном вниз. Відкрити на 1-2 сек. отвір пробірки та спостерігати побуріння безбарвного газу. (Пробірку тримати на білому фоні). Знову закрити пробірку пальцем та струшувати до повного поглинання водою одержаного бурого газу. Знову відкрити пробірку і спостерігати побуріння газу і його розчинення у воді при струшуванні. До одержаного розчину додати 1-2 краплі нейтрального розчину лакмусу. Відмітити зміну забарвлення, вказати реакцію середовища. Описати всі спостереження. Написати рівняння проведених реакцій.

**Дослід 7. Нітроген(III) оксид і солі нітритної кислоти**

**а) добування нітроген(III) оксиду і його розклад:** У пробірку внести насичений розчин калій нітриту і додати одну краплю 2 н. розчину сульфатної кислоти. Відмітити появу голубого забарвлення розчину та утворення над розчином бурого газу. Пояснити спостереження, написавши рівняння реакції.

**б) відновні і окисні властивості нітритів:** У три пробірки внести розчини: у першу - калій йодиду, у другу - калій перманганату, у третю - калій біхромату. В кожну пробірку додати по краплі 2 н. розчину сульфатної кислоти та кілька крапель розчину калій нітрату. Відмітити зміну забарвлення розчинів. Написати рівняння всіх реакцій.

**Дослід 8. Окисні властивості нітратної кислоти.** У пробірку покласти мідну стружку та долити 3-4 краплі концентрованої нітратної кислоти. В другу пробірку внести розчин нітратної кислоти, розбавити його водою вдвічі та розмішати скляною паличкою, після чого теж внести в нього мідну стружку. Пробірку з розведеною нітратною кислотою злегка підігріти. Відмітити відмінності в проходженні реакції в концентрованій і розбавленій кислоті та написати рівняння реакцій.

**Дослід 9. Окисні властивості нітратів.** У тигель помістити по 5-10 крапель 0,5 н розчину калій нітрату і концентрованого розчину лугу. Додати 2-3 мікрошпателя порошку алюмінію або магнію. Поставити тигель на азбестову сітку і обережно

нагріти розчин (не кип'ятити!). Над парою потримати вологий червоний лакмусовий папірець. Переконатися у виділенні аміаку. Написати рівняння реакції.

**Дослід 10. Термічний розклад нітратів.**

**а) розклад калій нітрату:** Циліндричну пробірку з кристалами калій нітрату закріпити в штативі вертикально і нагрівати на полум'ї горілки до розплавлення солі і закінчення виділення бульбашок газу. Дослідити, яка сполука залишилася в сухому залишку, для чого після охолодження пробірки розчинити його у воді, і по 2-3 краплі одержаного розчину внести в пробірки з підкисленими сульфатною кислотою розчинами калій йодиду та калій перманганату. Відмітити зміну забарвлення. Написати рівняння всіх реакцій.

**б) розклад плюмбум(II) нітрату:** Циліндричну пробірку з кристалами плюмбум(II) нітрату закріпити в штативі вертикально і нагрівати на полум'ї горілки до початку виділення газів. Написати рівняння реакції розкладу.

**Дослід 11. Контрольний.** Отримати у викладача суху сіль і відомими реакціями встановити наявність чи відсутність відповідно йонів  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ . Встановити, яка сіль була отримана.

**Дослід 12. Одержання ортофосфорної кислоти.** Внести в пробірку невелику кількість червоного фосфору (не більше одного мікрошпателя) і додати 3-5 крапель концентрованої нітратної кислоти. Пробірку закріпити у штативі під нахилом і злегка підігріти до початку виділення газу. Утворення фосфатної кислоти довести, провівши якісну реакцію на йон  $\text{PO}_4^{3-}$  з молібдатом амонію, рівняння якої:

$$\text{H}_3\text{PO}_4 + 12(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4 + 21\text{HNO}_3 = (\text{NH}_4)_3\text{H}_4[\text{P}(\text{Mo}_2\text{O}_7)_6] + 21\text{NH}_4\text{NO}_3 + 10\text{H}_2\text{O}$$

Для цього у циліндричну пробірку внести 5-6 крапель насиченого розчину молібдату амонію, підкисленого нітратною кислотою і додати краплю одержаного у досліді розчину. Випадання жовтого осаду підтверджує одержання ортофосфатної кислоти. Написати рівняння реакцій одержання ортофосфорної кислоти та її ступінчастої дисоціації.

**Дослід 13. Ортофосфати деяких металів.**

**а) одержання кальцій гідрогенфосфату:** Внести в пробірку розчини кальцій хлориду і натрій гідрогенфосфату. Відмітити колір одержаного осаду та написати рівняння в молекулярній та іонній формі.

**б) осадження ферум і алюміній фосфату в присутності натрій ацетату:** В пробірки з розчинами солей ферум(III) хлориду та алюміній(III) хлориду долити по 2-3 краплі розчинів натрій ацетату і натрій гідрогенфосфату. Відмітити колір осадів. Написати рівняння реакцій у молекулярній і іонній формі.

**Дослід 14. Гідроліз ортофосфатів натрію.** У три пробірки внести по 5-6 крапель розчинів нейтрального лакмусу. Одну пробірку залишити як контрольну, в другу додати 3-4 кристалики натрій фосфату, в третю - стільки ж натрій дигідрофосфату. Вміст другої і третьої пробірок перемішати чистими скляними паличками до повного розчинення солей. Відмітити зміну забарвлення лакмусу. Написати рівняння першого ступеня гідролізу натрій фосфату в молекулярній і іонній формі.

**Дослід 15. Одержання перлів фосфатів.** Поставити роздільно на фільтрувальний папір чи скло кристали  $\text{NaNH}_4\text{HPO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , розтертий у порошок кобальт(II) нітрат, порошкоподібний купрум(II) оксид. Нагріти дротинку з петлею на кінці, доторкнутися нею до кристаликів, знову нагріти її до розплавлення прикипівших кристаликів. Спостерігати розклад солі, що призводить до утворення перлу натрій метафосфату. Гарячим перлом доторкнутися до порошку солі кобальту і знову підігріти. Вказати колір одержаного перлу у гарячому стані і після його охолодження.

Очистити дротинку (розкришити перл рукою) і повторити дослід, використовуючи купрум(II) оксид. Написати рівняння реакцій.

**Контроль знань на лабораторному занятті № 14**

## 11. КАРБОН. СИЛІЦІЙ. БОР

**Програмні вимоги:**

Елементи IV та III групи головної підгрупи: Електронна структура та валентні можливості атомів елементів.

Карбон: Карбон в природі. Алотропні видозміни простої речовини. Хімічні властивості простих речовин. Сполуки Карбону з металами і неметалами. Нітрогенвмісні сполуки Карбону. Диціан та його похідні. Цианатна кислота та її солі. Тіоціанатна кислота та тіоціанати. Галогенвмісні сполуки Карбону. Оксигенвмісні сполуки Карбону. Оксид карбону(II). Карбоніли, фосген. Оксид карбону(IV). Одержання, фізичні та хімічні властивості. Застосування диоксиду карбону. Карбонова кислота та її солі.

Силіцій: Поширення силіцію в природі, його роль в будові земної кори. Кремній як проста речовина. Методи одержання, фізичні та хімічні властивості кремнію. Сполуки Силіцію з металами та неметалами. Силіциди. Силани, їх одержання, будова і властивості. Оксигенвмісні сполуки Силіцію. Диоксид силіцію, особливості його поліморфних модифікацій. Природні різновидності диоксиду силіцію. Силікатні кислоти, їх солі. Природні силікати (польовий шпат, слюда, азбест, каолін) та штучні (скло, ситали, цементи).

Бор: Загальна характеристика та валентні можливості атомів Бору. Бор у природі. Методи одержання, фізичні та хімічні властивості бору. Сполуки бору з металами та неметалами. Нітрид бору (гексагональний та кубічний – боразон), його застосування. Галогеніди бору. Борани, їх склад, одержання та властивості. Бориди металів. Оксигенвмісні сполуки бору. Борний ангідрид (оксид бору(III)). Борні кислоти та їх солі. Одержання та властивості бури. Якісна реакція на Бор. Природні борати. Складні ефіри борної кислоти. Застосування сполук Бору.

**Література для самостійної роботи:** [1] ч.2 розд.ІІ с.371-427; [3] розд.ІІ с.85-125, розд.ІІІ с.153-170; [8] т.2 гл.Х с.5-126, т.2 гл.ХІ с.163-188.

**Орієнтовний перелік питань, що виносяться на колоквиум:**

### КАРБОН

**Теоретичні питання:**

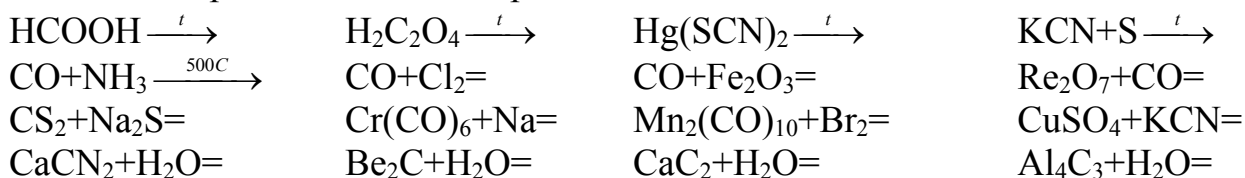
- 1.1. Які мінерали, що містять карбон, найбільш поширені в природі?
- 1.2. Напишіть формулу електронної будови атому карбону у незбудженому та збудженому станах. Які типи гібридизації характерні для карбону?
- 1.3. Які валентності та ступені окислення Карбону в його сполуках?
- 1.4. Назвіть всі алотропні модифікації Карбону та обґрунтуйте відмінності в їх фізичних та хімічних властивостях.
- 1.5. Як одержують і де використовують активоване вугілля?
- 1.6. Назвіть основні галузі застосування алмазу, графіту та фулеренів.
- 1.7. Як одержують в лабораторії та промисловості CO?
- 1.8. Що таке водяний, генераторний та змішаний газ? Як їх одержують?

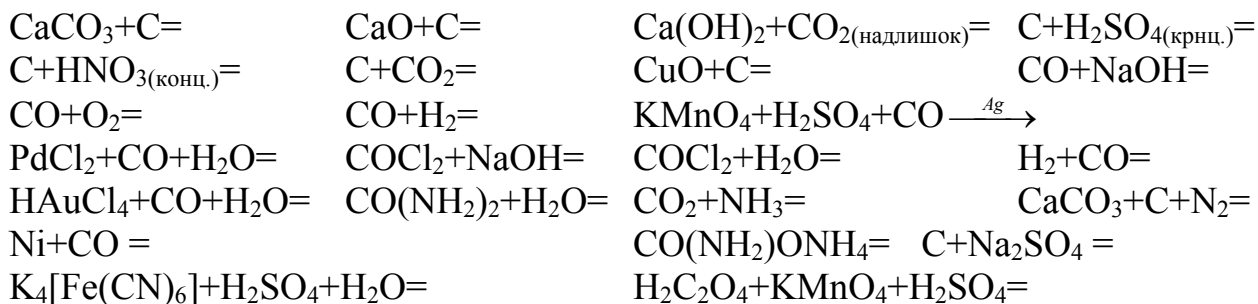
- 1.9. Наведіть не менше трьох рівнянь хімічних реакцій, що ілюструють застосування СО в промислових масштабах.
- 1.10. Як одержують СО<sub>2</sub> в лабораторії та промисловості?
- 1.11. Наведіть не менше трьох назв, що використовуються для СО<sub>2</sub>.
- 1.12. Що таке “сухий лід”? Як його одержують і де використовують?
- 1.13. Чому рН дощової води завжди менший 7?
- 1.14. Як одержують фосген? Яка його будова, які властивості він проявляє?
- 1.15. Що таке карбоніли металів і яка природа хімічного зв'язку в них? Як їх одержують?
- 1.16. З якою метою використовують карбоніли металів?

**Тестові завдання:**

- 2.1. Які орбіталі атому карбону приймають участь у формуванні хімічного зв'язку в сполуках СН<sub>4</sub>, С<sub>2</sub>Н<sub>4</sub>, С<sub>2</sub>Н<sub>2</sub>, СF<sub>4</sub>, СО, СО<sub>2</sub>?
- 2.2. Опишіть утворення молекули СО<sub>2</sub> та іону СО<sub>3</sub><sup>2-</sup> з точки зору методу валентних зв'язків (ВЗ).
- 2.3. У вашому розпорядженні опинилися графіт і фулерен. Яким чином розрізнити ці алотропи?
- 2.4. Чи можна штучно отримати алмаз при звичайних умовах? Якщо так, то опишіть принципи методу його одержання.
- 2.5. Що відбувається, коли над розпеченим вугіллям пропускати водяну пару? Як називається продукт, що утворюється в цьому процесі, і з якою метою його використовують? Напишіть рівняння відповідних реакцій.
- 2.6. Чому оксид карбону(II) формально можна вважати ангідридом формиатної кислоти?
- 2.7. Пояснити утворення потрійного зв'язку в молекулі СО методами ВЗ та МО.
- 2.8. Написати рівняння реакцій одержання карбон(II) оксиду трьома різними способами.
- 2.9. Деякий об'єм суміші СО з СО<sub>2</sub> при високій температурі повільно пропустили через трубку, заповнену купрум(II) оксидом. Чи змінився склад газової суміші при виході з трубки в порівнянні з вихідним? Дати необхідні пояснення.
- 2.10. Як одержати соду, виходячи з сульфату натрію? Напишіть рівняння хімічних реакцій.
- 2.11. Які рівноважні процеси проходять у водному розчині СО<sub>2</sub>? Як можна змістити ці рівноваги?
- 2.12. Напишіть реакції взаємодії СО<sub>2</sub> з нестачею та надлишком лугу в розчині.
- 2.13. Чому молекули СО<sub>2</sub> мають лінійну будову, а SO<sub>2</sub> – кутову?
- 2.14. Запропонуйте спосіб хімічної очистки оксиду карбону(IV) від оксиду сульфуру(IV).
- 2.15. Запропонуйте способи розділення азоту та оксиду карбону(II).
- 2.16. Зобразити будову молекули СО з точки зору методу МО та ВЗ.
- 2.17. З чим пов'язана висока комплексоутворююча здатність СО?
- 2.18. Запропонуйте методи очистки СО від домішок СО<sub>2</sub>, Н<sub>2</sub> та Н<sub>2</sub>О.

- 2.19. Написати рівняння гідролізу карбїду кальцію, карбїду алюмінію, карбонату калію, гідрокарбонату калію. Вказати рН середовища.
- 2.20. Напишіть рівняння реакцій одержання ціану.
- 2.21. В одній із трьох склянок є розчин натрій гідроксиду, в другій – натрій гідрогенкарбонату, у третій – натрій карбонату натрію. Як розпізнати вміст кожної склянки? Напишіть рівняння реакцій.
- 2.22. Тонкий порошок гідрогенкарбонату натрію застосовується для сухого гасіння пожеж. Яке перетворення відбувається із содою під час нагрівання і як це пов'язано з протипожежною дією?
- 2.23. В розчин гідроксиду кальцію занурено електроди, з'єднані з джерелом струму. В ланцюг увімкнута лампочка. Наведіть вигляд графіку залежності інтенсивності розжарення лампочки від об'єму  $\text{CO}_2$ , що пропускається через розчин.
- 2.24. Наведіть приклад розчинної у воді солі, в результаті дії на яку як кислоти, так і лугу (за нагрівання) виділяється газ.
- 2.25. Які дві речовини прореагували і за яких умов, якщо в результаті реакції утворилися такі речовини (вказані без коефіцієнтів): 1)  $=\text{CaCO}_3 + \text{BaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ ; 2)  $=\text{CO}_2 + \text{HCl}$ ; 3)  $=\text{CaC}_2 + \text{CO}$ ?
- 2.26. Назвіть речовини А, В і С, якщо відомо, що вони вступають в реакції, які описуються за такими схемами:  $\text{A} + \text{B} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}$ ;  $\text{A} + \text{HCl} \rightarrow \text{B} + \dots$ ;  $\text{C} + \text{HCl} \rightarrow \text{B} + \dots$ ;  $\text{A} \xrightarrow{t} \text{B} + \dots$ .
- 2.27. У результаті дії гідроксиду кальцію на розчин солі А утворюється осад В, а в результаті дії хлориду кальцію на розчин солі А нічого не відбувається. Сильні кислоти розчиняють речовину А з виділенням газу С, який не знебарвлює розчин перманганату калію. Чим є речовини А, В і С? Напишіть рівняння всіх реакцій, про які йдеться в завданні.
- 2.28. Один із технічних способів добування соди полягає в дії води і вуглекислого газу на алюмінат натрію. Складіть рівняння реакції.
- 2.29. Як добувають соду за аміачним способом Сольве? Чи можна аналогічним способом одержати поташ? Відповідь обґрунтуйте.
- 2.30. Напишіть рівняння реакцій, у результаті яких можна здійснити такі перетворення:  $\text{C} \xrightarrow{1} \text{CH}_4 \xrightarrow{2} \text{CO} \xrightarrow{3} \text{CO}_2 \xrightarrow{4} \text{CaCO}_3 \xrightarrow{5} \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \xrightarrow{6} \text{CaCO}_3 \xrightarrow{7} \text{CO}_2 \xrightarrow{8} \text{O}_2$ .
- 2.31. Більше чи менше, ніж 7, значення рН мають розчини карбонатів лужних металів?
- 2.32. Напишіть рівняння реакцій взаємодії в водних розчинах а) натрій карбонату з кальцій хлоридом; б) натрій карбонату з купрум(II) хлоридом; в) натрій карбонату з алюміній хлоридом.
- 2.33. Напишіть рівняння хімічних реакцій:





### Силіцій

#### Теоретичні питання:

- 1.1. Які мінерали Силіцію зустрічаються в природі?
- 1.2. У формі яких сполук зустрічається оксид силіцію(IV) у природі?
- 1.3. Назвіть алотропні модифікації Силіцію. Яка з них хімічно найактивніша?
- 1.4. Як одержують кремній?
- 1.5. Назвіть і обґрунтуйте основну галузь використання кристалічного кремнію.
- 1.6. Силіцій як напівпровідник.
- 1.7. З якими простими речовинами реагує кремній? Напишіть рівняння відповідних хімічних реакцій.
- 1.8. Дайте характеристику силіцидам металів, їх хімічним властивостям. Назвіть способи одержання силіцидів.
- 1.9. Що таке рідке скло? Як його одержують і де використовують?
- 1.10. Що таке кварцове скло і де його використовують?
- 1.11. Що таке силани, як їх одержують, які їх властивості?
- 1.12. Як одержують віконне скло? Яка його формула? Що таке кришталеве скло?
- 1.13. Наведіть рівняння реакцій, що лежать в основі добування різних видів скла.
- 1.14. Як одержують цемент?

#### Тестові завдання:

- 2.1. Структура карборунду утворюється із структури алмазу шляхом заміни половини атомів Карбону атомами Силіцію. Як впливає ця заміна на властивості карборунда у порівнянні з алмазом (чи змінюється твердість, тугоплавкість, хімічна активність)?
- 2.2. Наведіть по два рівняння реакцій, в яких Карбон і Силіцій є: а) відновниками; б) окисниками.
- 2.3. Чому для повного розчинення кремнію не достатньо нітратної кислоти і доводиться використовувати суміш концентрованих нітратної і фторидної кислот у молярному співвідношенні 1:3?
- 2.4. Чому силіцій розчиняється в суміші HF та HNO<sub>3</sub>, але не розчиняється в "царській водці"?
- 2.5. Як одержати з кварцевого піску: а) кремній; б) силіцій тетрафторид; в) натрій силікат. Написати відповідні рівняння реакцій.
- 2.6. В чому полягає причина різкої відмінності у фізичних властивостях SiO<sub>2</sub> і CO<sub>2</sub>?
- 2.7. Запропонуйте максимальну кількість способів переведення SiO<sub>2</sub> у водорозчинні сполуки.

- 2.8. Як зміниться ступінь гідролізу  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ , якщо до розчину додати хлорид амонію?
- 2.9. Чому скло розчиняється в плавиковій кислоті? Які реакції при цьому проходять?
- 2.10. Пояснити процес руйнування звичайного скла водою, лугом, фтороводнем.
- 2.11. Напишіть реакції гідролізу  $\text{SiF}_4$  та  $\text{SiCl}_4$ . Дайте пояснення різній взаємодії цих речовин з водою.
- 2.12. Чому при дії на розчин силікату натрію соляною кислотою виділяються бульбашки газу? Що це за газ?
- 2.13. Дією якого реактиву можна одночасно виявити йони  $\text{CO}_3^{2-}$  та  $\text{SiO}_3^{2-}$  в розчині?
- 2.14. З чим пов'язане пониження хімічної стійкості силанів у порівнянні з вуглеводнями? Яка максимальна кількість атомів силіцію міститься в молекулі силану?
- 2.15. У результаті взаємодії складної речовини А з надлишком магнію за нагрівання утворюються дві речовини, одна з яких – В – під дією хлоридної кислоти виділяє отруйний газ С. Під час спалювання газу С утворюється вихідна речовина А і вода. Назвіть речовини А, В і С. Напишіть рівняння хімічних реакцій.
- 2.16. Напишіть рівняння реакцій, у результаті яких можна здійснити такі перетворення:
- $$\text{Si} \xrightarrow{1} \text{Mg}_2\text{Si} \xrightarrow{2} \text{SiH}_4 \xrightarrow{3} \text{SiO}_2 \xrightarrow{4} \text{BaSiO}_3$$
- $$\text{Si} \xrightarrow{5} \text{SiO}_2 \xrightarrow{6} \text{Si} \xrightarrow{7} \text{K}_2\text{SiO}_3 \xrightarrow{8} \text{BaSiO}_3.$$
- 2.17. Напишіть рівняння реакцій, у результаті яких можна здійснити такі перетворення:
- $$\text{C} \xrightarrow{1} \text{CH}_4 \xrightarrow{2} \text{CO} \xrightarrow{3} \text{CO}_2 \xrightarrow{4} \text{CaCO}_3 \xrightarrow{5} \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \xrightarrow{6} \text{CaCO}_3 \xrightarrow{7} \text{CO}_2 \xrightarrow{8} \text{O}_2.$$
- 2.18. Напишіть рівняння хімічних реакцій:
- |  |  |  |  |
|--|--|--|--|
| $\text{Si} + \text{HNO}_3 + \text{HF} =$   | $\text{Si} + \text{KOH} + \text{H}_2\text{O} =$                | $\text{Si} + \text{N}_2 =$             | $\text{SiO}_2 + \text{C} + \text{Cl}_2 =$  |
| $\text{Si} + \text{Cl}_2 =$                | $\text{Mg}_2\text{Si} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{розв.}) =$ | $\text{SiO}_2 + \text{Mg} =$           | $\text{SiCl}_4 + \text{LiAlH}_4 =$         |
| $\text{Si} + \text{S} \xrightarrow{t}$     | $\text{SiS}_2 + \text{Na}_2\text{S} \xrightarrow{t}$           | $\text{SiH}_4 + \text{H}_2\text{O} =$  | $\text{SiH}_4 + \text{O}_2 =$              |
| $\text{SiH}_3\text{J} + \text{Na} =$       | $\text{SiH}_4 + \text{HCl} =$                                  | $\text{Mg}_2\text{Si} + \text{HCl} =$  | $\text{SiH}_4 + \text{HF} =$               |
| $\text{CaCO}_3 + \text{SiO}_2 \rightarrow$ | $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{SiO}_2 \rightarrow$            | $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{C} =$  | $\text{CaCO}_3 + \text{SiO}_2 \rightarrow$ |
| $\text{SiO}_2 + \text{HF} \rightarrow$     | $\text{SiO}_2 + \text{C} \rightarrow$                          | $\text{SiO}_2 + \text{Al} \rightarrow$ |  |

### БОР

#### Теоретичні питання:

- 1.1. Який тип гібридизації орбіталей і форма молекули хлориду бору?
- 1.2. Які борвмісні мінерали найбільш поширені в природі?
- 1.3. Як одержують бор у вільному стані?
- 1.4. Яке практичне застосування бору та його сполук?
- 1.5. З якими простими речовинами реагує бор? Напишіть відповідні рівняння хімічних реакцій.
- 1.6. Бориди яких металів відомі на сьогодні?
- 1.7. Які кислоти характерні для Бору? Які солі борних кислот найчастіше використовуються в лабораторії?

- 1.8. Що відбувається при нейтралізації розчину ортоборної кислоти розчином гідроксиду натрію? Написати відповідні рівняння реакцій.
- 1.9. Напишіть рівняння хімічної реакції одержання пероксидних сполук бору.
- 1.10. Яке координаційне число характерне для бору в його сполуках? Відповідь обґрунтуйте.
- 1.11. Напишіть формули “білої сажі” та боразона. Чим відрізняються ці сполуки? Як їх одержують і де вони використовуються?
- 1.12. Напишіть рівняння хімічних реакцій одержання бороводнів. Які властивості вони мають?
- 1.13. Що таке неорганічний бензол? Як його одержують?

**Тестові завдання:**

- 2.1. Як перевести бор у водорозчинні сполуки?
- 2.2. Пояснити парамагнетизм молекули  $B_2$  за допомогою методу МО.
- 2.3. В чому полягає схожість хімічних властивостей бору та силіцію? В яких сполуках вона проявляється?
- 2.4. Яке координаційне число Бору в сполуках? Чому не існує сполука  $BH_3$ ?
- 2.5. Напишіть рівняння реакцій одержання борноетилового ефіру. Де знаходять практичне застосування такі сполуки?
- 2.6. Напишіть рівняння гідролізу  $BF_3$  та  $BCl_3$ . В чому полягає різниця у відношенні цих сполук до води?
- 2.7. Які іони можуть знаходитися у розведеному розчині тетраборату натрію?
- 2.8. Які послідовні зміни відбуваються з ортоборною кислотою при нагріванні?
- 2.9. Напишіть рівняння реакцій взаємодії бороводнів з водою.
- 2.10. Напишіть рівняння реакції взаємодії  $BH_3$  з  $NaOH$ .
- 2.11. Напишіть рівняння хімічних реакцій:
 

$H_3BO_3 + NaOH =$	$Na_2B_4O_7 + Co(NO_3)_2 \xrightarrow{t} B_2S_3 + Na_2S \xrightarrow{t}$	$KBF_4 + Na \xrightarrow{t}$
$B_2O_3 + C + Cl_2 \xrightarrow{t}$	$Na_2B_4O_7 + MnSO_4 \xrightarrow{t}$	$B_4H_{10} + HCl =$
$B_2H_6 + K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 =$	$B_2H_6 + NH_3 =$	$B_4H_{10} + Cl_2 =$

**Розрахункові задачі:**

- 3.1. Розрахуйте, який об'єм  $CO_2$  (за н.у.) можна добути з 1,5 т вапняку, в якому масова частка  $CaCO_3$  90%. //  $V(CO_2) = 302,4 \text{ м}^3$ .
- 3.2. У результаті повного гідролізу суміші карбідів кальцію та алюмінію утворюється суміш газів, яка в 1,6 рази легша, ніж кисень. Визначте масові частки карбідів у вихідній суміші. // 52,95%  $Al_4C_3$ :
- 3.3. Суміш кремнію і вугілля масою 5,0 г обробили надлишком концентрованого розчину лугу за нагрівання. В результаті реакції виділилося 2,8 л водню (н.у.). Обчисліть масову частку вуглецю в цій суміші. // 65% C
- 3.4. Під час сплавлення натрій гідроксиду і силіцій(IV) оксиду виділилося 4,5 л водяної пари (виміряної за  $100^\circ C$  і тиску 101 кПа). Яка кількість речовини силікату натрію утворилася в результаті реакції? // 0,147 моль  $Na_2SiO_3$ .
- 3.5. Відстань між атомами Карбону в алмазі і атомами Силіцію у кристалічному кремнії дорівнюють 0,153 і 2,233 нм відповідно. Розрахуйте густину кремнію, якщо густина алмазу дорівнює  $3,5 \text{ г/см}^3$ . //  $2,3 \text{ г/см}^3$

- 3.6. У скільки разів у земній корі число атомів Оксигену більше, ніж атомів Силіцію? Масові частки Оксигену і Силіцію відповідно дорівнюють 0,472 і 0,276. // У 2,8 рази
- 3.7. У результаті взаємодії вуглецю з концентрованою сульфатною кислотою виділилося 13,44 л газів (н.у.). Розрахуйте масу вуглецю, що прореагував. // 2,4 г С
- 3.8. Яку кількість речовини високочистого кремнію можна добути зі 100 кг кремнезему, в якому масова частка домішок 10 %? // 1,5 кмоль кремнію
- 3.9. Зразок сталі масою 5 г у результаті спалювання у струмені кисню дав вуглекислий газ масою 0,1 г. Яка масова частка Карбону в сталі? // 0,55% С
- 3.10. Під час спалювання антрациту масою 6 кг утворилося 10,6 м<sup>3</sup> вуглекислого газу (н.у.) Розрахуйте масову частку Карбону в антрациті. // 94,6 % С
- 3.11. Суміш карбон(II) оксиду і водяної пари, в якій об'ємні частки кожного з компонентів дорівнювали 50%, пропустили за високої температури над залізним каталізатором. Константа рівноваги реакції зсуву  $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2$  виявилася рівною 0,5. Розрахуйте вихід продуктів і склад (в об'ємних частках) рівноважної газової суміші. // Вихід продуктів 41,4%; рівноважний склад: %CO=%H<sub>2</sub>=20,7%, %CO=%H<sub>2</sub>O=29,3%
- 3.12. Після пропускання 1 м<sup>3</sup> повітря (н.у.) через розчин барій гідроксиду утворилося 2,64 г осаду. Обчисліть об'ємну частку вуглекислого газу в повітрі. // 0,03%
- 3.13. Через вапняну воду пропустили 1 л (н.у.) суміші карбон(II) оксиду та карбон(IV) оксиду. Осад, що утворився в результаті взаємодії, відфільтрували і висушили. Його маса виявилася рівною 2,45 г. Встановіть об'ємні частки газів у вихідній суміші. // 54,9% CO<sub>2</sub>.
- 3.14. Змішали рівні об'єми розчинів натрій сульфату (концентрація 0,008 моль/л) і барій броміду (концентрація 0,01 моль/л). Визначте молярну концентрацію речовин у новому розчині з урахуванням того, що добуток розчинності сульфату барію  $8,0 \cdot 10^{-7}$  моль<sup>2</sup>/л<sup>2</sup>. //  $1,9 \cdot 10^{-3}$  моль/л BaBr<sub>2</sub>;  $6,2 \cdot 10^{-3}$  моль/л NaBr;  $0,9 \cdot 10^{-3}$  моль/л Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>.
- 3.15. Ентальпія згоряння метану 803,2 кДж/моль. Визначити ентальпію утворення метану, якщо  $\Delta H_{\text{CO}_2} = -393,5$  кДж/моль,  $\Delta H_{\text{H}_2\text{O}} = -285,8$  кДж/моль. // -76,15
- 3.16. Визначити ступінь дисоціації, концентрацію іонів Гідрогену і рН 0,05 н розчину карбонатної кислоти, якщо константа дисоціації за першим ступенем дорівнює  $4 \cdot 10^{-10}$ . //  $1,265 \cdot 10^{-2}\%$ ;  $1,6 \cdot 10^{-6}$  моль/л; рН=5,5
- 3.17. Визначити формулу звичайного скла, знаючи, що в ньому міститься 13,8 % Na<sub>2</sub>O; 12,7 % CaO та 73,5 % SiO<sub>2</sub>. // Na<sub>2</sub>O·CaO·6SiO<sub>2</sub>.
- 3.18. Визначити загальну твердість води, якщо для її усунення у 50 л треба додати 10,6 г карбонату натрію. // 4 мг-екв./л.
- 3.19. Яку кількість борної кислоти можна одержати при окисленні бору 1 л 65,3 %-ного розчину азотної кислоти (ρ=1,4)? // 298,9 г.
- 3.20. Обчислити [H<sup>+</sup>], рН та процентну концентрацію 0,001 М розчину борної кислоти, приймаючи до уваги перший ступінь її дисоціації ( $K_1=5,7 \cdot 10^{-10}$ ). // 28,8 р. 0,885 г.

3.21. Скільки кілограмів ортоборатної кислоти і який об'єм 23%-ного розчину натрій карбонату ( $\rho=0,125 \text{ г/см}^3$ ) треба витратити для одержання 100 кг бури? // 64,9 кг; 96,5 л

**Опис дослідів до лабораторних робіт:**

### Лабораторна робота № 15

**Дослід 1. Адсорбційні властивості вугілля.**

**а) адсорбція барвників із розчинів:** У пробірку налити світло-рожевий розчин фуксину. Внести у розчин невелику кількість активованого вугілля. Щільно закрити пробірку пальцем і добре струсити. Дати розчину відстоятися і відмітити його знебарвлення.

**б) адсорбція іонів із розчину:** У пробірку внести 0,01 н. розчин плюмбум(II) нітрату та додати 0,1 н. розчин калій йодиду. Пробірку з одержаним осадом зберегти для порівняння.

У другу пробірку до половини її об'єму налити того ж розчину плюмбум(II) нітрату і додати невелику кількість активованого вугілля. Закрити отвір пробірки пальцем і добре її струсити. Дати розчину відстоятися, піпеткою відібрати 3-4 краплі прозорого розчину і перенести у іншу пробірку. Додати туди ж одну краплю 0,1 н. розчину KI.

Порівняти кількість осаду в обох пробірках. Записати спостереження. Скласти рівняння реакції.

**Дослід 2. Відновні властивості вугілля.**

**а) відновлення вугіллям купрум оксиду:** На фільтрувальному папері змішати один об'єм порошку купрум оксиду з двома об'ємами порошку вугілля. Суміш помістити у циліндричну пробірку, яку горизонтально закріпити у штативі. Нагрівати суміш сильним полум'ям горілки протягом 10-12 хв. Після охолодження висипати її вміст на білий папір. Відмітити колір одержаного продукту. Написати рівняння реакції.

**б) відновлення вугіллям сульфатної кислоти:** У мікроколбу помістити 2-3 краплі концентрованої сульфатної кислоти і маленький шматочок вугілля. Закріпити колбу у штативі і полум'ям спиртівки обережно нагріти. Спостерігати виділення бульбашок газу. По запаху визначити один із газів. Написати рівняння реакції.

**Дослід 3. Одержання карбон(IV) оксиду і його розчинення у воді.** В мікроколбу помістити шматочки кальцій карбонату (мармуру), долити 5 крапель води і 10 крапель концентрованої хлоридної кислоти. Колбу закрити пробкою з газовідвідною трубкою та опустити кінець трубки в пробірку, наповнену нейтральним розчином лакмусу. 2-3 хвилини пропускати газ і спостерігати зміну забарвлення. Написати рівняння реакцій та схему рівноваги, що існує в водному розчині диоксиду карбону.

**Дослід 4. Утворення гідроксидкарбонатів деяких металів.** До розчинів солей магнію, кобальту і кадмію додавати розчин натрій карбонату. Відмітити зміни та написати рівняння відповідних реакцій.

**Дослід 5. Гідроліз карбонату та гідрогенкарбонату натрію.** В пробірки з нейтральним розчином лакмусу внести: в одну – розчин натрій карбонату, в другу – розчин натрій дигідрогенкарбонату. Порівняти забарвлення одержаних розчинів. Дати відповідні пояснення.

**Дослід 6. Вплив йону  $\text{CO}_3^{2-}$  на гідроліз деяких солей.** До розчинів солей ферум(III) і станум(II) додати розчин натрій карбонату. Написати рівняння реакцій.

**Дослід 7. Термічний розклад карбонатів.** Помістити в пробірки сухі солі: в одну – купрум гідроксокарбонат, в другу – кальцій карбонат (порошок крейди). Пробірку з

сіллю купрум у закріпити в штативі отвором донизу під деяким нахилом, закрити її пробкою із вигнутою газовідвідною трубкою, кінець якої опустити у пробірку з вапняною водою. Пробірку з сіллю нагрівати невеликим полум'ям спиртівки. Написати рівняння реакцій, що відбуваються.

Аналогічний дослід повторити із сіллю кальцію, але прокалювання вести більш енергійно і довготривало. Відмітити різницю в термічній стійкості солей. Написати рівняння реакцій.

**Дослід 8. Одержання магній силіциду, силану і кремнію.** На папері змішати скляною паличкою суміш з 3 мікрошпателів силіцій диоксиду (кварцевий пісок або силікагель) і 4-5 мікрошпателів порошку магнію та перенести її в циліндричну пробірку. Пробірку закріпити в штативі і нагрівати: спочатку всю, а потім ту її частину, в якій знаходиться суміш. Нагрівання зупинити, коли суміш сильно розжариться. Після охолодження пробірку помістити в фарфорову ступку, розбити її пестиком. Приготувати тигель із 10-15 краплями 4 н. розчину хлоридної кислоти і вкинути туди невеличкий шматок одержаної маси, що складається із силіцію, магній оксиду і силіциду магнію. Відмітити самоспалахування силану, що утворюється, а також утворення білого диму  $\text{SiO}_2$ . На дні тигля залишається кремній. Написати рівняння реакцій.

**Дослід 9. Одержання геля і золя силікатної кислоти.** В пробірки внести: в одну - натрій силікат, у другу - концентровану хлоридну кислоту. Додати в першу пробірку 2 н. розчин хлоридної кислоти, а в другу - насичений розчин натрій силікату. Закрити пробірки пальцем і струсити їх. Спостерігати утворення геля силікатної кислоти у першій пробірці і золя - у другій. Одержаний золь силікатної кислоти нагріти маленьким полум'ям горілки до переходу у гель. Написати рівняння реакцій.

**Дослід 10. Адсорбуючі властивості силікагелю.** Помістити в пробірку розчин тетраамінкупрум сульфату та всипати силікагель. Закрити пробірку пальцем і енергійно її струсити. Спостерігати забарвлення силікагелю і ослаблення забарвлення розчину в результаті адсорбції силікагелем іонів  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ . Дати розчину відстоятися та злити його із силікагелю. Силікагель промити 2-3 рази дистильованою водою та додати 5-10 крапель хлоридної кислоти. Спостерігати обезбарвлення силікагеля внаслідок руйнування забарвлених іонів по рівнянню:

$$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} + 4\text{H}^+ = \text{Cu}^{2+} + 4\text{NH}_4^+$$

**Дослід 11 Солі силікатної кислоти**

**а) одержання натрій силікату (розчинного скла):** В тигель пінцетом покласти шматочок їдкою натрію, поставити його на фарфоровий трикутник і нагрівати до повного розплавлення лугу. У розплавлену масу внести один мікрошпател прокаленого силікагелю і знову нагріти масу до повного розплавлення. Щоб переконатися в одержанні солі силікатної кислоти, потрібно охолодити тигель і розчинити розплав в дистильованій воді, добре перемішуючи. Декілька крапель одержаного розчину перенести в пробірку, додати такий же об'єм 2 н. розчину хлоридної кислоти і нагріти. Відмітити утворення гелю силікатної кислоти. Написати рівняння реакцій.

**б) одержання малорозчинних солей силікатної кислоти:** В пробірки налити розчини солей: у першу - кальцій хлориду, у другу - кобальт нітрату, в третю - плюмбум нітрату, в четверту - купрум сульфату. Додати в кожен пробірку розчин натрій силікату. Написати рівняння відповідних реакцій.

**Дослід 12. Гідроліз натрій силікату.** У дві пробірки внести розчин натрій силікату, в одну із них додати краплю фенолфталеїну, в другу – розчин амоній хлориду. Написати в молекулярному і іонному вигляді рівняння гідролізу в воді і в присутності амоній хлориду.

**Дослід 13. Одержання борної кислоти.** Пробірку з насиченим розчином бури  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  підігріти і внести туди 2-3 краплі концентрованої сульфатної кислоти. Відмітити швидке випадання кристалів борної кислоти. Написати рівняння реакції.

**Дослід 14. Кислотні властивості борної кислоти.** Пробірку з дистильованою водою підігріти і розчинити в ній декілька кристаликів борної кислоти. З допомогою універсального лакмусового папірця визначити рН розчину. В аналогічним чином виготовлений розчин кислоти внести магнієву стружку. Відмітити виділення газу. Написати рівняння реакції та вказати, сильним чи слабким електролітом є борна кислота.

**Дослід 15. Характерна реакція борної кислоти: одержання і горіння борнометилового ефіру.** У тигель внести 3-4 кристалики  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ , 2-3 краплі концентрованої сульфатної кислоти і 5-6 крапель метилового спирту. Розмішати суміш скляною паличкою та піднести запалений сірник. Відмітити забарвлення полум'я. Написати рівняння реакцій утворення борної кислоти та одержання борнометилового ефіру.

Провести аналогічну реакцію, замінивши метиловий спирт гліцерином: у вушко дротинки помістити декілька кристаликів борної кислоти, змочити їх краплею концентрованої сульфатної кислоти і краплею гліцерину та внести у полум'я спиртівки.

**Дослід 16. Гідроліз натрій тетраборату.** У пробірку з нейтральним розчином лакмусу додати розчин  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$  та спостерігати зміну забарвлення лакмусу. Написати рівняння реакції ступінчатого гідролізу.

**Дослід 17. Одержання малорозчинних боратів.** В пробірки з насиченим розчином  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$  внести: у першу - аргентум нітрат, у другу - купрум сульфат, в третю - алюміній сульфат. Відмітити колір осадів, що утворилися. Написати рівняння реакцій, враховуючи те, що в усіх реакція бере участь вода і одержується борна кислота, а осад, що утворилися – аргентум метаборат, гідроксометаборат, алюміній гідрооксид відповідно.

**Контроль знань на лабораторному занятті № 15**