

ВАВРИСЕВИЧ Я.С., МОТЬКО Н.Р., УЙГЕЛІЙ Г.Ю.

ХІМІЯ

**Збірник завдань із загальної,
неорганічної та основ аналітичної хімії**

Ваврисевич Я.С., Мотько Н.Р., Уйгелій Г.Ю.

Хімія

Збірник завдань із загальної,
неорганічної та основ аналітичної хімії

ч.3. Основи аналітичної хімії

Посібник

для студентів спеціальностей

181 “Харчові технології”

162 “ Біотехнології та біоінженерія ”

161 “Хімічні технології та інженерія”

101 “Екологія”

Ваврисевич Я.С., Мотько Н.Р., Уйгелій Г.Ю. Хімія. Збірник завдань із загальної, неорганічної та основ аналітичної хімії: Посібник в 3-х частинах. ч.1. – Загальна хімія. ч.2.- Неорганічна хімія. ч.3.-Основи аналітичної хімії. Львів,- 2021.

Посібник містить основний теоретичний матеріал з загальної, неорганічної та основ аналітичної хімії, необхідний для розв'язування задач та виконання вправ. Запропоновано приклади та широкий спектр розв'язків типових, ускладнених завдань з хімії.

У посібнику в додатках міститься довідковий матеріал, необхідний для розв'язування завдань.

Посібник може стати орієнтиром і добрим порадиником для тих, хто цінує час, але має велике бажання успішно скласти залік або іспит, підготуватись до аудиторних, лекційних занять.

Книгою можуть користуватися особи, які самостійно вивчають хімію, учні ліцеїв, коледжів та спеціалізованих класів загальноосвітніх шкіл, а також студенти закладів вищої освіти нехімічних факультетів.

Зміст

Передмова	5
3.1. Короткі теоретичні відомості з аналітичної хімії. Якісний аналіз.	7
3.2. Аналітичні групи катіонів.	9
3.2.1. Перелік завдань на аудиторну та самостійну роботи з теми: “Перша аналітична група катіонів”.	9
3.2.2. Перелік завдань на аудиторну та самостійну роботи з теми: “Друга аналітична група катіонів”.	10
3.2.3. Перелік завдань на аудиторну та самостійну роботи з теми: “Третя аналітична група катіонів”.	12
3.2.4. Перелік завдань на аудиторну та самостійну роботи з теми: “П’ята аналітична група катіонів”.	13
3.2.5. Перелік завдань для контролю знань з теми: “Аналітичні групи катіонів”.	14
3.3. Короткі теоретичні відомості з аналітичної хімії. Аналіз аніонів.	31
3.3.1. Перелік завдань на аудиторну та самостійну роботи з теми: “Основи якісного аналізу аніонів”.	32
3.3.2. Перелік завдань на аудиторну та самостійну роботи з теми: “Перша аналітична група аніонів”.	32
3.3.3. Перелік завдань на аудиторну та самостійну роботи з теми: “Друга аналітична група аніонів”.	34
3.3.4. Перелік завдань на аудиторну та самостійну роботи з теми: “Третя аналітична група аніонів”.	34
3.3.5. Перелік завдань для контролю знань з теми: “Аналітичні групи аніонів”.	35
4.1. Коротка характеристика кількісного аналізу.	43
4.2. Перелік завдань на аудиторну та самостійну роботи з теми: “Методи кількісного аналізу та їх використання”.	52
4.3. Перелік завдань для контролю знань з теми: “Кількісний аналіз”.	55
Додатки	64
Література	87

ПЕРЕДМОВА

Збірник завдань з хімії складається з 3-х частин, а саме: ч.1. “Загальна хімія”, ч.2. “Неорганічна хімія”, ч.3. “Основи аналітичної хімії”. Він відповідає програмі дисципліни “Хімія” для студентів інженерно-технологічних нехімічних спеціальностей закладів вищої освіти України III-IV рівнів акредитації аграрного профілю.

Мета збірника – допомогти студентам в організації самостійної роботи над предметом, підготовки до контрольних перевірок знань та навичок, які проводяться згідно з навчальною програмою за допомогою в тому числі тестів.

У зв’язку з тим, що склались умови переходу вищої школи на інтенсивний шлях розвитку, зростає і роль самостійної роботи студентів над навчальним матеріалом. Якщо раніше навчання було спрямоване на здобуття студентом певного обсягу знань, то тепер воно все більше буде вимагати оволодіння методами самостійного опрацювання навчального матеріалу, наукового аналізу отриманої інформації і подальшого творчого її використання.

Лише цілеспрямована, усвідомлена й самостійна праця студента може стати надійним фундаментом глибоких і міцних знань, прищепити смак до пізнання і стати основою до неперервної самоосвіти спеціаліста у процесі його майбутньої діяльності.

У кожній з частин посібника всі теми розпочинаються стислим викладом найважливіших питань теорії, знання яких необхідне для складання рівнянь хімічних реакцій та розв’язання розрахункових завдань. Тут же наведено приклади розв’язування задач різного типу та складності. Теми, висвітлені у кожній частині, містять завдання на аудиторну, самостійну роботу та для контролю знань.

Термінологія посібника відповідає сучасним вимогам щодо хімічної номенклатури та міжнародної системи одиниць. Враховуючи стан переходу до систематичної номенклатури неорганічних речовин і стандартизованих назв елементів, у посібнику використовуються ще й традиційні назви речовин та деякі допустимі широковживані позасистемні одиниці.

Крім цього у всіх частинах посібника запропоновані необхідні таблиці, які наведені в додатку.

У цій третій частині студентам запропоновано коротку інформацію з основ аналітичної хімії – якісного та кількісного аналізу. Вона присвячена якісному аналізу, приведена класифікація катіонів за аміачно-фосфатним методом, наведені характерні реакції окремих катіонів та аніонів.

Крім цього у збірнику коротко подано теоретичні основи кількісного аналізу. Для студентів запропоновано перелік завдань на аудиторну, самостійну роботу та тестовий контроль із запропонованих тем:

- 3.1. Короткі теоретичні відомості з аналітичної хімії. Якісний аналіз.
- 3.2. Аналітичні групи катіонів.
- 3.3. Короткі теоретичні відомості з аналітичної хімії. Аналіз аніонів.
- 3.4. Коротка характеристика кількісного аналізу.

Таким чином, за допомогою аудиторної, самостійної роботи над матеріалом та тестового контролю можна активізувати пізнавальну діяльність студентів та сприяти активному оволодінню знаннями із запропонованих навчальною програмою тем із загальної, неорганічної та основ аналітичної хімії. Це дозволить розвивати вміння та навички аналізувати інформацію, творчо та нестандартно підходити до вирішення науково-виробничих проблем у майбутньому, при подальшому навчанні та професійній практиці.

Автори сподіваються, що запропонований теоретичний матеріал та наведені приклади розв'язків задач, а також велика кількість завдань для аудиторної та самостійної роботи, сприятимуть активному засвоєнню загальної, неорганічної та основ аналітичної хімії, розвитку хімічного мислення у майбутніх спеціалістів.

3.1. Короткі теоретичні відомості з аналітичної хімії. Якісний аналіз.

Дослідження хімічного складу речовини завжди починають з якісного аналізу і залежно від складу досліджуваної речовини вибирають той чи інший метод кількісного аналізу. Отже, кількісному аналізу речовини передують якісний аналіз. Якісний аналіз не викликає би труднощів, якби для кожного йона була своя специфічна реакція, тобто така реакція, яка властива лише даному йону. За допомогою такої реакції можна виявити певний йон в окремій пробі досліджуваної суміші за наявності інших йонів. Проте більшість реакцій є груповими, тобто дають змогу виявити певну групу близьких за хімічними властивостями йонів, і тому на практиці звичайно застосовують систематичний хід аналізу. Суть якого полягає в тому, що суміш йонів за допомогою групових реактивів попередньо розділяють на окремі аналітичні групи. Із цієї групи у певній послідовності відділяють кожен йон, а потім відкривають його за допомогою характерної для нього аналітичної реакції. Існує кілька класифікацій катіонів та аніонів на аналітичні групи.

Аналітична хімія, як одна з провідних дисциплін, останнім часом зазнала значних змін. Постійне зростання вимог до якості промислових матеріалів та продукції сільськогосподарства, розвиток науки поряд з необхідністю посилення контролю за станом навколишнього середовища, покращення діагностики захворювань людини та тварин – все це викликало появу та розробку цілого ряду прикладних завдань до багатьох видів хімічного аналізу. Це – технічний, харчовий, сільськогосподарський, біохімічний, фармацевтичний, токсикологічний, санітарно-гігієнічний та багато інших. Теоретичні основи аналітичної хімії розглядаються, виходячи з позицій ряду найбільш важливих законів – періодичного закону, закону діючих мас, протолітичної теорії Бренстеда та Лоурі, що дозволяє більш детально вивчити та пояснити протікання хімікоаналітичних реакцій. У програмі значна увага приділяється хімічним методам якісного та кількісного аналізу. З числа фізико-хімічних методів аналізу особливе місце займають оптичні та електрохімічні методи. Метою курсу є оволодіння теоретичними знаннями і практичними навичками якісного і кількісного аналізу речовин, розвиток аналітичного мислення, встановлення взаємозв'язку між будовою речовини та її властивостями.

Аналітичною хімією називається наука, яка вивчає теоретичні основи і розробляє методи хімічного аналізу. Хімічний аналіз – це процес визначення хімічного складу речовини або сумішей. Насамперед треба з'ясувати, які елементи або

сполуки містить об'єкт, що аналізується. На це питання відповідає якісний аналіз. Далі можна визначити, у яких кількісних співвідношеннях вони входять до складу невідомої речовини. Це встановлюється за допомогою кількісного аналізу. Обидві частини аналізу пов'язані між собою тим, що як відкриття, так і визначення певного елементу (або сполуки) базується на використанні їх індивідуальних хімічних властивостей.

Хімічна реакція за допомогою якої можна зробити висновок про хімічний склад речовини, називається *аналітичною реакцією*. Аналітичні реакції виконуються за допомогою аналітичних реактивів у відповідних умовах (середовище, температура, концентрація) і супроводжуються певним зовнішнім ефектом (утворюється осад, виділяється газ, змінюється забарвлення розчину тощо). У якісному аналізі ефект аналітичної реакції просто спостерігається візуально і на основі цих спостережень робляться відповідні висновки.

Переважає більшість аналітичних реакцій відбувається у розчинах. Яким би чином речовина, що аналізується, не переводилася б у розчинений стан, отриманий розчин містить не елементи, а йони, у вигляді яких ці елементи можуть існувати у розчині. Однакові йони виявляють однакові властивості і дають одні й ті самі аналітичні реакції незалежно від того, до складу яких сполук вони входять. Наприклад, характерна реакція на йон Cl^- – це реакція з аргентум нітратом. Якщо до розчину хлоридної кислоти або її солей додають розчин AgNO_3 , то в усіх випадках одержують однаковий характерний осад аргентум хлориду.

Реактиви, за допомогою яких певну речовину можна виявити у присутності інших йонів, називають *специфічними*. Специфічних реактивів дуже мало, тому перед виявленням того чи іншого йона необхідно відділити його від інших йонів, які дають аналітичні реакції з тим же реактивом. Порядок відокремлення одних йонів від інших і послідовність їхнього відкриття складають систематичний хід аналізу.

Катіони за аміачно-фосфатним методом поділяються на аналітичні групи. В основі цієї класифікації покладено різну розчинність фосфатів у воді, кислотах, лугах і водному розчині аміаку. Згідно цього методу катіони розділені на п'ять аналітичних груп:

I група: K^+ , Na^+ , NH_4^+ - не має групового реагенту, бо більшість сполук добре розчинні у воді;

II група: Ba^{2+} , Ca^{2+} , Sr^{2+} , Mg^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Bi^{3+} , Al^{3+} , Cr^{3+} - груповий реагент $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ осаджує вказані йому йони з водного розчину аміаку ($\text{pH} > 12$) у вигляді малорозчинних фосфатів. Катіони цієї групи розділяють на дві підгрупи :

перша: Mg^{2+} , Ba^{2+} , Ca^{2+} , Sr^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} - фосфати цих йонів не розчиняються у воді, лугах, аміаку, але розчиняються в оцтовій та мінеральних кислотах;

друга: Fe^{3+} , Bi^{3+} , Al^{3+} , Cr^{3+} - фосфати йонів цієї підгрупи нерозчинні в оцтовій кислоті, але розчиняються в сильних кислотах;

III група: Cu^{2+} , Cd^{2+} , Hg^{2+} , Zn^{2+} , Ni^{2+} , Co^{2+} - фосфати і гідрофосфати цих йонів розчиняються у надлишку аміаку з утворенням відповідних аміачних комплексів. Вони також розчиняються в ацетатній та мінеральних кислотах;

IV група: Sn(II) , Sn(IV) , As(III) , As(V) , Sb(III) , Sb(V) – при нагріванні з нітратною кислотою сполуки Sn(II) , As(III) , Sb(III) окиснюються з утворенням нерозчинних у воді метастанатної та метастибіатної й розчинної арсенатної кислот. Арсенатна кислота при цьому адсорбується метастанатною кислотою;

V група: Ag^+ , Pb^{2+} , Hg_2^{2+} - при дії хлоридної кислоти осаджуються у вигляді малорозчинних у воді й розведених розчинах мінеральних кислот хлоридів.

3.2. Аналітичні групи катіонів

3.2.1. Перелік завдань на аудиторну та самостійну роботи з теми:

“Перша аналітична група катіонів”

1. Що таке S-елементи? Де вони розміщені в періодичній системі хімічних елементів?
2. Катіони яких S-елементів належать до першої аналітичної групи і чому до неї входить катіон амонію?
3. Як відокремити катіон амонію від інших катіонів першої аналітичної групи?
4. Яким чином перевіряють повноту видалення солей амонію з досліджуваного розчину?
5. Складіть рівняння реакції термічного розкладання таких солей амонію: фосфату, гідрогенкарбонату, нітрату і броміду.
6. Напишіть формули малорозчинних солей Калію і Натрію. Які з них використовують для виявлення цих йонів у розчині?
7. Який реактив використовують для виявлення йонів K^+ мікрометодом? У чому суть цього методу?

8. Яка дробна реакція на йони Натрію є найчутливішою? Напишіть рівняння цієї реакції.

9. В який колір забарвлюють полум'я солі Натрію та Калію? Поясніть причину цього явища.

10. Вкажіть роль сполук калію та натрію в медицині, екології, сільському господарстві.

11. Які катіони належать до першої аналітичної групи?

12. Яке застосування мають в харчовій промисловості солі катіонів першої аналітичної групи?

13. Чому перша група катіонів не має групового реагенту?

14. Вкажіть реактиви для виявлення йону K^+ . Напишіть рівняння відповідних реакцій та умови їх перебігу. Який катіон заважає виявленню йону K^+ і чому?

15. Напишіть рівняння реакції виявлення йону Na^+ та її умови. Які катіони заважають виявленню йонів Na^+ і чому?

16. Як виявити йон NH_4^+ (рівняння реакції) ?

17. Чим відрізняється виявлення йонів Na^+ при дії $K[Sb(OH)_6]$ від виявлення їх цинк-ураніл астатом?

18. Як діють кислоти і солі амонію на осад $K[Sb(OH)_6]$?

19. Як виявляють йони Na^+ реактивом $K[Sb(OH)_6]$ коли розчин має кислу реакцію?

20. Чому в лужному середовищі не можна виявити йони K^+ при дії $Na_3[Co(NO_2)_6]$?

21. Як виявити йон Na^+ в розчинах, що містять солі амонію?

22. Яких умов слід дотримуватися при виявленні йонів NH_4^+ за допомогою лугів?

23. Напишіть рівняння реакції йонів NH_4^+ з реактивом Неслера.

24. Які катіони заважають виявленню Na^+ та K^+ ?

25. За допомогою яких реакцій можна виявити K^+ та NH_4^+ ?

3.2.2. Перелік завдань на аудиторну та самостійну роботи з теми

“Друга аналітична група катіонів”

1. Назвіть катіони, які належать до другої аналітичної групи?

2. В чому полягає відмінність між катіонами другої та першої аналітичної груп?

3. Який груповий реагент ви знаєте для виявлення катіонів другої аналітичної групи?

4. Наведіть приклади загальних реакцій на катіони II аналітичної групи ?

5. Напишіть рівняння реакцій виявлення йону Mg^{2+} .

6. За допомогою яких реакцій можна виявити йони Ba^{2+} ?

7. Назвіть реактив найбільш характерний для виявлення йону Ba^{2+} .

8. В який колір забарвлюють полум'я леткі солі барію?

9. Які катіони заважають виявленню катіонів Ba^{2+} ?

10. Яка роль катіонів Кальцію в життєдіяльності організму? З якими продуктами харчування вони надходять в організм людини?

11. За допомогою яких реакцій можна виявити йон Ca^{2+} ?

12. Які йони можуть заважати у виявленні катіону Ca^{2+} ?

13. Напишіть рівняння реакції солі кальцію з розчином натрій гідрогенфосфату.

В яких кислотах розчиняється утворений осад?

14. В який колір забарвлюють полум'я пальника леткі солі кальцію?

15. Перелічіть та напишіть рівняння реакцій виявлення йону Sr^{2+} .

16. Які йони заважають виявленню йону Sr^{2+} ?

17. В який колір забарвлюють полум'я пальника леткі солі стронцію?

18. Які реакції для виявлення йону Mn^{2+} ви знаєте? Напишіть їх.

19. Які окисно-відновні реакції використовують для виявлення катіонів Хрому?

Напишіть їх рівняння в йонному вигляді.

20. Якими реакціями можна виявити йон Al^{3+} ? Напишіть їх та вкажіть, яке забарвлення має осад у відповідних реакціях?

21. Які реакції виявлення йону Fe^{2+} ви знаєте? Запишіть їх, вказавши відповідно який осад та якого кольору при цьому утворюється.

22. З яким реактивом йон Fe^{2+} утворює осад “*турнбулева синь*”? Напишіть відповідне рівняння реакції.

23. Які реакції виявлення йону Fe^{3+} ви знаєте? Запишіть їх, вказавши відповідно який осад та якого кольору при цьому утворюється?

24. З яким реактивом йон Fe^{3+} утворює осад “*берлінська блакить*”? Напишіть це рівняння реакції.

25. Складіть рівняння реакцій окиснення йонів Cr^{3+} в кислому та лужному середовищах.

26. Складіть рівняння реакцій окиснення йонів Mn^{2+} .
27. Як змінюються кислотно-основні властивості оксидів Хрому та їх гідратних сполук залежно від валентності Хрому?
28. За допомогою яких реакцій можна відрізнити катіони Fe^{2+} від катіонів Fe^{3+} ?
29. Напишіть характерні реакції виявлення йону Bi^{3+} . Який осад та якого кольору при цьому утворюється?
30. Яка роль у життєдіяльності організму йонів Феруму, Мангану, Магнію, Кальцію, Хрому? Які харчові продукти містять ці елементи та в якій кількості?

3.2.3. Перелік завдань на аудиторну та самостійну роботи з теми:

“Третя аналітична група катіонів”

1. Які елементи належать до амфотерних? Де вони розміщені в періодичній системі хімічних елементів?
2. Які катіони належать до третьої аналітичної групи і чим вони відрізняються від катіонів інших груп?
3. Які реактиви використовують у проведенні загальних реакцій на катіони третьої аналітичної групи? Напишіть відповідні рівняння реакцій. Які осади при цьому утворюються та яке вони мають забарвлення?
4. Яка дія окисників та відновників на йони третьої аналітичної групи катіонів?
5. Які реакції виявлення йона Cu^{2+} Ви знаєте? Напишіть їх, вказавши відповідно який осад та якого кольору при цьому утворюється.
6. В який колір забарвлюють полум'я пальник солі Купруму?
7. Напишіть рівняння реакцій, характерних для виявлення йонів Zn^{2+} .
8. Складіть рівняння реакції виявлення йону Cd^{2+} .
9. Як виявляють йони купруму?
10. Які мають забарвлення осади під час проведення реакцій на виявлення йону Cd^{2+} ? Охарактеризуйте їх.
11. Яке забарвлення мають кристалогідрати і розбавлені розчини солей Кобальту?
12. Складіть рівняння реакцій виявлення йону Co^{2+} з амоній роданідом (NH_4SCN).
13. Складіть рівняння реакції за допомогою яких можна виявити йони Co^{2+} .

14. Складіть рівняння реакції з реактивом Ільїнського. Який осад при цьому утворюється?

15. Яка реакція дозволяє відрізнити Co^{2+} від Ni^{2+} і може використовуватись для їх розділення?

16. Складіть рівняння реакцій виявлення йона Ni^{2+} .

17. В який колір забарвлені водні розчини солей Ніколу?

18. Складіть рівняння реакцій виявлення йону Hg^{2+} .

19. В який колір забарвлені осаді сполук при виявленні йону Hg^{2+} ?

20. Напишіть рівняння реакції відновлення Hg^{2+} до Hg_2^{2+} і металічної ртуті.

3.2.4. Перелік завдань на аудиторну та самостійну роботи з теми:

“П’ята аналітична група катіонів”

1. Які катіони належать до п’ятої аналітичної групи ?

2. Що є груповим реагентом для п’ятої аналітичної групи катіонів ?

3. Які реактиви використовують для проведення загальних реакцій на катіони п’ятої аналітичної групи катіонів?

4. Напишіть рівняння реакцій характерних для виявлення йону Ag^+ .

5. Напишіть рівняння реакцій виявлення йону Ag^+ з лугами. Осад якого забарвлення при цьому утворюється?

6. Катіони яких d-елементів належать до п’ятої аналітичної групи ?

7. Які сполуки катіонів п’ятої аналітичної групи мають амфотерні властивості ? Складіть рівняння реакцій розчинення їх у кислотах і лугах.

8. Напишіть рівняння реакцій виявлення йону Ag^+ з бромідами та йодидами. Осад якого забарвлення при цьому утворюється ? Яка розчинність цих осадів ?

9. Які окисно-відновні реакції використовують для виявлення катіонів Ag^+ та Hg_2^{2+} ? Напишіть їх рівняння, складіть електронні рівняння цих реакцій, назвіть окисник і відновник.

10. Напишіть рівняння реакції катіонів п’ятої аналітичної групи з калій хроматом. Осад якого забарвлення при цьому утворюється ?

11. Складіть рівняння реакцій виявлення йону Hg^{2+} .

12. Складіть рівняння реакцій виявлення йону Pb^{2+} з сульфатною кислотою та розчинними сульфатами. Осад якого забарвлення при цьому утворюється?

13. Складіть рівняння реакцій виявлення йону Pb^{2+} з хлоридною кислотою. Осад якого забарвлення при цьому утворюється?

14. Складіть рівняння реакцій виявлення йону Pb^{2+} з калій йодидом.

15. Які йони заважають виявити йони Pb^{2+} з калій хроматом (біхроматом)?

3.2.5. Перелік завдань на аудиторну та самостійну роботи з теми:

“Аналітичні групи катіонів”

1. Установіть відповідність між групами катіонів та їх належністю до певної аналітичної групи за аміачно-фосфатною класифікацією:

Група катіонів

Аналітична група

1. Ag^+ , Hg_2^{2+} , Pb^{2+}

а) перша

2. Na^+ , K^+ , NH_4^+

б) друга

3. Mg^{2+} , Ba^{2+} , Ca^{2+} , Sr^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Bi^{3+} , Al^{3+} , Cr^{3+}

в) третя

4. Cu^{2+} , Cd^{2+} , Hg^{2+} , Zn^{2+} , Ni^{2+} , Co^{2+}

г) п'ята

2. Що називають груповим реагентом:

а) речовина, яка утворює забарвлені сполуки з неявними йонами;

б) речовина, за допомогою якої можна виділити з розчину йони певної аналітичної групи;

в) речовина, за допомогою якої можна виділити з розчину йони всіх аналітичних груп.

3. Установіть відповідність між груповим реагентом та певною аналітичною групою:

Груповий реагент

Аналітична група

1. Амоній гідрофосфат $(NH_4)_2HPO_4$.

а) перша

2. Не має групового реагенту.

б) друга

3. Натрій гідрофосфат (Na_2HPO_4)

в) третя

та амоній гідрофосфат $(NH_4)_2HPO_4$.

4. Хлоридна кислота (HCl).

г) п'ята

4. Серед перелічених реагентів виберіть той, за допомогою якого можна визначити йони Na^+ :

а) калій гексагідроксистибіат (V) $(K[Sb(OH)_6])$;

б) натрій гідротартрат $(NaHC_4H_4O_6)$;

в) натрій гексанітрокобальтат (III) $(Na_3[Co(NO_2)_6])$;

г) калій тетраіодомеркуріат (II) $(K_2[HgI_4]+KOH$ (реактив Неслера)).

5. Серед перелічених реагентів виберіть ті, за допомогою яких можна виявити йон K^+ :

- а) натрій гідротартрат ($NaHC_4H_4O_6$);
- б) луги ($NaOH$; KOH);
- в) реактив Неслера;
- г) натрій гексанітрокобальтат (III) ($Na_3[Co(NO_2)_6]$).

6. Серед перелічених реагентів виберіть ті, за допомогою яких можна визначити йон NH_4^+ :

- а) луги ($NaOH$; KOH);
- б) калій гексагідроксистибіат (V) ($K[Sb(OH)_6]$);
- в) натрій гідротартрат ($NaHC_4H_4O_6$);
- г) реактив Неслера .

7. Реагент цинк-ураніл ацетат $Zn(UO_2)_3(C_2H_3O_2)_8$ використовують для визначення йону:

- а) Na^+
- б) NH_4^+
- в) K^+
- г) Ba^{2+}

8. Яка реакція є специфічною і дозволяє виявити йони NH_4^+ у присутності катіонів всіх п'яти аналітичних груп:

- а) реакція між аміаком і меркурій (I) нітратом;
- б) реакція з солями калію та натрій гідротартратом;
- в) реакція з солями натрію та калій гексагідроксистибіатом (V);
- г) такої реакції не існує.

9. Леткі сполуки натрію забарвляють полум'я в:

- а) блідо-фіолетовий колір;
- б) жовто-зелений колір;
- в) інтенсивно-жовтий колір;
- г) цегляно-червоний колір.

10. Солі калію забарвляють полум'я пальника в:

- а) інтенсивно жовтий колір;
- б) цегляно-червоний колір;
- в) блідо-фіолетовий колір; г) карміново -червоний колір.

11. До другої аналітичної групи катіонів належать:

- а) Cu^{2+} , Cd^{2+} , Ca^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} ;
- б) K^+ , Na^+ , NH_4^+ ;
- в) Mg^{2+} , Ba^{2+} , Ca^{2+} , Sr^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Bi^{3+} , Al^{3+} , Cr^{3+} ;
- г) Ag^+ , Pb^{2+} , Hg_2^{2+}

12. Виберіть груповий реагент на другу аналітичну групу катіонів:

- а) HCl ;
- б) $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$;
- в) Na_2HPO_4 ;
- г) не має групового реагенту.

13. Серед перелічених реагентів виберіть ті, за допомогою яких можна виявити йон Mg^{2+} :

- а) NaOH ; KOH ;
- б) $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$;
- в) $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$;
- г) $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)]_6$.

14. Солі магнію утворюють з розчинними карбонатами осад, колір якого :

- а) жовтий;
- б) білий;
- в) синій;
- г) червоно-кров'яний.

15. Серед перелічених реагентів виберіть ті, за допомогою яких можна виявити йон Ba^{2+} :

- а) калій біхромат ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$);
- б) калій гексагідроксистибіат (V) ($\text{K}[\text{Sb}(\text{OH})_6]$);
- в) сульфатна кислота;
- г) луги (NaOH ; KOH).

16. Серед перелічених реагентів виберіть ті, за допомогою яких можна виявити йон Ba^{2+} :

- а) амоній оксалат $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$;
- б) калій гексаціаноферат (III) ($\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$);
- в) натрій гідрогенфосфат (Na_2HPO_4);
- г) реактив Неслера.

17. Леткі солі барію (хлориди) забарвлюють полум'я пальника в:

- а) фіолетовий колір;
- б) жовто-зелений колір;
- в) цегляно-червоний колір;
- г) блідо-фіолетовий колір.

18. Які катіони заважають виявленню йонів барію в реакції з калій біхроматом:

- а) K^+ , Na^+ , NH_4^+ ;
- б) Bi^{3+} , Al^{3+} , Cr^{3+} ;
- в) Ag^+ , Pb^{2+} , Hg^{2+} , Bi^{3+} , Co^{2+} , Ni^+ , Cd^{2+} ;
- г) таких катіонів не має.

19. Серед перелічених реагентів виберіть ті, за допомогою яких можна виявити йон Ca^{2+} :

- а) амоній оксалат $((NH_4)_2C_2O_4)$;
- б) хлоридна кислота (HCl);
- в) натрій гідрогенфосфат (Na_2HPO_4) ;
- г) луги (NaOH; KOH).

20. Серед перелічених реагентів виберіть ті, за допомогою яких можна виявити йон Ca^{2+} :

- а) сульфатна кислота (H_2SO_4) ;
- б) луги (NaOH; KOH);
- в) калій гексаціаноферат (III) $K_3[Fe(CN)_6]$;
- г) такого реагенту не запропоновано.

21. Леткі солі кальцію забарвлюють полум'я пальника в:

- а) цегляно-червоний колір;
- б) блідо-фіолетовий колір ;
- в) жовто-оранжевий колір;
- г) не забарвлюють .

22. Серед перелічених реагентів виберіть ті, за допомогою яких можна виявити йон Sr^{2+} :

- а) сульфатна кислота (H_2SO_4) ;
- б) амоній оксалат $((NH_4)_2C_2O_4)$;
- в) луги (NaOH; KOH);
- г) такого реагенту не має.

23. Серед перелічених реагентів виберіть ті, за допомогою яких можна виявити йон Sr^{2+} :

- а) калій гексаціаноферат (III) $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$;
- б) натрій гідрогенфосфат (Na_2HPO_4);
- в) калій біхромат ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$);
- г) такого реагенту не має серед вказаних.

24. Леткі солі стронцію (хлориди, нітрати) забарвлюють безбарвне полум'я пальника в :

- а) карміново-червоний колір;
- б) блідо-фіолетовий колір;
- в) інтенсивно жовтий колір;
- г) цегляно-червоний колір.

25. Вкажіть окисник, який використовують для виявлення йону Mn^{2+} :

- а) окиснення плюмбум (IV) оксидом (PbO_2);
- б) окиснення KMnO_4 ;
- в) окиснення слабким окисником (H_2SO_3);
- г) такого окисника не запропоновано.

26. Вкажіть окисник, який використовують для виявлення йону Mn^{2+} :

- а) окиснення слабким окисником (H_2SO_3);
- б) окиснення натрій бісмутатом (NaBiO_3);
- в) окиснення KMnO_4 ;
- г) такого окисника не запропоновано.

27. Вкажіть окисник, який використовують для виявлення йону Mn^{2+} :

- а) окиснення KMnO_4 ;
- б) окиснення амоній персульфатом $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$;
- в) окиснення слабким окисником H_2SO_3 ;
- г) такого окисника не запропоновано.

28. Серед перелічених реагентів виберіть ті, за допомогою яких можна виявити йон Mn^{2+} :

- а) амоній оксалат $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$;
- б) луги (NaOH ; KOH);
- в) аміак NH_3 ;
- г) сульфатна кислота (H_2SO_4) .

29. Серед перелічених реагентів виберіть ті, за допомогою яких можна виявити йон Fe^{2+} :

- а) калій гексаціаноферат (II) ($\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$);
- б) луги (NaOH ; KOH);
- в) калій гексаціаноферат (III) ($\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$);
- г) такого окисника не запропоновано.

30. Серед перелічених реагентів виберіть ті, за допомогою яких можна виявити йон Fe^{3+} :

- а) калій гексаціаноферат (II) ($\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$);
- б) калій гексаціаноферат (III) ($\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$);
- в) калій гексагідроксистибіат (V) ($\text{K}[\text{Sb}(\text{OH})_6]$);
- г) натрій гідротартрат ($\text{NaHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$).

31. Серед перелічених реагентів виберіть ті, за допомогою яких можна виявити йон Fe^{3+} :

- а) калій або амоній тіоціанат (роданід) (KSCN або NH_4SCN);
- б) амоній оксалат ($(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$);
- в) калій біхромат ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$);
- г) луги NaOH , KOH та аміак NH_3 .

32. Йони Fe^{2+} утворюють осад, який називають:

- а) турнбулева сіль;
- б) жовта кров'яна сіль;
- в) червона кров'яна сіль;
- г) жавелева вода.

33. Йони Fe^{3+} утворюють осад, який називають:

- а) алюмінієвий лак;
- б) берлінська блакить;
- в) червона кров'яна сіль;
- г) жавелева вода.

34. Серед перелічених реагентів виберіть той, за допомогою якого можна виявити йон Al^{3+} :

- а) луги (NaOH ; KOH);
- б) амоній оксалат ($(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$);
- в) калій біхромат ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$); г) калій тіоціанат (роданід) (KSCN).

35. Серед перелічених реагентів виберіть ті, за допомогою яких можна виявити йон Al^{3+} :

- а) амоній оксалат $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$;
- б) аміак NH_3 ;
- в) натрій гідрогенфосфат $(\text{Na}_2\text{HPO}_4)$;
- г) калій біхромат $(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7)$.

36. Серед перелічених реагентів виберіть ті, за допомогою яких можна виявити йон Al^{3+} :

- а) цинк-ураніл ацетат $\text{Zn}(\text{UO}_2)_3(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_8$;
- б) калій тетрайодомеркуріат (II) $(\text{K}_2[\text{HgI}_4] + \text{KOH})$;
- в) алізарин S (натрієва сіль 1,2-діоксиантрахінон-3-сульфоїкислота);
- г) алюмініон (амонійна сіль ауринтрикарбонової кислоти).

37. Йони Al^{3+} утворюють осад, який називають:

- а) берлінська блакить;
- б) турнбулева синь;
- в) алюмінієвий лак;
- г) червона кров'яна сіль.

38. Йони Cr^{3+} можна виявити дією:

- а) окисненням плюмбум діоксидом (PbO_2) ;
- б) окисненням амоній персульфатом $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$;
- в) аміаком NH_3 ;
- г) H_2O_2 в лужному середовищі з утворенням жовтого CrO_4^{2-} .

39. Йони Cr^{3+} можна виявити:

- а) окисненням натрій бісмутатом (NaBiO_3) ;
- б) H_2SO_4 ;
- в) KMnO_4 у кислому середовищі з утворенням бурого осаду $\text{MnO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$.
- г) натрій гідрогенфосфатом $(\text{Na}_2\text{HPO}_4)$ з утворенням білого порошкоподібного осаду.

40. Виявляють Cr^{3+} за утворенням пероксикомплексу хрому $(\text{CrO}(\text{O}_2)_2 \cdot \text{H}_2\text{O})$. При цьому утворюється осад, який має забарвлення:

- а) синього кольору;
- б) білого кольору;
- в) жовтого кольору;
- г) фіолетового кольору.

41. Серед перелічених реагентів виберіть ті, за допомогою яких можна виявити йон Bi^{3+} :

- а) луги (NaOH ; KOH);
- б) калій біхромат ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$);
- в) калій тіоціанат (роданід) (KSCN);
- г) аміак (NH_3).

42. Серед перелічених реагентів виберіть той, за допомогою яких можна виявити йон Bi^{3+} :

- а) натрій гідрогенфосфат (Na_2HPO_4);
- б) сульфатна кислота;
- в) амоній оксалат ($(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$);
- г) такого реагенту не запропоновано.

43. Йон Bi^{3+} можна виявити за допомогою реагенту калій йодиду KI . При цьому утворюється осад, який має забарвлення:

- а) жовтого кольору;
- б) фіолетового кольору;
- в) чорного кольору;
- г) синього кольору.

44. До третьої аналітичної групи катіонів належать:

- а) Cu^{2+} , Cd^{2+} , Hg^{2+} , Zn^{2+} , Ni^{2+} , Co^{2+} ;
- б) K^+ , Na^+ , NH_4^+ ;
- в) Al^{3+} , Cr^{2+} , Zn^{2+} , Sn^{2+} , Sn^{4+} , As^{3+} ;
- г) Ag^+ , Pb^{2+} , Hg^{2+} .

45. Катіони третьої аналітичної групи в реакціях з сірководнем та розчинними сульфідами перетворюються у важкорозчинні сполуки, які мають відповідне забарвлення. Встановіть відповідність.

Важкорозчинні сполуки:

- 1. ZnS .
- 2. CaS .
- 3. CoS ; NiS ; CuS ; HgS .

Забарвлення :

- а) біле;
- б) жовте;
- в) чорне;

46. Катіони третьої аналітичної групи в реакціях з амоній гідрогенфосфатом $((\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4)$ утворюють кристалічні осади фосфатів та гідрогенфосфатів, які мають відповідне забарвлення. Встановіть відповідність.

*Кристалічні осади фосфатів та
гідроген фосфатів:*

Забарвлення:

- | | |
|---------------------------------|---------------|
| 1. $\text{Cd}_3(\text{PO}_4)_2$ | а) зелене; |
| 2. CoHPO_4 | б) біле; |
| 3. $\text{Cu}_3(\text{PO}_4)_2$ | в) голубе; |
| 4. $\text{Ni}_3(\text{PO}_4)_2$ | г) фіолетове. |

47. При дії водного NH_3 осаджуються аморфні осади основних солей або гідроксидів катіонів третьої аналітичної групи, які мають відповідне забарвлення. Установіть відповідність.

Забарвлення :

- | | |
|--|------------|
| 1. $\text{Zn}(\text{OH})_2$; $\text{Cd}(\text{OH})_2$; | а) рожеве; |
| 2. $\text{Co}(\text{OH})\text{Cl}$ | б) голубе; |
| 3. $\text{Ni}(\text{OH})_2$ | в) зелене; |
| 4. $\text{Co}(\text{OH})_2$ | г) синє; |
| 5. $\text{Cu}(\text{OH})_2$ | д) біле. |

48. Серед перелічених реагентів виберіть ті, за допомогою яких можна виявити йон Cu^{2+} :

- а) луги (NaOH ; KOH);
- б) натрій гідрогенфосфат (Na_2HPO_4);
- в) аміак (NH_3).
- г) алюмініон.

49. Серед перелічених реагентів виберіть ті, за допомогою яких можна виявити йон Cu^{2+} :

- а) калій гексаціаноферат (II) ($\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$);
- б) калій тетрайодомеркуріат (II) ($\text{K}_2[\text{HgI}_4] + \text{KOH}$);
- в) натрій гексанітрокобальтат (III) ($\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$);
- г) натрій тіосульфат ($\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_3$).

50. Серед перелічених реагентів виберіть той, за допомогою якого можна виявити йон Cu^{2+} :

- а) калій гексагідроксистибіат (V) ($\text{K}[\text{Sb}(\text{OH})_6]$);
- б) калій йодид (KI);
- в) натрій гідротартрат ($\text{NaHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$);
- г) натрій гексанітрокобальтат (III) ($\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$).

51. Солі міді забарвлюють полум'я пальника в:

- а) малиново-фіолетовий колір;
- б) блакитний або зелений колір;
- в) жовтий або оранжевий колір;
- г) білий або червоний колір.

52. Йони Cu^{2+} можна виявити дією:

- а) лугів з утворенням синього $\text{Cu}(\text{OH})_2$;
- б) H_2SO_4 з утворенням нерозчинної солі CuSO_4 ;
- в) $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ з утворенням коричнево-червоного $\text{Cu}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$;
- г) H_2S утворенням добре розчинної солі.

53. Які катіони заважають виявленню йонів міді в реакції з калій гексаціанофератом (II):

- а) Fe^{2+} , Fe^{3+} , Ni^{2+} , Co^{2+} ;
- б) K^+ , Na^+ , NH_4^+ ;
- в) Bi^{3+} , Al^{3+} , Cr^{3+} ;
- г) таких катіонів не має.

54. Які катіони заважають виявленню йонів Cu^{2+} в реакції з натрій тіосульфатом у кислому середовищі:

- а) Fe^{2+} , Fe^{3+} , Ni^{2+} , Co^{2+} ;
- б) Ag^+ , Pb^{2+} , Hg^{2+} , Bi^{3+} ;
- в) K^+ , Na^+ , NH_4^+ ;
- г) таких катіонів не має.

55. Серед перелічених реагентів виберіть ті, за допомогою яких можна виявити йон Zn^{2+} :

- а) сірководень (H_2S);
- б) калій йодид (KI);
- в) луги (NaOH ; KOH);
- г) сульфатна кислота (H_2SO_4).

56. Серед перелічених реагентів виберіть ті, за допомогою яких можна виявити йон Zn^{2+} :

- а) амоній тіоціанат (NH_4SCN);
- б) калій гексаціаноферат (III) ($\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$);
- в) калій гексаціаноферат (II) ($\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$);
- г) аміак NH_3 .

57. Які катіони заважають виявленню йонів Zn^{2+} в реакції з амоній тетрароданомеркуратом (II) $(NH_4)_2[Hg(SCN)_4]$:

- а) Fe^3 , Cu^{2+} , Co^{2+} ;
- б) Fe^{2+} , Fe^3 , Ni^{2+} , Al^{3+} , Cr^{3+} ;
- в) Ba^{2+} , Ag^+ , Pb^{2+} , Hg^{2+} ;
- г) K^+ , Na^+ , NH_4^+ .

58. Які катіони заважають виявленню йонів Zn^{2+} в реакції з калій гексаціанофератом (III):

- А) K^+ , Na^+ , NH_4^+ ;
- Б) Fe^{2+} , Fe^{3+} , Ni^{2+} , Co^{2+} , Mn^{2+} ;
- В) Fe^{3+} , Cu^{2+} , Co^{2+} ;
- Г) Ba^{2+} , Ag^{2+} , Pb^{2+} , Al^{3+} .

59. Калій гексаціаноферат (III) утворює з йонами Zn^{2+} осад, який має забарвлення:

- а) коричнево-жовте;
- б) коричнево-червоне;
- в) малиново-фіолетове;
- г) блідо-фіолетове.

60. Серед перелічених реагентів виберіть той, за допомогою якого можна виявити йони Zn^{2+} :

- а) натрій гідрогенфосфат (Na_2HPO_4) ;
- б) калій тетрайодомеркуріат (II) $(K_2[HgI_4]+KOH)$;
- в) цинк-ураніл ацетат $Zn(UO_2)_3(C_2H_3O_2)_8$;
- г) амоній тетрароданомеркуріат (II) $(NH_4)_2[Hg(SCN)_4]$.

61. Амоній тетрароданомеркуріат (II) утворює з йонами Zn^{2+} кристалічний осад, який має таке забарвлення:

- а) зелене;
- б) біле;
- в) голубе;
- г) жовте.

62. Серед перелічених реагентів виберіть ті за допомогою яких можна виявити йон Cd^{2+} :

- а) луги ($NaOH$ або KOH);
- в) аміак (NH_3);
- б) натрій карбонат (Na_2CO_3);
- г) калій біхромат ($K_2Cr_2O_7$).

63. Серед перелічених реагентів виберіть ті, за допомогою яких можна виявити йон Cd^{2+} :

- а) розчин H_2S або Na_2S з утворенням жовтого осаду CdS ;
- б) за руйнуванням йону $[\text{BiI}_4]^-$ з утворенням чорного осаду BiI_3 ;
- в) $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ з утворенням жовтого осаду BaCrO_4 ;
- г) Na_2SO_4 з утворенням безбарвної солі.

64. Серед перелічених реагентів виберіть ті, за допомогою яких можна виявити йон Co^{2+} :

- а) луги (NaOH або KOH);
- б) сульфатна кислота і розчинні сульфати;
- в) аміак (NH_3);
- г) карбоната лужних металів або амонію.

65. Серед перелічених реагентів виберіть ті, за допомогою яких можна виявити йон Co^{2+} :

- а) амоній оксалат ($(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$);
- б) амоній роданід (NH_4SCN);
- в) калій нітрит (KNO_2);
- г) калій йодид (KI).

66. Серед перелічених реагентів виберіть той, за допомогою якого можна виявити йон Co^{2+} :

- а) α -нітрозо- β -нафтол ($\text{C}_{10}\text{H}_6(\text{NO})\text{OH}$) (реактив Ільїнського);
- б) алізарин S (натрієва сіль 1,2-діоксиантрахінон-3-сульфоїкислоти);
- в) калій тетраїодомеркуріат (II) ($\text{K}_2[\text{HgI}_4] + \text{KOH}$) реактив Неслера;
- г) алюмініон (амонійна сіль ауринтрикарбонової кислоти).

67. При дії лугів солі кобальту утворюють осад основної солі, який має забарвлення:

- а) синього кольору;
- б) темно-жовтого кольору;
- в) червоно-бурого кольору;
- г) рожевого кольору.

68. Аміак утворює з йонами Co^{2+} осад основної солі, який має забарвлення:

- а) синього кольору;
- б) темно- жовтого кольору;

- в) червоно- бурого кольору;
- г) голубого кольору.

69. α -нітрозоз- β -нафтол на повітрі окислює Co^{2+} до Co^{3+} з утворенням осаду, який має забарвлення:

- а) синього кольору;
- б) червоно-бурого кольору;
- в) темно-жовтого кольору;
- г) малиново-фіолетового.

70. Калій нітрит, доданий в надлишку до підкисленого оцтовою кислотою розчину солі кобальту (II) утворює кристалічний осад, який має забарвлення:

- а) червоно-бурого кольору;
- б) білого кольору;
- в) жовтого кольору;
- г) зеленого кольору.

71. У виявленні йонів Co^{2+} за допомогою реактиву Ільїнського заважають йони:

- а) K^+ , Na^+ , NH_4^+ ;
- б) Fe^{2+} , Fe^{3+} , Cu^{2+} ;
- в) Ag^+ , Pb^{2+} , Hg^{2+} ;
- г) Ba^{2+} , Al^{3+} , Zn^{2+} .

72. Серед перелічених реагентів виберіть ті, за допомогою яких можна виявити йони Ni^{2+} :

- а) аміак (NH_3);
- б) калій йодид (KI);
- в) натрій гідрогенфосфат (Na_2HPO_4);
- г) амоній оксалат ($(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$).

73. Йони Ni^{2+} можна виявити дією:

- а) лугів з утворенням зеленого осаду $\text{Ni}(\text{OH})_2$;
- б) NaCl з утворенням добре розчинної солі NiCl_2 ;
- в) лугів з утворенням бурого осаду $\text{Ni}(\text{OH})_2$;
- г) реактиву Неслера з утворенням червоно-бурого осаду комплексної солі.

74. Аміак утворює солі ніколу (II) осад основної солі, який має забарвлення :

- а) білого кольору;
- б) зеленого кольору;

- в) синього кольору;
- г) фіолетового кольору.

75. Натрій гідрогенфосфат утворює з йонами Ni^{2+} осад солі, який має забарвлення:

- а) жовтого кольору;
- б) зеленого кольору;
- в) білого кольору;
- г) синього кольору.

76. Серед перелічених реагентів виберіть ті, за допомогою яких можна виявити йон Hg^{2+} :

- а) луги (NaOH чи KOH);
- б) амоній роданід (NH_4SCN);
- в) аміак (NH_3);
- г) такого реагенту не запропоновано.

77. Серед перелічених реагентів виберіть ті, за допомогою яких можна виявити йон Hg^{2+} :

- а) калій йодид (KI);
- б) калій нітрит (KNO_2);
- в) натрій сульфат (Na_2SO_4);
- г) натрій тіосульфат ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$).

78. У виявленні йонів Hg^{2+} за допомогою реагенту натрій тіосульфату заважають такі йони :

- а) Fe^{2+} , Fe^{3+} , Cu^{2+} ;
- б) K^+ , Na^+ , NH_4^+ ;
- в) Ag^+ , Pb^{2+} , Cu^{2+} , Bi^{3+} ;
- г) Ba^{2+} , Al^{3+} , Zn^{2+} .

79. Йони Hg^{2+} можна виявити:

- а) відновленням Hg^{2+} до Hg_2^{2+} і металічної ртуті;
- б) відновленням Hg^{2+} до металічної ртуті;
- в) відновленням Ag^+ до металічного срібла;
- г) за окислювальними властивостями.

80. До п'ятої аналітичної групи катіонів належать:

- а) Cu^{2+} , Cd^{2+} , Co^{2+} , Hg^{2+} , Ni^{2+} , Zn^{2+} ;

б) Mg^{2+} , Ba^{2+} , Ca^{2+} , Sr^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Bi^{3+} , Al^{3+} , Cr^{3+} ;

в) K^{+} , Na^{+} , NH_4^{+} ; г) Ag^{+} , Pb^{2+} , Hg^{2+} .

81. Груповим реагентом п'ятої аналітичної групи є:

а) NaOH та KOH ;

б) Na_2CO_3 ;

в) HCl ;

г) Na_2SO_4 .

82. Катіонам п'ятої аналітичної групи характерні загальні реакції з:

а) амоній гідрогенфосфатом ($(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$);

б) хлоридною кислотою (HCl);

в) сульфатною кислотою;

г) натрій гідрогенфосфатом (Na_2HPO_4).

83. Катіонам п'ятої аналітичної групи характерні загальні реакції з:

а) лугами;

б) калій хроматом;

в) аміаком;

г) сульфатною кислотою.

84. Серед перелічених реагентів виберіть ті, за допомогою яких можна виявити йон Ag^{+} :

а) луги (NaOH і KOH);

б) сульфатна кислота (H_2SO_4);

в) калій хромат (K_2CrO_4);

г) натрій тіосульфат ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$).

85. Серед перелічених реагентів виберіть той, за допомогою якого можна провести реакцію:

а) з бромідами та йодидами;

б) з сульфатною кислотою і розчинними сульфатами;

в) сірководнем і розчинними сульфідами;

г) карбонатами лужних металів або амонію.

86. Йони Ag^{+} можна виявити:

а) відновленням Ag^{+} до металічного срібла;

б) відновленням Hg^{2+} до Hg_2^{2+} і металічної ртуті;

в) відновленням Hg_2^{2+} до металічної ртуті; г) дією окисників та відновників.

87. Йони Ag^+ можна виявити дією:

- а) NaCl з утворенням зеленого осаду AgCl ;
- б) NaI з утворенням білого осаду AgI ;
- в) NaI з утворенням жовтого осаду AgI ;
- г) NaBr з утворенням блідо-жовтого осаду AgBr .

88. Лути утворюють з Ag^+ осад, який має забарвлення:

- а) зеленого кольору;
- б) бурого кольору;
- в) білого кольору;
- г) жовтого кольору.

89. В реакції з бромідами йони Ag^+ утворюють осад, який має забарвлення:

- а) блідо-жовтого кольору;
- б) цеглясто-червоного кольору;
- в) блідо-фіолетового кольору;
- г) малиново-фіолетового кольору.

90. В реакції з калій хроматом йон Ag^+ утворює осад, який має забарвлення:

- а) блідо-фіолетового кольору;
- б) коричнево-червоного кольору;
- в) малиново-фіолетового кольору;
- г) блідо-жовтого кольору.

91. Йони Hg_2^{2+} можна виявити за допомогою таких реагентів:

- а) розведеної H_2SO_4 ;
- б) розведеної HCl ;
- в) калію хромату $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_4$;
- г) калію біхромату $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$.

92. Йони Hg_2^{2+} можна виявити:

- а) відновленням Ag^+ до металічного срібла;
- б) відновленням Hg_2^{2+} до металічної ртуті;
- в) відновленням Hg_2^{2+} до Hg^{2+} і металічної ртуті;
- г) дією інших відновників.

93. Розведена хлоридна кислота з йонами Hg_2^{2+} утворює осад солі, який має забарвлення і називається:

- а) синій, турнбулева синь;

- б) білий, каломель;
- в) яскраво-червоне, алюмінієвий блиск;
- г) безбарвний, жавелева вода.

94. Калій хромат утворює з розчинами ртуті (I) осад солі, який має забарвлення:

- а) червоного кольору;
- б) зеленого кольору;
- в) чорного кольору;
- г) жовтого кольору.

95. У виявленні йону Hg_2^{2+} за допомогою калій хромату заважають йони:

- а) K^+ , Na^+ , NH_4^+ ;
- б) Ba^{2+} , Ag^+ , Pb^{2+} , Hg_2^{2+} ;
- в) Zn^{2+} , Co^{2+} , Al^{3+} , Ba^{2+} ;
- г) Fe^{2+} , Fe^{3+} , Cu^{2+} , Mn^{2+} .

96. Серед перелічених реагентів виберіть ті, за допомогою яких можна виявити йон Pb^{2+} :

- а) H_2SO_4 та розчинні сульфати;
- б) нітратна кислота;
- в) розведена хлоридна кислота;
- г) мінеральні кислоти.

97. Серед перелічених реагентів виберіть ті, за допомогою яких можна виявити йон Pb^{2+} :

- а) барій хлорид (BaCl_2);
- б) калій йодид (KI);
- в) калій хромат чи біхромат (K_2CrO_4 чи $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ відповідно);
- г) натрій карбонат (Na_2CO_3).

98. Калій йодид утворює з йонами Pb^{2+} осад, який має забарвлення:

- а) білого кольору;
- б) жовтого кольору;
- в) синього кольору;
- г) червоного кольору.

99. Калій хромат (чи біхромат) утворюють з йонами Pb^{2+} осад, який має забарвлення:

- а) жовтого кольору;
- б) білого кольору;
- в) синього кольору;
- г) червоного кольору.

100. У виявленні йону Pb^{2+} за допомогою калій хромату (чи біхромату) заважають йони:

- а) Ag^+ , Hg_2^{2+} , Ba^{2+} , Sr^{2+} , Bi^{3+} ;
- б) K^+ , Na^+ , NH_4^+ ;
- в) Fe^{2+} , Fe^{3+} , Cu^{2+} ;
- г) Zn^{2+} , Co^{2+} , Al^{3+} .

3.3. Короткі теоретичні відомості з аналітичної хімії. Аналіз аніонів.

Аніони, як форми існування елементів в розчині, мають різноманітні та специфічні властивості, тому не існує єдиної їх аналітичної класифікації. Запропоновані різні підходи до поділу аніонів на аналітичні групи з врахуванням їх відношення до солей аргентуму, кальцію, а також окисно-відновних властивостей.

Найпоширеніша класифікація аніонів ґрунтується на різній розчинності солей барію і аргентуму. За цією класифікацією аніони поділяють на 3 аналітичні групи.

До *першої* групи належать аніони, які з барій хлоридом в нейтральному чи слаболужному середовищі утворюють малорозчинні сполуки. Це такі аніони: CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , SO_3^{2-} , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, PO_4^{3-} , BO_2^- , $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$, SiO_3^{2-} , $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ та інші.

Нерозчинні у воді солі, які утворюють ці аніони з барієм хлоридом, за винятком BaSO_4 , розчиняються в розведених мінеральних кислотах та ацетатній кислоті. Солі йонів Ag^+ з аніонами першої групи розчиняються у розведених кислотах і навіть у воді (AgF , Ag_2SO_4) на відміну від солей аніонів другої групи. Водні розчини аніонів першої аналітичної групи безбарвні.

До *другої* аналітичної групи належать:

Cl^- , Br^- , I^- , S^{2-} , SCN^- , CN^- та інші. Ці аніони утворюють з йонами Ag^+ в розведений нітратній кислоті нерозчинні солі аргентуму.

До *третьої* групи аніонів належать: NO_3^- , NO_2^- , CH_3COO^- та інші. Солі барію та аргентуму не осаджують аніонів третьої групи. Отже, аніони третьої аналітичної групи не мають групового реагенту.

3.3.1. *Перелік завдань на аудиторну та самостійну роботи з теми:*

“Основи якісного аналізу аніонів”

1. На чому ґрунтується класифікація аніонів?
2. На скільки аналітичних груп класифікують аніони?
3. Які аніони належать до першої аналітичної групи?
4. Для чого використовують групові реактиви під час аналізу аніонів?
5. Який груповий реагент ви знаєте для виявлення аніонів першої аналітичної групи?
6. Яке забарвлення мають водні розчини аніонів першої аналітичної групи?
7. Які аніони належать до другої аналітичної групи?
8. Який груповий реагент ви знаєте для виявлення аніонів другої аналітичної групи?
9. Які аніони належать до третьої аналітичної групи?
10. Чи існує груповий реагент для аніонів третьої аналітичної групи?
11. Які аніони проявляють властивості окисників?
12. Які аніони проявляють відновні властивості?
13. Для чого використовують групові реактиви під час аналізу аніонів?
14. Напишіть формулу групового реактиву на аніони другої аналітичної групи?
15. Чим третя аналітична група аніонів відрізняється від першої та другої?
16. Які попередні випробування виконують для визначення осаду невідомої речовини?
17. Як встановити аналітичну групу для катіонів невідомої речовини ?
18. Як встановити до якої аналітичної групи належать аніони невідомої речовини?

3.3.2. *Перелік завдань на аудиторну та самостійну роботи з теми:*

“Перша аналітична група аніонів”

1. Які загальні реакції на аніони першої аналітичної групи ви знаєте?
2. Який груповий реагент ви знаєте для виявлення аніонів першої аналітичної групи?
3. За допомогою яких реакцій можна виявити сульфат йони SO_4^{2-} ? Наведіть приклади.
4. Солі барію та аргентуму осаджують аніони першої аналітичної групи. Напишіть відповідні реакції. Який осад при цьому утворюється?
5. Які окисно-відповідні властивості виявляють аніони першої аналітичної групи?
6. Які кислоти утворюють аніони CO_3^{2-} , SO_3^{2-} , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, SiO_3^{2-} при взаємодії з сульфатною кислотою?
7. Яке забарвлення мають водні розчини солей аніонів першої аналітичної групи?
8. Напишіть відповідні реакції виявлення сульфат-йонів SO_4^{2-} . Який осад при цьому утворюється?

9. Напишіть рівняння реакції сульфат-йонів SO_4^{2-} з розчином плюмбум нітрату.
10. Які солі сульфатної кислоти розчинні у воді?
11. Напишіть відповідні реакції виявлення сульфат-йонів SO_4^{2-} ?
12. Чому знебарвлюється розчин йоду в присутності сульфат-йонів?
13. Напишіть рівняння реакції сульфат-йону з мінеральними кислотами і дайте йому характеристику.
14. Напишіть і дайте характеристику реакції відновлення розчинами SO_3^{2-} .
15. Напишіть та вкажіть середовище KMnO_4 з сульфатами. Продемонструйте за допомогою напівреакцій окисні властивості сульфат-йонів. Що при цьому утворюється?
16. Як можна виявити сірководень, який утворюється під час відновлення сильними відновниками слабкого окисника SO_3^{2-} .
17. Тіосульфат йони є аніонами якої кислоти? Назвіть цю кислоту.
18. Які солі тіосульфатів добре розчинні у воді? Наведіть приклади.
19. Напишіть рівняння реакцій характерних для виявлення йону $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ та дайте характеристику цим реакціям.
20. Які аніони першої аналітичної групи утворюють солі Аргентуму, осад яких змінює забарвлення в процесі реакції?
21. Напишіть реакцію взаємодії розчинів тіосульфатів з кислотою. Що при цьому утворюється?
22. Напишіть рівняння реакції виявлення $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ з розчином йоду. Що при цьому спостерігається? Які умови проведення цієї реакції?
23. Якими реакціями можна виявити карбонат-йони? Напишіть ці реакції.
24. Проведення якої реакції на виявлення карбонат-йонів CO_3^{2-} заважають сульфат- та тіосульфат йони? Напишіть цю реакцію.
25. Чому йони SO_3^{2-} перешкоджають виявленню йонів CO_3^{2-} кислотами?
26. Яка реакція найхарактерніша для фосфат-йонів PO_4^{3-} ? Напишіть цю реакцію.
27. Напишіть рівняння реакції з груповим реагентом на виявлення йону SiO_3^{2-} .
28. Дайте характеристику реакції виявлення йону SiO_3^{2-} з розведеними кислотами.
29. При дії AgNO_3 на розчин, що містить один із аніонів першої групи, утворюється жовтий осад. Який аніон був у розчині? Напишіть відповідну реакцію.
30. При дії BaCl_2 на досліджуваний розчин, що містить аніони першої групи, випав білий осад розчинний у хлоридній кислоті з виділенням газу. Чи можна стверджувати, що це карбонат-йон CO_3^{2-} ?

31. Якими реакціями можна виявити йони SO_3^{2-} , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, SO_4^{2-} при їх сумісній присутності?

3.3.3. Перелік завдань на аудиторну та самостійну роботи з теми:

“Друга аналітична група аніонів”

1. Які аніони належать до другої аналітичної групи?
2. Якими реакціями можна виявити йони Cl^- ?
3. Якими реакціями можна виявити йони Br^- ?
4. Якими реакціями можна виявити йони I^- ?
5. Які сильні відновники заважають виявленню Br^- ?
6. Якого кольору утворює осад аргентум нітрат з йонами I^- ?
7. Які сильні відновники заважають виявленню I^- йонів?
8. Якого кольору набуває осад при взаємодії солей плумбуму з йодид-йонами?
9. Дайте характеристику дії солей купруму (I) на аніон I^- ?
10. Дайте характеристику дії нітрит-йону на аніон I^- ?
11. В якому середовищі калій перманганат окислює йодид-йони до вільного йоду?
12. Який газ утворюється при розкладі сульфідів кислотами (розведеними H_2SO_4 або HCl)?

3.3.4. Перелік завдань на аудиторну та самостійну роботи з теми:

“Третя аналітична група аніонів”

1. Які аніони належать до третьої аналітичної групи?
2. Якими реакціями можна виявити йон NO_3^- ? Наведіть приклади.
3. Який газ виділяється при дії металічної міді на нітрати? Яке при цьому має бути середовище?
4. Чи відновлюють нітрат-йони у лужному середовищі алюміній, магній, цинк до аміаку? В який колір при цьому забарвлюється фенолфталеїн?
5. Напишіть реакцію виявлення йону NO_3^- за допомогою солей феруму (II). Які особливості цієї реакції?
6. З якої кислоти утворюються аніони нітрит-йони ?
7. Напишіть реакцію окиснення калій йодиду нітратами. Які особливості цієї реакції?
8. Напишіть рівняння реакції окиснення дією KMnO_4 нітритів до нітратів. Як змінюється забарвлення розчину при наявності NO_2^- йонів?
9. Якими відновниками знебарвлюється калій перманганат?
10. За допомогою яких реакцій можна виявити йон CH_3COO^- ?

11. Що виділяється при дії розведеної H_2SO_4 на ацетати? Напишіть рівняння реакції.
12. Що вказує на присутність ацетат-йонів у вищевказаній реакції?
13. Що виділяється при дії концентрованої H_2SO_4 на солі ацетатної кислоти?
14. За яким характерним запахом розпізнають етилацетатний ефір?
15. Що утворюється при взаємодії ферум (III) хлориду FeCl_3 з нейтральними розчинами оцтовокислих солей? В який колір забарвлюється утворений розчин?

3.3.5. Перелік завдань для контролю знань з теми:

“Аналітичні групи аніонів”

1. До першої аналітичної групи аніонів належать:
 - а) Cl^- , Br^- , I^- , S^{2-} ;
 - б) CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , SO_3^{2-} , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, PO_4^{3-} , SiO_3^{2-} ;
 - в) NO_3^- , NO_2^- , CH_3COO^- ;
 - г) Cl^- , CO_3^{2-} , CH_3COO^- .
2. До загальних реакцій аніонів першої аналітичної групи належать:
 - а) реакції з солями барію та аргентуму;
 - б) реакції з H_2SO_4 ;
 - в) реакції з амоній гідрогенфосфатом;
 - г) реакції з лугами.
3. Барій хлорид при взаємодії з сульфат-йонами утворює:
 - а) білий кристалічний осад, який не розчиняється в кислотах;
 - б) виділяється газ, який легко виявити за запахом;
 - в) жовтий осад, який буріє;
 - г) розкладається з утворенням H_2O , SO_2 , S .
4. Розчинні солі плюмбуму з сульфат-йонами утворюють:
 - а) білий кристалічний осад, який не розчиняється в кислотах;
 - б) білий осад, який розчиняється в лугах і в амоній ацетаті;
 - в) бурий осад, який утворюється при нагріванні;
 - г) білий осад, який швидко жовтіє, а потім буріє.
5. Сульфід-йони є аніонами сульфідної кислоти, яка:
 - а) у вільному вигляді не існує;
 - б) випадає в осад;
 - в) в розчинах поступово окиснюється;
 - г) з часом утворює осад.

6. Барій хлорид з сульфід-йонами утворює:

- а) бурий осад при нагріванні;
- б) розчин забарвлюється в зелений колір;
- в) білий осад, який розчиняється в мінеральних кислотах;
- г) розчин забарвлюється в темно-червоний колір.

7. Мінеральні кислоти розкладають всі сульфіді:

- а) з виділенням SO_2 , який виявляють за запахом;
- б) знебарвленням розчинів;
- в) з утворенням H_2O , SO_2 і S ;
- г) з помутнінням розчину, яке швидко зникає.

8. При реакції відновлення розчинами SO_3^{2-} відбувається:

- а) йод відновлюється не лише газоподібним SO_2 , але і розчинами сульфідів;
- б) калій перманганат відновлюється сульфідом у кислому, лужному та нейтральному середовищах;
- в) виділяється вуглекислий газ, що є характерною ознакою наявності йонів.

9. Калій перманганат, відновлюючись сульфідом стає:

- а) в підкисленому середовищі - зелений; в лужному – розчин знебарвлюється;
- б) в підкисленому середовищі - знебарвлюється; у лужному - забарвлюється в зелений колір, який при нагріванні стає бурим;
- в) в підкисленому середовищі - утворюється білий осад; в лужному – знебарвлюється;
- г) в підкисленому середовищі утворюється чорний осад, який при нагріванні чорніє.

10. Йон SO_3^{2-} це:

- а) слабкий окисник і відновлюється сильними відновниками до елементарної сірки чи H_2S ;
- б) білий осад, який розчиняється в лугах і в амоній ацетаті;
- в) осад, який розкладається кислотами з утворенням драглистого осаду кислоти;
- г) сильний відновник з утворенням осаду різного забарвлення.

11. Сірководень можна виявити при проведенні реакції з плюмбум ацетату:

- а) за утворенням білого осаду;
- б) за запахом;
- в) за утворенням H_2O , SO_2 і S ;
- г) за утворенням $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ і S^{2-} .

12. Тіосульфат-йони є аніонами:

- а) сульфїтної кислоти;
- б) сульфатної кислоти;
- в) тіосульфатної кислоти;
- г) хроматної кислоти.

13. Барій хлорид з тіосульфат-йонами утворює:

- а) білий осад BaS_2O_3 ;
- б) жовтий осад $\text{Ag}_2\text{S}_2\text{O}_3$;
- в) виділяється кислота $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_3$;
- г) білий осад Na_2SO_4 .

14. Аргентум нітрат з тіосульфат-йонами утворює:

- а) білий осад BaS_2O_3 ;
- б) білий осад $\text{Ag}_2\text{S}_2\text{O}_3$, який швидко жовтіє;
- в) виділяється кислота $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_3$;
- г) жовтий кристалічний осад амоній фосформолібдату $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{MoO}_3$.

15. Дія кислот на розчині тіосульфатів:

- а) кислоти виділяють із розчинів тіосульфатів кислоту $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_3$, яка розкладається з утворенням H_2O , SO_2 , S ;
- б) розкладають всі сульфїти з виділенням SO_2 , який легко виявити за запахом;
- в) йони $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ і S^{2-} при відновленні йоду кислоти не утворюють;
- г) кислоти на тіосульфати не діють.

16. Розчин йоду I_2 окиснює тіосульфат-йон з утворенням:

- а) карбонат-йонів;
- б) тетратіонатйонів;
- в) сульфат- йонів;
- г) сульфїт-йонів.

17. При взаємодії розчину йоду з тіосульфатами спостерігається:

- а) знебарвлення розчину йоду;
- б) утворення білого осаду;
- в) виділяється газ;
- г) утворення драглистого осаду.

18. Проведенню реакції з тіосульфатами заважають:

- а) йони S^{2-} ;

б) йони CO_3^{2-} ;

в) йони SO_4^{2-} ;

г) йони SO_3^{2-} .

19. Проведенню реакції розчину йоду з тіосульфатами заважають:

а) йони SO_4^{2-} ;

б) всі йони, які можуть взаємодіяти з йодом ;

в) йони SiO_3^{2-} ;

г) йони PO_4^{3-} .

20. Барій хлорид з карбонат-йонами утворює:

а) білий осад, який не розчиняється в нітратній кислоті;

б) осаджує об'ємистий осад BaCO_3 , який розчинний у розведених мінеральних в оцетатних кислотах;

в) білий кристалічний осад, який не розчиняється в кислотах;

г) білий осад, який розчиняється в лугах і в амоній ацетаті.

21. Мінеральні кислоти виділяють вуглекислий газ, що є:

а) характерною ознакою наявності CO_3^{2-} -йонів;

б) утворення розчинного барій гідрокарбонату;

в) утворення колоїдного розчину, який не випадає в осад тривалий час;

г) утворення характерного жовтого осаду, що вказує на присутність PO_4^{3-} .

22. Реакції виявлення йону CO_3^{2-} заважають:

а) сульфід і тіосульфат-йони;

б) сульфат-йони;

в) силікат-йони;

г) фосфат-йони.

23. Барій хлорид з йонами PO_4^{3-} утворює

а) білий осад барій гідрофосфату;

б) білий осад барій карбонату;

в) білий осад барій тіосульфату;

г) білий осад барій сульфату.

24. Молібденова рідина з йонами PO_4^{3-} утворює:

а) жовтий кристалічний осад $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{MoO}_3$;

б) білий кристалічний осад MgNH_4PO_4 ;

в) білий осад BaSiO_3 ; г) білий осад $\text{Ag}_2\text{S}_2\text{O}_3$, який швидко жовтіє.

25. Магnezіальна суміш з фосфат-йонами утворює:

- а) жовтий кристалічний осад $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{MoO}_3$;
- б) білий кристалічний осад MgNH_4PO_4 ;
- в) білий осад BaSiO_3 ;
- г) білий осад $\text{Ag}_2\text{S}_2\text{O}_3$, який швидко жовтіє.

26. Барій хлорид з йонами SiO_3^{2-} утворює:

- а) білий осад барій сульфату;
- б) білий осад барій карбонату;
- в) білий осад барій силікату;
- г) білий осад барій тіосульфату.

27. Груповим реагентом на аніони другої аналітичної групи є:

- а) BaCl_2 ;
- б) AgNO_3 в присутності 2М HNO_3 ;
- в) HCl ;
- г) групового реагенту не має.

28. До другої аналітичної групи належать:

- а) Cl^- , Br^- , I^- , S^{2-} ;
- б) CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , SO_3^{2-} , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, PO_4^{3-} , SiO_3^{2-} ;
- в) NO_3^- , NO_2^- , CH_3COO^- ;
- г) Cl^- , SO_3^{2-} , NO_2^- , CH_3COO^- .

29. Аргентум нітрат при взаємодії з йоном Cl^- утворює:

- а) білий осад, який не розчиняється в нітратній кислоті;
- б) жовтий осад, не розчинний в нітратній кислоті;
- в) світло-жовтий осад нерозчинний у мінеральних кислотах;
- г) чорний осад нерозчинний у розведений нітратній кислоті на холоді.

30. При взаємодії калій дихромату з хлорид-йонами утворюється:

- а) летка сполука хрому - хлористий хроміл;
- б) осад коричнево-червоного кольору;
- в) осад червоного кольору нерозчинний у лугах;
- г) осад жовтого кольору малорозчинний у воді .

31. Аргентум нітрат з йонами Br^- утворює:

- а) світло-жовтий осад;
- б) жовтий осад;

в) білий осад;

г) золотистий осад.

32. Аргентум нітрат з йонами I^- утворює:

а) жовтий осад AgI , який нерозчинний в HNO_3 , $(NH_4)_2CO_3$;

б) білий осад $AgCl$, який нерозчинний в HNO_3 ;

в) білий осад $Ag_2S_2O_3$, який швидко жовтіє, потім буріє і на кінець стає чорним;

г) бурий осад Ag_2O , який виникає внаслідок розпаду нестійкого аргентум гідроксиду.

33. Дія окисників виявляється:

а) окиснювачі $KMnO_4$, $K_2Cr_2O_7$, H_2O_2 в кислому середовищі, Cl_2 , Br_2 , $NaClO$, $NaBrO$, солі феруму (II) та інші окислюють I^- -йони до вільного йоду;

б) при дії окисників із вищим значенням потенціалу йони Cl^- окиснюються до Cl_2 ;

в) калій перманганат знебарвлюється також іншими відновниками, які мають достатньо низький потенціал;

г) йон практично не виявляє ні окисних, ні відновних властивостей.

34. Для виявлення I^- -йонів найчастіше застосовують:

а) хлорну воду чи розчин $NaClO$, бо таким чином можна виявити в одному розчині I^- та Br^- ;

б) $KMnO_4$, $KClO_3$, PbO_2 в кислому середовищі;

в) осад AgI частково розчиняється в надлишку KI , утворюючи комплексні йодиди;

г) йодкрохмальний папірець (виникає синє забарвлення).

35. Солі свинцю (Pb^{2+}) утворюють з йодид-йонами:

а) світло-жовтий осад;

б) жовтий або золотистий осад;

в) жовтий осад;

г) червоно-бурий осад.

36. Солі Cu (II) окиснюють I^- до:

а) вільного йоду;

б) до летких сполук;

в) до газоподібного H_2S ;

г) утворення CuS .

37. Внаслідок відновлення Cu (II) утворюється осад Cu (I) йодиду:

а) кольору слонової кістки;

б) кольору червоно-бурого;

в) кольору турнбулевої сині;

г) кольору жовто-світлого.

38. Нітрит-йон в присутності сульфатної, хлоридної чи ацетатної кислоти окислює I^- до:

а) вільного йоду;

б) вільного оксиду;

в) водного розчину аміаку;

г) до утворення комплексних сполук.

39. Калій перманганат в сірчаноокислому середовищі окиснює йодид-йони до:

а) вільного йоду;

б) утворення чорного осаду;

в) утворення газоподібного H_2S ;

г) до утворення яскраво-жовтого осаду.

40. В реакції виявлення йона S^{2-} аргентум нітрат утворює:

а) яскраво-чорний осад CdS ;

б) чорний осад Ag_2S ;

в) світло-жовтий осад $AgBr$;

г) жовтий осад AgI .

41. Кислоти розкладають сульфід з:

а) утворенням газоподібного H_2S ;

б) утворенням світло-жовтого осаду;

в) утворенням H_2O , SO_2 , S ;

г) утворенням не лише газоподібного H_2S .

42. Солі кадмію утворюють з S^{2-} :

а) характерний яскраво-жовтий осад;

б) характерний осад кольору слонової кістки;

в) характерний світло-жовтий осад;

г) характерний жовтий кристалічний осад.

43. Йони третьої аналітичної групи аніонів:

а) не утворюють важкорозчинних сполук ні з Ba^{2+} , ані з Ag^+ -йонами;

б) в лужному розчині відновлюють нітрат-йони до аміаку;

в) частково розчиняється в надлишку KI ;

г) нерозчинні в мінеральних кислотах.

44. У реакції виявлення йона NO_3^- з Cu і H_2SO_4 виділяється:

- а) бурий оксид нітрогену;
- б) чорний осад аргентум сульфід;
- в) яскраво-жовтий осад кадмію сульфід;
- г) білий кристалічний осад, який розчиняється в кислотах.

45. Алюміній, магній, цинк у лужному розчині відновлюють нітрат-йони до:

- а) аміаку;
- б) нітроген монооксиду;
- в) оксиду нітрогену;
- г) нітратів.

46. Солі ферум (II) сульфату відновлюють нітрат до:

- а) нітроген монооксиду;
- б) аміаку;
- в) оксиду нітрогену;
- г) нітроген діоксиду.

47. Виявленню йона NO_3^- ферум сульфатом заважають:

- а) бромід- і йодид-йони, які утворюють коричневе кільце;
- б) сильні відновники $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, SO_2^- , S^{2-} ;
- в) Br^- , I^- , S^{2-} , SCN^- ;
- г) CO_3^{2-} , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, SO_2^- .

48. Нітрит-йони (NO_2^-) є аніонами:

- а) слабкої нітритної кислоти;
- б) слабкої нітратної кислоти;
- в) слабкої карбонатної кислоти;
- г) слабкої хлоридної кислоти.

49. Калій йодид (KI) окиснюється нітратами в присутності розбавленої мінеральної або ацетатної кислоти:

- а) до вільного йоду;
- б) до вільного хлору;
- в) до вільного броду.

50. Виявленню аніону NO_2^- калій йодидом заважають:

- а) окисники $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$, CrO_4^{2-} , MnO_4^- , ClO_4^- ;
- б) Br^- , I^- , S^{2-} , SCN^- , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, SO_3^{2-} , $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$;
- в) сильні відновники $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, SO_2^- , S^{2-} ;

г) сильні відновники $S_2O_3^{2-}$, SO_3^{2-} , S^{2-} .

51. При виявленні NO_2^- перманганат калію ($KMnO_4$) у кислому середовищі окиснює:

- а) нітриту до нітратів;
- б) нітрати до нітритів;
- в) сульфіти до сульфатів;
- г) сульфати до сульфідів.

52. Розведена H_2SO_4 при дії на ацетати:

- а) виділяє ацетатну кислоту, яку легко розпізнають за запахом при нагріванні розчину;
- б) окиснює нітритами в присутності розбавленої мінеральної кислоти;
- в) відновлює нітрат до нітроген монооксиду;
- г) утворює леткі сполуки хрому.

53. Для виявлення йонів CH_3COO^- використовують:

- а) розведену та концентровану H_2SO_4 ;
- б) розведену та концентровану HNO_3 ;
- в) розведену та концентровану HCl ;
- г) для виявлення не використовують жодної кислоти.

54. При виявленні йону CH_3COO^- ферум (III) хлоридом утворюється:

- а) основний ацетат феруму, що має темно-червоний колір і випадає в осад під час нагрівання;
- б) етилацетатний ефір, який розпізнають за характерним фруктовим запахом;
- в) ангідрид і вода, та сполука існує лише в холодних розбавлених водних розчинах;
- г) H_2S , який можна виявити за запахом або індикаторним папірцем, що забарвлюється в чорний колір.

4.1. Коротка характеристика кількісного аналізу

Кількісний аналіз полягає у визначенні кількісного вмісту окремих складових частин складної речовини або суміші речовин. При цьому ефект аналітичної реакції вимірюється за допомогою аналітичних приладів і виконуються відповідні розрахунки.

У кількісному аналізі існують групи методів, засновані на різному використанні реакції - $X + R \rightarrow P$; де R - реагент, X- досліджувана речовина.

1. У першій групі вимірюють кількість продукту реакції P (у хімічному аналізі встановлюють масу продукту - гравіметричний аналіз).

2. У другій групі методів (засновані на об'ємному аналізі) вимірюють кількість реагенту (R), витраченого на реакцію з досліджуваною речовиною X. Розчин реагенту додають доти, поки не буде досягнуте еквівалентне співвідношення між речовинами, що реагують.

Отже, в практиці аналізу використовують протеолітичні реакції, окисно-відновні реакції, а також реакції утворення важкорозчинних і комплексних сполук. Можливість використання тієї чи іншої реакції для вирішення аналітичних проблем визначається повнотою й швидкістю її протікання. Найбільш широкоживаними хімічними методами є гравіметричний (ваговий) і титриметричний (об'ємний). Ці методи аналізу часто називають класичними.

Гравіметричний метод аналізу базується на виділенні речовини в чистому вигляді та її зважуванні. Найчастіше таке виділення виконують методом осадження визначуваної речовини у вигляді важкорозчинної сполуки.

Методи вагового аналізу можна поділити на три групи :

А) виділення; Б) осадження; В) відгонки.

У методах *виділення* компонент, що визначають, кількісно виділяють у вільному стані з речовини, яку аналізують і зважують на аналітичних терезах.

У методах *осадження* компонент, який визначають, кількісно осаджують хімічними способами у вигляді малорозчинної хімічної сполуки певного складу. Осад, що виділився, промивають, висушують та прожарюють. При цьому осад більшою частиною перетворюється в нову речовину відомого складу, яку і зважують на аналітичних терезах. У ваговому аналізі розрізняють форму осадження, тобто форму, у вигляді якої осаджують речовину, що визначають, а також і вагову форму, тобто таку форму, у вигляді якої речовину, що визначають зважують.

У методах *відгонки* компонент, що визначають, кількісно відганяють у вигляді леткої сполуки. Відокремлення частини, яку визначають, здійснюють шляхом нагрівання речовини, що аналізують, або дією відповідних реагентів, що супроводжується виділенням летких продуктів.

Об'ємний аналіз ґрунтується на вимірюванні об'єму розчину реактиву точно відомої концентрації, який витрачений на реакцію з даною кількістю речовини, що визначається. Додавання до речовини А, що визначається, розчину реактиву В відомої концентрації продовжують до закінчення реакції, тобто до досягнення точки

еквівалентності. Об'єм витраченого розчину реактиву точно вимірюють за допомогою спеціальних приладів і потім розрахунки проводять за законом еквівалентів.

Суть титриметричного аналізу полягає в точному вимірюванні об'єму реагенту з відомою концентрацією, який витрачається на взаємодію з визначуваною речовиною. За кількістю витраченого на реакцію реагенту обчислюють кількість визначуваної речовини. В титриметричному аналізі використовуються кислотно-основні (протолітометрія), окисно-відновні реакції (редоксиметрія), реакції утворення важкорозчинних (метод осадження) та комплексних (комплексометрія) сполук тощо.

Титруванням називають процес безперервного контрольованого і поступового змішування вимірюваної кількості твердої, рідкої, газоподібної речовини, або частіше точно вимірюваного об'єму стандартного розчину реактиву В з речовиною, яка досліджується. При цьому кількість реагенту відповідає вмісту компонента А, що визначають, який реагує з реагентом В у строго еквівалентних кількостях.

В залежності від типу основних реакцій, що використовуються, *об'ємні методи аналізу* класифікують на наступні групи:

- 1) метод *нейтралізації* або кислотно-основного титрування ґрунтується на використанні реакцій нейтралізації кислот, основ, солей слабких кислот чи слабких основ, що сильно гідролізуються у водних розчинах, та інші;
- 2) методи *осадження* ґрунтуються на використанні реакцій осадження;
- 3) методи *комплексоутворення* ґрунтуються на використанні реакцій комплексоутворення.

Відповідно до правила еквівалентності, титрування необхідно продовжувати до того часу, поки кількість реагенту В не стане еквівалентною вмісту речовини А, яку визначають. Момент, коли кількість стандартного розчину В стає еквівалентною кількості речовини А, відповідно певному рівнянню хімічної реакції, називають *точкою еквівалентності*. Точку еквівалентності встановлюють різними способами, наприклад, за зміною кольору індикатора, який додають у розчин, що титрують. *Момент, при якому відбувається зміна кольору індикатора, називають кінцевою точкою еквівалентності*. Дуже часто кінцева точка титрування не зовсім збігається з точкою еквівалентності, яка відповідає теоретичній точці кінця титрування. Зазвичай кінець титрування встановлюють за зміною кольору розчину, що титрують, або індикатора, що вводять на початку або у процесі титрування. Застосовують також без

індикаторні методи, які ґрунтуються на використанні спеціальних приладів, що дозволяють фіксувати зміни, які відбуваються у розчині в процесі титрування.

Методи кислотно-основного титрування (методи нейтралізації)

Методи нейтралізації ґрунтуються на використанні реакцій нейтралізації. Вони дозволяють кількісно визначати кислоти (за допомогою титрованих розчинів лугів), основ (за допомогою титрованих розчинів кислот) та інші речовини, що реагують у стехіометричних співвідношеннях з кислотами або основами у водних розчинах. Використовуючи спеціальні прийоми титрування, методи нейтралізації можна визначати вміст багатьох солей.

Кислотно-основне титрування має два основних методи:

1. Ацидиметрія - визначення основ.
2. Алкаліметрія - визначення кислот.

Для титрування основ найчастіше використовують хлоридну кислоту. У тих випадках, коли необхідно нагрівати або кип'ятити розчини, використовують сульфатну або хлоридну кислоти. Для титрування кислот найбільш широко використовуються титровані розчини натрій гідроксиду або калій гідроксиду.

Точку еквівалентності фіксують за зміною забарвлення індикатора. Індикатори, що застосовують у методі нейтралізації, являють собою органічні речовини, які змінюють свій колір в залежності від рН середовища.

Методи окисно-відповідного титрування (методи редоксиметрії)

Методи редоксиметрії ґрунтуються на використанні реакцій окиснення-відновлення. Як стандартні розчини у методах окиснення-відновлення використовують розчини різноманітних окисників та відновників. Як правило, відновники титрують розчинами окисників, а окисники - розчинами відновників. Назва методів, в яких застосовується принцип редоксиметрії, походить від назви робочих титрованих розчинів. Особливо часто використовують наступні:

1. *Перманганатометрія*. Цей метод ґрунтується на окисній дії робочого розчину калій перманганату. Титрування здійснюється без індикатора.
2. *Йодометрія*. Робочий розчин - розчин вільного йоду (йон I^- - відновник). Метод дозволяє визначати як окисники, так і відновники. Індикатор – крохмаль.

В деяких методах окисно-відновного титрування точку еквівалентності фіксують за зміною забарвлення розчину, що титрують, яка зумовлюється надлишком забарвленого стандартного розчину ($KMnO_4$). У методах, що ґрунтуються на

титруванні стандартним розчином йоду або на виділенні йоду, точка еквівалентності встановлюється за допомогою крохмалю, який специфічно реагує з йодом. Це специфічний індикатор. Крім того, у методах окиснення-відновлення широко використовують індикатори, які називають редокс-індикаторами, що змінюють колір у залежності від величини окисно-відновного потенціалу.

Методи осадження

Методи осадження ґрунтуються на використанні реакцій осадження. Суть їх полягає в тому, що речовину (або йон), яку визначають кількісно, переводять в осад. Кількість речовини визначають за витраченим об'ємом робочого розчину. Методи осадження класифікують наступним чином:

1. Аргентометрія - метод об'ємного аналізу, що ґрунтується на застосуванні стандартного розчину аргентум нітрату.
2. Меркуриметрія ґрунтується на утворенні слабодисоційованих сполук Меркурію (II).
3. Меркурометрія ґрунтується на утворенні нерозчинних сполук Меркурію (I).

В аргентометрії розрізняють:

1. *Метод Гей-Люссака* - ґрунтується на реакції, що відбувається між йонами Ag^+ та Cl^- і використовується у відсутності індикатора. Точка еквівалентності визначається за припиненням утворення осаду при додаванні нової порції реагенту.

2. *Метод Мора* ґрунтується на реакції, що протікає між йонами Ag^+ та Cl^- і виконується у присутності індикатора – розчину калій хромату. Точку еквівалентності фіксують при утворенні червоного осаду аргентум хромату.

3. *Метод Фольгарда* - ґрунтується на реакції, що протікає між йонами Ag^+ та SCN^- і виконується у присутності індикатора – йонів Fe^{3+} . Аргентум нітрат беруть у надлишку і після реакції надлишок аргентум нітрату відтитровують KSCN або NH_4SCN у присутності залізоамонійних галунів.

4. *Метод Фаянса* - ґрунтується на реакції, яка відбувається між йонами Ag^+ та Cl^- і виконується у присутності адсорбційних індикаторів.

Метод комплексонометрії

Застосовуючи методи комплексоутворення можна кількісно визначити різноманітні катіони та аніони, які здатні вступати у реакцію комплексоутворення. Особливе положення серед методів комплексоутворення займає комплексонометрія.

Комплексонометрія – титриметричний метод, що ґрунтується на реакціях взаємодії йонів, які визначають, з деякими органічними реактивами. Методи комплексонометрії ґрунтуються на використанні реакції комплексоутворення. Комплекси (наприклад комплексон III) широко використовуються для комплексонометричного титрування багатьох катіонів та аніонів. При цьому використовують метод як прямого так і зворотнього титрування. Точку еквівалентності встановлюють за допомогою індикаторів, які є органічними барвниками, що утворюють з катіонами забарвлені комплексні сполуки (металоіндикатори).

Визначення складу речовин або сумішей можна виконати не використовуючи хімічні або електрохімічні реакції. Такі методи визначення ґрунтуються на вивченні фізичних констант досліджуваної речовини і належать до фізичних методів аналізу.

Для аналізу речовин широко застосовуються хімічні реакції, хід яких супроводжується зміною фізичних властивостей системи, що аналізується (колір, флуоресценція). Такі методи аналізу називаються фізико-хімічними. Фізико-хімічні методи аналізу характеризуються:

а) швидкістю; б) вибірковістю; в) високою чутливістю.

Усі фізичні та фізико-хімічні методи аналізу поділяються на такі групи:

1. Електрохімічні.
2. Спектральні (оптичні).
3. Хроматографічні.
4. Радіометричні.
5. Мас-спектрометричні.
6. Ядерно-фізичні.

Електрохімічні методи

1. *Електроваговий аналіз* ґрунтується на виділенні з розчинів електролітів речовин, що осаджуються на електродах при проходженні через розчин постійного електричного струму. Метал (або оксид), який виділявся при електролізі, зважують і по масі роблять висновок про вміст речовини у розчині. Метод внутрішнього електролізу – різновид електровагового аналізу.

2. *Кондуктометрія* ґрунтується на вимірюванні електропровідності розчинів, яка змінюється в результаті хімічної реакції і яка залежить від природи електроліту, його температури та концентрації розчину. Кондуктометричне титрування – різновид

кондуктометричного аналізу. Хронокондуктометричне та високочастотне титрування є різновидами кондуктометричного титрування.

3. *Потенціометрія* ґрунтується на вимірюванні потенціалу електроду, який змінюється внаслідок хімічної реакції і який занурений у розчин, що аналізується. Потенціал електроду залежить від температури і концентрації розчину. Потенціометричне титрування – різновид потенціометричного аналізу.

4. *Полярографія* ґрунтується на вимірюванні сили струму, яка змінюється в залежності від напруги в процесі електролізу в умовах, коли один з електродів (катод) має дуже малу поверхню (електрод, що поляризується), а інший (анод) – велику (електрод, що не поляризується). Амперометричне титрування – різновид полярографічного аналізу.

5. *Кулонометрія* ґрунтується на вимірюванні кількості електрики, що витрачається на електроліз певної кількості речовини при постійному потенціалі, що відповідає потенціалу виділення даного елемента. В основі цього методу лежить закон Фарадея. Кулонометричне титрування – різновид кулонометричного аналізу.

Спектральні (оптичні) методи

1. *Емісійний спектральний аналіз* ґрунтується на виявленні емісійних спектрів елементів речовини, яка аналізується (спектри випромінювання), що виникають під впливом сильних джерел збудження (електрично/ високовольтної іскри). Цей метод дає можливість визначити елементний склад речовини, тобто зробити висновок про те, які хімічні елементи входять до складу даної речовини.

2. *Абсорбційна спектроскопія* ґрунтується на вивченні спектрів поглинання речовини, яка аналізується, та є її індивідуальною характеристикою. Абсорбційний спектральний аналіз включає:

а) спектрофотометричний; б) фотоколометричний методи.

Спектрофотометричний метод ґрунтується на визначенні спектра поглинання або на вимірюванні поглинання (як в ультрафіолетовій так і у видимій та інфрачервоній областях спектра) при певній довжині хвилі (монохроматичне випромінювання), яка відповідає максимуму кривої поглинання досліджуваної речовини.

Фотоколометрія ґрунтується на визначенні спектра поглинання або вимірюванні світлопоглинання у видимій ділянці спектра і на порівнянні інтенсивності забарвлення досліджуваного забарвленого розчину певної концентрації.

До оптичних методів аналізу також належать:

- а) *турбідиметрія* ґрунтується на вимірюванні кількості світла, що поглинається незабарвленою суспензією;
- б) *нефелометрія* ґрунтується на використанні явищ відбитку або розсіяння світла незабарвленими або забарвленими частинками суспензованого в розчині осаду;
- в) *люмінесцентний або флуоресцентний* методи ґрунтується на флуоресценції речовин, опромінених ультрафіолетовим світлом і випромінюванні інтенсивності випромінюваного ними видимого світла.

Хроматографічні методи

Хроматографічні методи ґрунтуються на вибіркового поглинанні (адсорбції) окремих компонентів суміші, яка аналізується, різними адсорбентами. Існує декілька класифікацій хроматографічних методів. За способами виконання розрізняють:

1. Фронтальний спосіб. При фронтальному аналізі досліджуваний розчин суміші речовин безперервно подають у верхню частину колонки і збирають окремі фракції фільтрату.

2. Витиснювальний спосіб. При витиснювальному аналізі у колонку вводять порцію розчину суміші і за допомогою речовини, яка більше сорбується, витискують раніше сорбовані елементи.

3. Елюентний спосіб. При елюентному аналізі у колонку вводять порцію досліджуваної суміші компонентів. При промиванні сорбенту розчинником уздовж колонки відбувається переміщення компонентів суміші внаслідок взаємного витискування у відповідності до їх сорбованості.

За *агрегатним* станом системи, в якій проводиться розділення суміші на компоненти розрізняють:

1. Газова хроматографія. Газовою хроматографією називається хроматографічний процес, в якому рухомою фазою є газ (чи пара). Варіанти хроматографії:

а) в газoadсорбційній хроматографії нерухомою фазою є твердий адсорбент, а рухомою - газ;

б) в газорідинній хроматографії нерухомою фазою є рідина, яка нанесена на нерухомий носій, а рухомою – газ.

2. Рідинна хроматографія. Рідинною хроматографією називається процес, в якому рухомою фазою є рідина. Варіанти рідинної хроматографії:

а) в рідинно-адсорбційній хроматографії нерухомою фазою є твердий адсорбент, а в рухомої – рідина;

б) в рідинно-рідинній хроматографії і нерухомою, і рухомою фазою є рідини.

За механізмом розділення розрізняють:

1. Адсорбційна рідинна хроматографія ґрунтується на вибірковій адсорбції (поглинанні) окремих компонентів досліджуваної суміші у рідкому середовищі. Вона обумовлена різною адсорбованістю розчинених компонентів.
2. Адсорбційна газова хроматографія ґрунтується на використанні різниці в адсорбованості газів та парів. В залежності від основного фактору, що визначає розділення, розрізняють газорідинну та газоадсорбційну хроматографію.
3. Роздільна хроматографія ґрунтується на використанні різниці в розподілі (сорбованості) окремих компонентів аналізованої суміші між двома різними фазами, які не зміщуються – рухливими та нерухливими розчинниками. Роздільна хроматографія поділяється на:

а) тонкошарова хроматографія – це різновидність роздільної хроматографії, яка здійснюється на пластинках вкритих тонким шаром носія (алюміній оксид, кізельгур, силікагель), який утримує нерухомий розчинник;

б) паперова хроматографія – різновид роздільної хроматографії, в якій носієм для нерухомого розчинника є смужки чи аркуші фільтрувального паперу, що не містить мінеральних домішок.

4. Промислова хроматографія використовується для одержання чистих речовин в значних кількостях.

Радіометричні методи

Радіометричні методи ґрунтуються на вимірюванні випромінювання атомами радіоактивних елементів. Для реєстрації випромінювання використовують спеціальні прилади з лічильником Гейзера – Мюллера.

1. Метод ізотопного розведення ґрунтується на розведенні сполуки, яка мічена радіоактивним ізотопом, неактивним компонентом суміші.

2. Принцип методу радіоактивного аналізу полягає в переводі стабільних ізотопів елемента у радіоактивні, вимірювані радіоактивності яких є критерієм вмісту даного елемента в об'єкті, що досліджується.

Мас-спектрометричні методи

Мас-спектрометричні методи аналізу ґрунтуються на визначенні окремих йонізованих атомів, молекул та радикалів за допомогою розділення потоку йонів, що містять частинки з різним відношенням маси (m) до заряду (e), в результаті

комбінованої дії електричного та магнітного полів. Реєстрація розділених частинок досягається електричним (мас-спектрографія) чи фотографічним (мас-спектроскопія) засобами. Визначення проводять за допомогою спеціальних приладів – мас-спектрометрів або мас-спектрографів.

Мас-спектрометричні методи застосовують у хімічному аналізі для виявлення ізотопного складу елементів, вмісту різних радикалів, окремих компонентів в складних сумішах або домішок. Мас-спектрометрія дозволяє виконати кількісні визначення різних елементів методом ізотопного розведення з використанням стабільних ізотопів.

Ядерно-фізичні методи

1. Метод ядерного магнітного резонансу (ЯМР) ґрунтується на використанні резонансного поглинання електромагнітних хвиль досліджуваною речовиною у постійному магнітному полі, яке обумовлено ядерним магнетизмом. ЯМР високого розрішення - один з важливих методів якісного та кількісного аналізу складних сумішей, контроль якості поживних продуктів, вологості зерна, а також дослідження будови та реакційної здатності молекул.

2. Метод ядерної гама-резонансної (ЯГР) спектроскопії ґрунтується на спостереженні мессбаурського ефекту. Метод ЯГР-спектроскопії використовується для встановлення характеру хімічних зв'язків в речовинах, а також для дослідження комплексних та елементорганічних сполук.

Відомі переваги дає сполучення та комбінування декількох інструментальних методів. Наприклад, хроматографія та мас-спектрометрія, хроматографія та ЯМР-спектроскопія, хроматографія та фотоколориметрія та ін.

Примітка. Мессбауера ефект – це фізичний процес, в якому ядра атомів, які знаходяться у зв'язаному стані у твердому тілі, випромінюють або поглинають д-кванти (короткохвильове рентгенівське випромінювання) без зміни внутрішньої енергії (тобто без віддачі).

4.2. Перелік завдань на аудиторну та самостійну роботи з теми:

“Методи кількісного аналізу та їх використання”

1. Який метод аналізу називають гравіметричним?
2. Які посуд і обладнання використовують у гравіметричному аналізі?
3. Які методи гравіметричного аналізу ви знаєте?
4. В чому суть гравіметричного методу аналізу?
5. Суть та особливості аналізу методом відгонки.

6 . Суть методу осадження.

7. Основна умова утворення осадів. Як впливає відносне пересичення та утворення кристалічних осадів?

8. Перелічіть умови утворення кристалічних осадів.

9. Які осад називаються аморфним?

10. Умови утворення аморфних осадів.

11. Перелічіть причини забруднення осадів.

12. Що таке сумісне осадження, післяосадження?

13. В чому суть явища адсорбції?

14. Що таке оклюзія ? Яка різниця між механічною та адсорбційною оклюзією?

15. В чому суть явища ізоморфного співосадження?

16. Яка різниця між осаджуваною та ваговою формами?

17. Перелічіть вимоги до осаджуваної форми.

18. Перелічіть вимоги до вагової форми.

19. Як обчислюють масову частку відкачуваної речовини?

20. Перелічіть переваги використання органічних осаджувачів порівняно з неорганічними.

21. Опишіть переваги та недоліки гравіметричного аналізу порівняно з інструментальними методами аналізу.

22. Опишіть найважливіші операції гравіметричного аналізу.

23. У чому суть титриметричного аналізу? Що таке титровані розчини і якими методами їх готують?

24. Перелічіть вимоги, які ставлять до вихідних речовин у методі нейтралізації.

25. Які стандартні розчини використовуються для встановлення концентрацій робочих розчинів кислот, основ?

26. Якими методами встановлюють точку еквівалентності в методі протолітометрії?

27. Які речовини використовують як кислотно-основні індикатори? Наведіть приклади найважливіших кислотно-основних індикаторів.

28. Які перетворення називаються таутомерними? Наведіть приклади найважливіших хромофорних угруповань атомів.

29. На чому ґрунтується метод нейтралізації? Що таке реакція нейтралізації? Як пов'язані між собою реакції нейтралізації та гідролізу?

30. Які речовини можна кількісно визначити методом нейтралізації?

31. Що таке індикатори, інтервал переходу індикатора і показник титрування?
32. Що таке крива титрування? Яке співвідношення між точкою нейтральності з точкою еквівалентності?
33. Як змінюється величина стрибка на кривій титрування при зміні: а) концентрацій розчинів; б) констант кислотності чи основності слабких протолітів?
34. В якому випадку можна роздільно визначити вміст кислот у суміші?
35. Які індикатори можна використати для титрування хлоридної та фосфатної кислот лугом?
36. Які типи індикаторних похибок можливі при титруванні: а) сильної кислоти сильною основою; б) слабкої кислоти сильною основою?
37. Сформулюйте закон еквівалентів. Як його використовують в об'ємному аналізі?
38. Перерахуйте вимоги, що ставляться до реакцій, які використовують для титрування за методом осадження.
39. Вкажіть фактори, від яких залежить величина стрибка на кривій титрування.
40. Перелічіть способи встановлення кінцевої точки титрування.
41. Який робочий розчин та індикатор застосовують у методі перманганатометрії? Які речовини кількісно визначають цим методом?
42. Поясніть принцип дії адсорбційних індикаторів. Що таке ізометрична точка?
43. Що таке йодометрія і для чого використовують цей метод? Які робочі розчини та індикатор застосовують у методі йодометрії?
44. Які особливості застосування індикатора в методі йодометрії?
45. Які методики застосовують у методі йодометрії? В чому суть прямого, зворотнього та непрямого титрувань?
46. Поясніть суть методу меркурометрії. Які індикатори використовують в цьому методі?
47. У чому суть комплексонометричного титрування і для чого його використовують?
48. Перерахуйте вимоги до реакцій, які використовуються в методі комплексонометричного титрування.
49. Вкажіть основні причини обмеженого використання неорганічних лігандів для комплексонометричних визначень.
50. Як виконують комплексонометричні визначення методами прямого титрування і титрування замісника?
51. Які індикатори застосовують у методі комплексонометрії?

4.3. Перелік завдань для контролю знань з теми: “Кількісний аналіз”

1. Суть титриметричного методу аналізу полягає:

- а) у додаванні до розчину визначуваної речовини такого самого об'єму розчину реагенту;
- б) у точному вимірюванні об'єму реагенту з відомою концентрацією, який витрачається на взаємодію з визначуваною речовиною;
- в) у відокремленні визначуваної речовини у вигляді малорозчинної сполуки.

2. Серед перелічених вимог виберіть ті, які відносяться до розчинів первинних стандартів:

- а) відповідність складу речовини її хімічної формули;
- б) низька розчинність визначуваної речовини;
- в) концентрація розчинів вихідних речовин не повинна змінюватися у часі;
- г) концентрація розчинів вихідних речовин не повинна змінюватися у часі під впливом зовнішніх умов.

3. В точці еквівалентності:

- а) концентрація титрованої речовини дорівнює концентрації титранта;
- б) кількість еквівалентів титрованої речовини дорівнює кількості еквівалентів титранта;
- в) кількість моль титрованої речовини дорівнює кількості моль титранта.

4. Що називають показником титрування (рТ)? Виберіть правильну відповідь:

- а) значення рН титрованої кислоти;
- б) значення рН титранта;
- в) певне значення рН, при якому відбувається найбільш різка зміна забарвлення індикатора.

5. Інтервал значень рН, в якому спостерігається зміна забарвлення індикатора, називається:

- а) точкою еквівалентності;
- б) інтервалом переходу даного індикатора;
- в) показником титрування.

6. В лужному середовищі фенолфталеїн має забарвлення:

- а) жовте;
- б) малинове;
- в) сіре.

7. Як первинний стандарт для визначення концентрації кислот використовують:

а) буру $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$;

б) NaOH ;

в) H_2SO_4 .

8. Формула, за якою обчислюють значення нормальної концентрації хлоридної кислоти за бурою є такою :

а)

$$C(\text{HCl}) = \frac{C(\text{бури}) \cdot V(\text{HCl})}{V(\text{бури})} ;$$

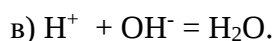
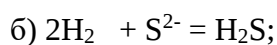
б)

$$C(\text{HCl}) = \frac{C(\text{бури}) \cdot V(\text{бури})}{V(\text{HCl})} ;$$

в)

$$C(\text{HCl}) = \frac{C(\text{бури}) \cdot V(\text{H}_2\text{O})}{V(\text{HCl})} .$$

9. В основі методу кислотно-основного титрування лежить реакція:



10. Для стандартизації основ в якості первинного стандарту використовують:

а) $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$;

б) HCl ;

в) KOH .

11. Чи відповідає HCl вимогам, що ставляться до первинних стандартів?:

а) так, оскільки концентрація розчину кислоти не змінюється у часі;

б) ні, оскільки концентрація розчину кислоти змінюється в часі внаслідок летючості хлороводню;

12. Чи відповідає NaOH вимогам, що ставляться до первинних стандартів?:

а) так, оскільки натрій гідроксид не взаємодіє з компонентами повітря;

б) ні, оскільки натрій гідроксид поглинає вуглекислий газ повітря;

в) так, оскільки натрій гідроксид поглинає вуглекислий газ повітря і його склад відповідає хімічній формулі.

13. Чим зумовлена тимчасова твердість води?:

- а) наявністю гідроген карбонатів кальцію та магнію;
- б) наявністю хлоридів всіх металів;
- в) наявністю всіх солей кальцію та магнію.

14. Тимчасову твердість води визначають:

- а) титруванням проби води лугом в присутності метилового оранжевого;
- б) титруванням проби води хлоридною кислотою в присутності метилового оранжевого;
- в) титруванням проби води бурою в присутності фенолфталеїну.

15. В основі методу окисно-відновного титрування лежить реакція:

- а) між кислотою і основою;
- б) окиснення – відновлення;
- в) комплексоутворення.

16. Який реагент використовують як титрант в методиці перманганатометричного титрування:

- а) калій дихромат;
- б) хлоридну кислоту;
- в) калій перманганат.

17. Виберіть правильну відповідь:

- а) KMnO_4 відповідає вимогам, що ставляться до первинних стандартів, оскільки концентрація розчину не змінюється у часі під впливом зовнішніх чинників;
- б) KMnO_4 не відповідає вимогам, що ставляться до первинних стандартів, оскільки концентрація розчину змінюється у часі під впливом зовнішніх чинників;
- в) з наважки KMnO_4 можна виготовити розчин точно відомої концентрації.

18. За допомогою перманганатометричного титрування визначають:

- а) відновники Fe^{2+} , NO_2^- , $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$, H_2O_2 ;
- б) окислювачі Fe^{2+} , NO_2^- , $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$, H_2O_2 ;
- в) кислоти H_2SO_4 , основи NaOH , KOH .

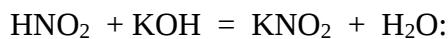
19. Гравіметричний аналіз ґрунтується на:

- а) дослідженні фізичних властивостей речовини;
- б) зміні фізичних властивостей аналізованої системи;
- в) точному визначенні маси речовини;
- г) точному вимірюванні об'єму розчину аналізованої речовини.

20. Ексикатор призначений для:

- а) висушування речовини;
- б) прожарювання речовини;
- в) охолодження речовин до кімнатної температури;
- г) зважування твердих і рідких речовин.

21. Виберіть йонно-молекулярну схему, що відповідає реакції:



- а) $\text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O}$;
- б) $\text{KtOH} + \text{H}^+ = \text{Kt}^+ + \text{H}_2\text{O}$;
- в) $\text{HAn} + \text{OH}^- = \text{An}^- + \text{H}_2\text{O}$;
- г) $\text{KtOH} + \text{HAn} = \text{Kt}^+ + \text{An}^- + \text{H}_2\text{O}$.

22. Зазначте закон хімії, на якому ґрунтуються обчислення в об'ємному аналізі:

- а) закон еквівалентів;
- б) закон сталості складу;
- в) закон розбавлення Оствальда;
- г) закон кратних відношень.

23. Для титрування розчину слабкої основи сильною кислотою як індикатор потрібно використати:

- а) метиловий оранжевий;
- б) фенолфталеїн;
- в) нейтральний червоний;
- г) метиловий червоний.

24. Зазначте робочий розчин та індикатор придатні для визначення методом перманганатометрії:

- а) $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ і метилоранж;
- б) KMnO_4 і еозин;
- в) K_2MnO_4 і $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$;
- г) KMnO_4 , індикатор не використовують.

25. Вкажіть формули хімічних сполук, які використовують у йодометрії як робочі розчини:

- а) $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ і KI ;
- б) KMnO_4 і $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$;
- в) $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ і I_2 ;
- г) KMnO_4 і $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_3$.

26. Зазначте речовину, яку використовують у йодометрії для стандартизації розчину натрій тіосульфату:

- а) калій йодид KI ;
- б) калій дихромат $K_2Cr_2O_7$;
- в) натрій карбонат Na_2CO_3 .

27. Розчинність малорозчинних електролітів у воді можна кількісно оцінити за значеннями:

- а) константи швидкості реакції;
- б) константи дисоціації;
- в) ступеня дисоціації;
- г) константи гідролізу;
- д) добутку розчинності.

28. Зазначте індикатор, який використовують в аргентометрії за методом Мора:

- а) калій хромат K_2CrO_4 ;
- б) калій дихромат $K_2Cr_2O_7$;
- в) ферум (II) сульфат $FeSO_4$;
- г) ферум (III) сульфат $Fe_2(SO_4)_3$;
- д) флуоресцеїн.

29. Який тип індикаторів використовують у комплексометрії?:

- а) адсорбційні індикатори;
- б) металохромні індикатори;
- в) кислотно-основні індикатори;
- г) окисно-відновні індикатори.

30. Як називають комплексні сполуки, що утворюються при взаємодії трилону Б з катіонами металів?:

- а) комплексонами;
- б) сендвічевими комплексами;
- в) клатратами;
- г) хелатами.

31. Який буферний розчин використовують у процесі комплексометричного титрування йонів лужноземельних металів:

- а) ацетатний;
- б) амонійний;

- в) фосфатний;
- г) карбонатний.

32. Які методи аналізу слід застосовувати якщо об'єкт, який визначають, під час проведення аналізу не повинен руйнуватися?:

- а) інструментальні;
- б) хімічні;
- в) якісні;
- г) кількісні.

33. Рефрактометричні методи аналізу ґрунтуються на дослідженні:

- а) поглинання світла, що падає на тіло, яке перебуває у твердому агрегатному стані;
- б) відбиття світла колоїдними частинками;
- в) заломлення світла при проходженні променя крізь межу поділу прозорих однорідних середовищ;
- г) розсіювання світла в мікрогетерогенних системах.

34. Від чого залежить показник заломлення хімічно чистої речовини:

- а) від агрегатного стану речовини;
- б) від тиску;
- в) від природи речовини;
- г) від оптичної активності речовини.

35. Яку фізико-хімічну величину вимірюють за допомогою рефрактометра:

- а) питому рефракцію;
- б) молярну рефракцію;
- в) показник заломлення;
- г) оптичну густину.

36. Інструментальні методи аналізу ґрунтуються на залежності фізико-хімічних властивостей речовин (аналітичного сигналу) від:

- а) чутливості вимірювального приладу;
- б) фізико-хімічних параметрів навколишнього середовища;
- в) природи досліджуваної речовини;
- г) вмісту досліджуваної речовини в досліджуваній пробі.

37. Кількісний поляриметричний аналіз ґрунтується на зв'язку концентрації розчину зі значенням:

- а) дипольного моменту в молекулі полярного розчинника;

- б) кута обертання площини поляризації світла;
- в) швидкості обертання площини поляризації світла;
- г) інтенсивності поглинання світла.

38. Яку з перелічених фізико-хімічних величин вимірюють за допомогою поляриметра:

- а) кут обертання площини поляризації світла;
- б) ступінь поляризації світла;
- в) швидкість обертання площини поляризації світла;
- г) показник заломлення.

39. Вкажіть, які розчини можна проаналізувати електрофотометричним методом:

- а) безбарвні;
- б) каламутні;
- в) забарвлені;
- г) колоїдні.

40. Для чого призначений фотоелектроколориметр ?:

- а) для кількісного аналізу за величиною оптичної густини;
- б) для якісного аналізу за величиною пропускання;
- в) для кількісного аналізу за ефективною довжиною хвилі;
- г) для кількісного аналізу за величиною показника заломлення.

41. Точність електрофотометричного методу – це:

- а) максимальне значення оптичної густини, яку може виміряти певний електрофотоколориметр;
- б) мінімальна концентрація, яку можна визначити цим методом;
- в) величина відносної похибки визначення;
- г) величина абсолютної похибки визначення.

42. Оптична густина – це:

- а) від'ємний логарифм молярного коефіцієнта світлопоглинання;
- б) від'ємний логарифм пропускання;
- в) логарифм відношення інтенсивності світла, що входить у досліджуваний розчин, до інтенсивності світла після проходження крізь цей розчин;
- г) добуток концентрації розчинної речовини і товщини шару розчину.

43. Яка величина характеризує чутливість електрофотометричного методу для певної аналізованої речовини?:

- а) ефективна довжина хвилі;

- б) молярний коефіцієнт світлопоглинання;
- в) мінімальна товщина кювети, що дає змогу виміряти оптичну густину досліджуваного розчину з концентрацією 1 моль/дм³;
- г) пропускання.

44. Чутливість фотометричного методу – це:

- а) абсолютна похибка визначення;
- б) мінімальна концентрація розчину, яку можна визначити цим методом;
- в) мінімальне значення оптичної густини, яке може зафіксувати цей фотоелектотроколориметр;
- г) відносна похибка визначення.

45. Кювети якої товщини зазвичай використовують для фотометрування розчинів?:

- а) 1—5 см;
- б) 10—20 см;
- в) 30—50 см;
- г) 60—75 см.

46. Яку величину вимірюють за допомогою електрофотоколориметра:

- а) молярний коефіцієнт світлопоглинання;
- б) кут обертання площини поляризації;
- в) інтенсивність світла, що пройшла крізь досліджуваний розчин;
- г) оптичну густину розчину.

47. Ефективна довжина хвилі – це довжина хвилі, за якої:

- а) оптична густина не залежить від концентрації розчину, який аналізують;
- б) оптична густина розчину, який аналізують, має мінімальне значення;
- в) оптична густина розчину, який аналізують, має максимальне значення;
- г) змінюється оптична густина розчину.

48. Методи рідинної адсорбційної хроматографії ґрунтуються на:

- а) адсорбції з розчинів;
- б) екстракції з розчинів;
- в) адсорбції з газоповітряної суміші;
- г) десорбції з розчинів.

49. Хроматографічні методи ґрунтуються на явищі:

- а) деструктування;
- б) розчинення;

- в) адсорбції;
- г) отримання нерозчинних сполук.

50. Метод хроматографії застосовують для:

- а) визначення заповнення адсорбенту;
- б) переведення в розчин важкорозчинних речовин;
- в) виділення з твердих сумішей компонентів, легкорозчинних у сумішах органічних розчинників;
- г) розділення й аналізу складних газуватих і рідких сумішей.

51. Як ідентифікують речовину за допомогою газової хроматографії?:

- а) зіставленням часу утримування відповідного компонента й еталона;
- б) за величиною R_f ;
- в) за об'ємною здатністю іоніту;
- г) за розчинністю.

52. Що розуміють у хроматографії під поняттям “сорбент”?:

- а) речовину, яка становить рухому фазу;
- б) речовину, яка адсорбується;
- в) речовину, яка становить нерухому фазу;
- г) носій суміші речовин, які аналізують.

ДОДАТКИ

ХІМІЧНІ ЕЛЕМЕНТИ. БУДОВА АТОМІВ

1 Періодична система хімічних елементів Д. І. Менделєєва

ПЕРІОД	Г Р У П И															
	I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII	
1	H 1,0079 Гідроген												He 4,0026 Гелій		Порядковий номер Символ Назва елемента систематична Атомна маса Електронна конфігурація	
2	Li 6,941 Літій		Be 9,0122 Берилій		B 10,811 Бор		C 12,011 Карбон		N 14,007 Азот		O 15,999 Оксиген		F 18,998 Флуор		Ne 20,179 Неон	
3	Na 22,990 Натрій		Mg 24,305 Магній		Al 26,982 Алюміній		Si 28,086 Силіцій		P 30,974 Фосфор		S 32,066 Сульфур		Cl 35,453 Хлор		Ar 39,948 Аргон	
4	K 39,098 Калій		Ca 40,078 Кальцій		Sc 44,956 Скандій		Ti 47,88 Титан		V 50,942 Ванадій		Cr 51,996 Хром		Mn 54,938 Манган		Fe 55,847 Залізо	
5	Rb 85,468 Рубідій		Sr 87,62 Стронцій		Y 88,906 Йттрій		Zr 91,224 Цирконій		Nb 92,906 Ніобій		Mo 95,94 Молибден		Tc [99] Технецій		Ru 101,07 Рутеній	
	Ag 107,87 Срібло		Cd 112,41 Кадмій		In 114,82 Індій		Sn 118,71 Станум		Sb 121,75 Смуглий		Te 127,60 Телури		I 126,90 Йод		Xe 131,29 Ксенон	
6	Cs 132,91 Цезій		Ba 137,33 Барій		*La 138,91 Лантан		Hf 178,49 Гафній		Ta 180,95 Тантал		W 183,85 Вольфрам		Re 186,21 Реній		Os 190,2 Осмій	
	Au 196,97 Золото		Hg 200,59 Ртуть		Tl 204,38 Талій		Pb 207,2 Свинець		Bi 208,98 Висмут		Po [209] Полоній		At [210] Астат		Rn [222] Радон	
7	Fr [223] Францій		Ra 226,02 Радій		**Ac [227] Актиній		Db [261] Дубній		Jl [262] Джоліотій		Rf [261] Резерфордій		Bh [262] Берклій		Hn [265] Ганій	
*Лантаноїди																
58	Ce 140,12 Церій		Pr 140,91 Прометій		Nd 144,24 Неодім		Pm [147] Прометій		Sm 150,36 Самарій		Eu 151,96 Європій		Gd 157,25 Гадоліній			
**Актиноїди																
90	Th 232,04 Торій		Pa [231] Протактиній		U 238,03 Уран		Np [237] Нептуній		Pu [244] Плутоній		Am [243] Америцій		Cm [247] Кюріій			
97	Bk [247] Берклій		Cf [251] Каліфорній		Es [252] Ейнштейній		Fm [257] Фермій		Md [258] Менделєєв		No [259] Нобелій		Lr [260] Лоуренцій			

Примітки: 1. 30 серпня 1997 р. Міжнародна спілка теоретичної та прикладної хімії (IUPAC) затвердила нові назви для деяких трансуранових елементів: 104 — Резерфордій Rf, 105 — Дубній Db, 106 — Сиборгій Sg, 108 — Гасій Hs.

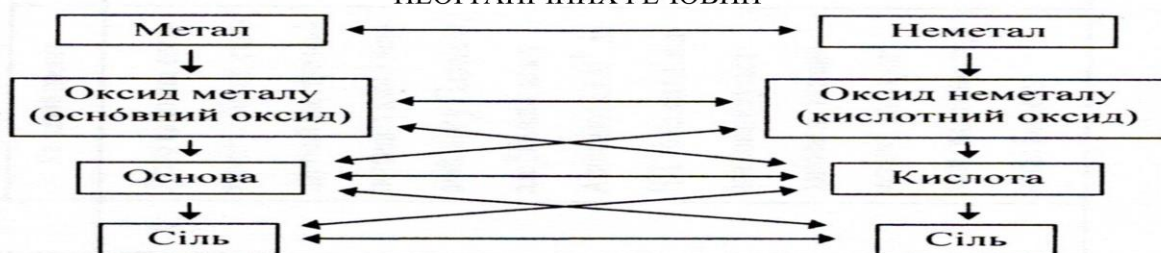
2. У правій верхній частині таблиці на прикладі елемента Fe наведено константи, що подаються до кожного елемента періодичної системи.
3. У квадратних дужках подано масове число найстабільнішого ізотопу даного елемента.

2. Розподіл електронів у атомах

Прото- нне чис- ло	Пе- ріод	Сим- вол еле- мен- та	Енергетичні рівні і підрівні																Електронна родина елемента				
			K		L			M			N				O					P			Q
			1s	2s	2p	3s	3p	3d	4s	4p	4d	4f	5s	5p	5d	5f	6s	6p		6d	7s		
1	I	H	1																		s - еле- менти		
2		He	2	8		18			32				32										
3	II	Li	2	1																s - еле- менти			
4		Be	2	2																			
5		B	2	2	1															p - еле- менти			
6		C	2	2	2																		
7		N	2	2	3																		
8		O	2	2	4																		
9		F	2	2	5																		
10		Ne	2	2	6																		
11	III	Na	2	2	6	1													s - еле- менти				
12		Mg	2	2	6	2																	
13		Al	2	2	6	2	1												p - еле- менти				
14		Si	2	2	6	2	2																
15		P	2	2	6	2	3																
16		S	2	2	6	2	4																
17		Cl	2	2	6	2	5																
18		Ar	2	2	6	2	6																

3 Електронегативність елементів (за Л. Полінгом)

Періоди	Ряди	Групи елементів																	
		I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII			
1	1	H 2,2															He —		
2	2	Li 1,0		Be 1,5			B 2,0		C 2,5		N 3,0		O 3,5		F 4,0		Ne —		
3	3	Na 0,9		Mg 1,2			Al 1,5		Si 1,8		P 2,1		S 2,5		Cl 3,0		Ar —		
4	4	K 0,8		Ca 1,0		Sc 1,3		Ti 1,5		V 1,6		Cr 1,6		Mn 1,5		Fe 1,8	Co 1,8	Ni 1,8	Kr —
	5		Cu 1,9		Zn 1,6		Ga 1,6		Ge 1,8		As 2,0		Se 2,4		Br 2,8				
5	6	Rb 0,8		Sr 1,0		Y 1,3		Zr 1,4		Nb 1,6		Mo 1,8		Tc 1,9		Ru 2,2	Rh 2,3	Pd 2,2	Xe —
	7		Ag 1,9		Cd 1,7		In 1,7		Sn 1,8		Sb 1,9		Te 2,1		I 2,5				
6	8	Cs 0,7		Ba 0,9		La 1,1		Hf 1,3		Ta 1,5		W 1,7		Re 1,9		Os 2,2	Ir 2,2	Pt 2,3	Rn —
	9		Au 2,4		Hg 1,9		Tl 1,8		Pb 1,8		Bi 1,9		Po 2,0		At 2,2				
7	10	Fr 0,7		Ra 0,9		Ac 1,1													

4. ГЕНЕТИЧНИЙ ЗВ'ЯЗОК МІЖ КЛАСАМИ
НЕОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН

5. Ряд розрядження на катоді деяких катіонів

Катіони активних металів	Катіони менш активних металів	Катіони малоактивних металів
$\text{Li}^+, \text{Cs}^+, \text{K}^+, \text{Ca}^{2+}, \text{Na}^+, \text{Mg}^{2+}, \text{Al}^{3+}$	$\text{Zn}^{2+}, \text{Cr}^{3+}, \text{Fe}^{2+}, \text{Cd}^{2+}, \text{Co}^{2+}, \text{Ni}^{2+}, \text{Sn}^{2+}, \text{Pb}^{2+}$	$\text{Cu}^{2+}, \text{Ag}^+, \text{Hg}^{2+}, \text{Au}^{3+}$
Важко розряджаються	Продукти електролізу у водному розчині:	
тільки H_2	одночасно метал і H_2	тільки метал

6 Ряд розрядження на аноді деяких аніонів

Аніони оксигеновмісних кислот	Гідроксид-іони та аніони безоксигенових кислото
PO_4^{3-} , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , NO_3^- , ClO_4^- тощо	OH^- , Cl^- , Br^- , I^- , S^{2-}
Важко розряджаються	Легко розряджаються
Продукти електролізу у водному розчині:	
O_2	продукти окиснення гідроксид-іонів та аніонів безоксигенових кислот (O_2 , Cl_2 , Br_2 , I_2 , S)

7 Розчинність основ, кислот, амфотерних гідроксидів та солей у воді (при 20–25 °C)*

Катіон Аніон	H^+	NH_4^+	Li^+	Na^+	K^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	Ba^{2+}	Al^{3+}	Cr^{3+}	Zn^{2+}	Mn^{2+}	Fe^{2+}	Fe^{3+}	Pb^{2+}	Cu^{2+}	Ag^+	Hg^{2+}
OH^-		р	р	р	р	м	м	р	н	н	н	н	н	н	н	н	—	—
F^-	р	р	м	рм	р	м	м	м	м	р	р	р	м	н	м	р	р	реар
Cl^-	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	м	р	н	р
Br^-	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	м	р	н	м
I^-	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	—	м	—	н	м
S^{2-}	р	р	р	р	р	реар	реар	р	реар	реар	н	н	н	реар	н	н	н	н
SO_3^{2-}	р	р	р	р	р	р	м	м	—	—	р	м	м	—	м	—	н	реар
SO_4^{2-}	р	р	р	р	р	р	м	н	р	р	р	р	р	р	м	р	м	р
NO_3^-	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р
PO_4^{3-}	р	р	м	р	р	м	н	н	н	н	н	м	н	н	н	реар	н	реар
CO_3^{2-}	р	р	р	р	р	м	н	н	—	—	н	н	н	—	н	реар	м	—
CH_3COO^-	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	—	р	р	р	р

Умовні позначення. р — розчинні (більше 1 г у 100 г води); м — малорозчинні (від 1 до 0,001 г у 100 г води); н — нерозчинні (менше 0,001 г у 100 г води); риска — не існують; реар — не утворюються при обмінній реакції між двома солями, бо реагують з водою (зазнають гідролізу) з утворенням нерозчинних основних солей або гідроксидів.

* Попель П. П. Сучасний погляд на електроліти та їх перетворення // Біологія і хімія в школі. — 1997. — № 1. — С. 7

8. Розчинність деяких неорганічних речовин у воді залежно від температури (у перерахунку на зневоднену сіль)

Формула безводної солі	Вміст кристалізаційної води	Розчинність солі, г/л, за температури, °C										
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
AgNO ₃	—	1252	1725	2279	2846	3425	4051	4650	5410	6353	7475	9000
AlCl ₃	6H ₂ O	438	449	459	466	473	—	481	—	486	—	490
Al(NO ₃) ₃	9H ₂ O	600	667	739	818	887	961	1062	1174	1326	1532	1597
Al ₂ (SO ₄) ₃	18H ₂ O	312	335	364	404	457	522	592	662	731	868	890
BaCl ₂	2H ₂ O	316	333	357	382	407	436	464	494	524	—	588
Ba(NO ₃) ₂	H ₂ O	458	570	704	876	1080	1262	1584	1843	2135	2559	3132
Ca(NO ₃) ₂	4H ₂ O	1021	1153	1293	1526	1960	—	—	—	—	—	—
CaSO ₄	2H ₂ O	1,759	1,928	2,036	2,090	2,097	—	2,047	1,974	1,936	—	1,619
CaCl ₂	2H ₂ O	—	—	—	—	—	—	1368	1417	1470	1527	1590
CuCl ₂	2H ₂ O	686	709	727	773	808	842	876	923	961	1036	1100
CuSO ₄	5H ₂ O	143	174	207	250	285	333	400	471	550	642	754
FeCl ₂	4H ₂ O	501	590	626	658	692	733	773	842	905	—	—
FeCl ₃	6H ₂ O	744	818	919	1068	—	—	—	—	—	—	—

Fe(NO ₃) ₃	9H ₂ O	672	—	825	—	1048	—	—	—	—	—	—
FeSO ₄	7H ₂ O	156,5	205	265	329	402	486	—	—	—	—	—
HgCl ₂	—	43	56	66	83	99	111	149	172	242	372	636
K ₂ CO ₃	1,5H ₂ O	1053	1083	1105	1137	1169	1213	1268	1335	1398	1475	1557
KBr	—	535	595	655	706	755	802	851	900	950	992	1040
KCl	—	276	310	340	370	400	426	455	481	511	540	567
KClO ₃	—	33	50	74	105	140	193	259	325	397	477	562
K ₂ CrO ₄	—	582,6	600	618,1	634	652,9	666,7	686,3	703,6	721,2	739	755
K ₂ Cr ₂ O ₇	—	50	70	120	201	269	370	469	580	701	821	970
KI	—	1275	1360	1440	1520	1600	1680	1760	1840	1920	2000	2080
KMnO ₄	—	28,3	44	64	90	125,6	168,9	222	—	—	—	—
KNO ₃	—	133	209	316	458	639	855	1100	1380	1690	2020	2460
K ₂ SO ₄	—	73,5	92,2	111,1	129,7	147,6	165,6	181,7	197,5	214	224	241
MgCl ₂	6H ₂ O	528	535	545	—	575	—	610	635	660	695	730
Mg(NO ₃) ₂	6H ₂ O	626	653	701	748	789	845	912	—	1062	1381	—
MgSO ₄	6H ₂ O	—	—	445	454	458	504	550	595	642	—	—
NH ₄ Cl	—	294	333	372	414	458	504	552	602	656	713	773
NH ₄ NO ₃	—	1183	—	1920	2418	2970	3440	4210	4990	5800	7400	8710

Формула безводної солі	Вміст кристалізаційної води	Розчинність солі, г/л, за температури, °C										
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
(NH ₄) ₂ SO ₄	—	701	727	754	782	812	843	871	906	941	978	1017
Na ₂ CO ₃	H ₂ O	—	—	—	—	485	—	464	462	458	457	455
NaCl	—	357	358	360	363	366	370	373	378	384	390	398
NaHCO ₃	—	69	81,5	96	111	127	144,5	164	—	—	—	—
NaNO ₃	—	730	800	880	960	1040	1140	1240	—	1480	—	1800
Na ₂ SO ₄	—	—	—	—	—	488	467	453	441	437	429	425
Pb(NO ₃) ₂	—	388	483	565	660	750	850	950	—	1150	—	1388

П р и м і т к а. Наведено вміст кристалізаційної води у твердій фазі, яка перебуває в рівновазі з насиченим розчином.

8. Форми запису і назви розчинів з різними молярними концентраціями розчиненої речовини (на прикладі розчину гідроксиду натрію)

Форма запису		Назва розчину
рекомендована	допустима	
$C(\text{NaOH}) = 1 \text{ моль/л}$	$1M \text{ NaOH}$	Одномолярний розчин гідроксиду натрію
$C(\text{NaOH}) = 2 \text{ моль/л}$	$2M \text{ NaOH}$	Двомолярний
$C(\text{NaOH}) = 0,1 \text{ моль/л}$	$0,1M \text{ NaOH}$	Децимолярний
$C(\text{NaOH}) = 0,2 \text{ моль/л}$	$0,2M \text{ NaOH}$	Дводецимолярний
$C(\text{NaOH}) = 0,5 \text{ моль/л}$	$0,5M \text{ NaOH}$	Півмолярний
$C(\text{NaOH}) = 0,01 \text{ моль/л}$	$0,01M \text{ NaOH}$	Сантимолярний
$C(\text{NaOH}) = 0,03 \text{ моль/л}$	$0,03M \text{ NaOH}$	Трисантимолярний
$C(\text{NaOH}) = 0,001 \text{ моль/л}$	$0,001M \text{ NaOH}$	Мілімолярний
$C(\text{NaOH}) = 0,004 \text{ моль/л}$	$0,004M \text{ NaOH}$	Чотиримілімолярний

9 Розчинність газів у воді (за температури 0°C і тиску $101\,325 \text{ Па}$)

Назва газу	Формула	Розчинність	
		г/л	см ³ /л
Аміак	NH_3	895	1 300 000
Хлороводень	HCl	825	507 000
Оксид сульфуру(IV)	SO_2	228,3	79 690
Хлор	Cl_2	14,6	4610
Сірководень	H_2S	7,07	4670
Оксид карбону(IV)	CO_2	3,35	1713
Кисень	O_2	0,0695	49,2
Озон	O_3	0,615	49,4
Оксид карбону(II)	CO	0,044	35,4
Азот	N_2	0,029	23,5
Водень	H_2	0,0019	21,5
Метан	CH_4	0,0396	55,6

10 Розчинність основ і солей у воді (за температури 18 °C)

Аніон Катіон	K ⁺	Na ⁺	Li ⁺	Ag ⁺	Ba ²⁺	Sr ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Zn ²⁺	Pb ²⁺
Cl ⁻	329,5	358,6	777,9	0,313	372,4	510,9	731,9	558,1	203,9	14,9
Br ⁻	658,6	887,6	1687	4,1	1036	965,2	1433	1031	4782	5,98
I ⁻	1375	1779	1615	0,635	2014	692	20,00	1482	4190	0,8
F ⁻	925,6	44,4	2,7	1954	1,6	0,12	0,016	0,087	0,05	0,7
NO ₃ ⁻	303,4	839	714,3	2134	87,4	662,7	1218	743,1	1178	516,6
OH ⁻	1429	1164	120,4	—	37	17,7	1,7	0,001	0,35	0,1
SO ₄ ²⁻	111,2	168,3	356,4	5,5	0,323	0,11	2,0	354,3	531,2	0,041
CrO ₄ ²⁻	637,6	612,1	1116	0,025	0,335	1,2	3,4	730	—	0,42
C ₂ O ₄ ²⁻	303,7	33,4	72,2	0,035	0,085	0,046	0,356	0,3	0,3	0,315
CO ₃ ²⁻	1080	193,9	13	0,03	0,023	0,011	0,013	1	0,04	0,31

П р и м і т к а. Наведено масу речовини в грамах, яка за температури 18 °C може розчинитися в 1 л води й утворити насичений розчин.

11 . Взаємозв'язок між концентрацією іонів Гідрогену, величиною водневого показника і реакцією розчину



[H⁺] = 10⁻⁷ моль/л, рН = 7 (рОН = 7) — нейтральний розчин;

[H⁺] > 10⁻⁷ моль/л, рН < 7 (рОН > 7) — кислий розчин;

[H⁺] < 10⁻⁷ моль/л, рН > 7 (рОН < 7) — лужний розчин.

12 Інтервали переходу забарвлення деяких індикаторів

Індикатор	Водневий показник рН														
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Лакмус	Червоний						Інтервал переходу 6,0—8,0		Синій						
Метилловий оранжевий	Червоний			Інтервал переходу 3,1—4,4		Жовтий									
Фенолфталеїн	Безбарвний								Інтервал переходу 8,2—10,0		Малиновий				

13 Класифікація природних вод за твердістю

Вода	Загальна твердість T , ммоль-екв/л
М'яка	До 2
Середньої твердості	2—10
Тверда	Понад 10

15 Класифікація ґрунтів за величиною рН ґрунтового розчину

14. Оптимальні діапазони рН ґрунту для вирощування різних сільськогосподарських культур

Культура	Діапазон рН
Картопля	4,8—5,7
Жито	5,0—6,0
Ріпа	5,8—6,8
Ячмінь	7,0—7,5
Цукровий буряк	7,0—7,5
Пшениця	6,5—7,5

Ґрунти	Діапазон рН
Сильнокислі	3...4
Кислі	4...5
Слабокислі	5...6
Нейтральні	6...7
Слабколужні	7...8
Лужні	8...9
Сильнолужні	9...11

16 Кислотність деяких біологічних систем та інших розчинів

Система (розчин)	Водневий показник pH	Реакція середовища
Розчин хлоридної кислоти ($C(HCl) = 1$ моль/л)	0	Сильнокисла
Шлунковий сік	1,0—1,8	»
Лимонний сік	2,1	»
Апельсиновий сік	2,6—4,4	Сильнокисла – слабкокисла
Яблучний сік	2,5—3,7	Сильнокисла – помірно кисла
Столовий оцет	3,0	Помірно кисла
Вино	3,5	Те саме
Щавель	3,74	»
Торф'яна вода	4,0	»
Томатний сік	4,1	Слабкокисла
Сеча	4,8—7,5	Слабкокисла – слабколужна
Чорна кава	5,0	Слабкокисла
Редька	5,3	»
Картопля	5,9	»
Піт	6,0	»
Шкіра	6,2—7,5	Слабкокисла – слабколужна
Печінка	6,4—7,4	Те саме
Дощова вода	6,5	Слабкокисла
Молоко	6,6—6,9	»
Слина	6,35—6,85	»
Чиста вода (24 °C)	7,0	Нейтральна
Спинний мозок	7,35—7,45	Слабколужна
Плазма крові	7,35—7,45	»

Система (розчин)	Водневий показник pH	Реакція середовища
Сльози	7,4	Слабколужна
Лімфа	7,4	»
Жовч у протоках	7,4—8,5	»
Водопровідна вода	7,5	»
Білок курячого яйця	8,0	»
Морська вода	8,0	»
Розчин питної соди	8,5	»
Вапняна вода	10,5	Помірно лужна
Нашатирний спирт	11,9	Сильнолужна
Розчин гідроксиду натрію ($C(NaOH) = 1$ моль/л)	14,0	»

17 Зміна забарвлення індикаторного паперу

Індикаторний папір	Забарвлення в середовищі	
	кислому	лужному
Лакмусовий синій	Червоне	Синє
Лакмусовий червоний	Червоне	Синє
Метилоранжевий	Червоне	Жовте
Фенолфталеїновий	Безбарвне	Малинове

18 Зміна забарвлення жовтого універсального індикаторного паперу залежно від рН розчину

Водневий показник рН	Забарвлення
1	Червоне
2	Рожево-червоне
3	Інтенсивно оранжеве
4	Світло-оранжеве
5	Світло-жовте
6	Темно-жовте
7	Салатове
8	Зелене
9	Синьо-зелене
10	Синє

19 Склад окремих видів палива (усереднені дані)

Вид палива	Склад горючої маси, %				Волога, %	Зола, %
	С	Н	О + N	S		
Кам'яне вугілля Донбасу	82,0	5,0	13,0	2—6	3—8	14,5
Буре вугілля	70,0	5,5	24,5	2—3	50	4,0
Горючі сланці	75,0	10,0	15,0	3,5	13,5	50,0
Торф	59,0	6,0	35,0	0,4	25	4,5
Деревина	40—50	6,0	42,0	0,1	30—40	0,4

20 Середній сольовий склад води океанів

Сіль	Формула	Вміст, г/кг води
Хлорид натрію	NaCl	27,2
Хлорид магнію	MgCl ₂	3,8
Сульфат кальцію	CaSO ₄	1,3
Сульфат магнію	MgSO ₄	1,6
Карбонат кальцію	CaCO ₃	0,1
Бромід магнію	MgBr ₂	0,1

21 Типові ступені окиснення деяких елементів

Назва елемента	Хімічний символ	Ступінь окиснення	Приклад сполуки
Алюміній	Al	+3	Al ₂ O ₃
Арсен	As	-3	AsH ₃
		+3	As ₂ O ₃
		+5	H ₃ AsO ₄
Аурум	Au	+1	Au ₂ O
		+3	Au ₂ O ₃
Барій	Ba	+2	BaO
Берилій	Be	+2	BeO
Бор	B	+3	H ₃ BO ₃
Ванадій	V	+2	VO
		+3, +4	V ₂ O ₃ , VO ₂
		+5	V ₂ O ₅
Гідроген	H	-1	NaH
		+1	H ₂ O
Германій	Ge	+2	GeO
		+4	GeO ₂
Іод	I	-1	KI
		+1	KIO
		+3	ICl ₃
		+5	KIO ₃
		+7	KIO ₄
Калій	K	+1	KCl
Кальцій	Ca	+2	CaO
Карбон	C	+2	CO
		+4	CO ₂
Купрум	Cu	+1	Cu ₂ O
		+2	CuO
Літій	Li	+1	LiOH
Магній	Mg	+2	MgO

Назва елемента	Хімічний символ	Ступінь окиснення	Приклад сполуки
Манган	Mn	+2	MnCl ₂
		+3	Mn ₂ O ₃
		+4	MnO ₂
		+6	K ₂ MnO ₄
Натрій	Na	+7	KMnO ₄
Нікол	Ni	+1	NaOH
		+2	NiCl ₂
Нітроген	N	+3	NiCl ₃
		-3	NH ₃
		-2	N ₂ H ₄
		-1	NH ₂ OH
		+1	N ₂ O
		+2	NO
		+3	HNO ₂
		+4	NO ₂
Оксиген	O	+5	HNO ₃
		-2	H ₂ O
Пломбум	Pb	-1	H ₂ O ₂
		+2	OF ₂
Силіцій	Si	+2	PbCl ₂
Сульфур	S	+4	PbO ₂
		-2	SiO ₂
		+4	H ₂ S
Ферум	Fe	+6	SO ₂
		+2	H ₂ SO ₄
		+3	FeCl ₂
Фосфор	P	+6	FeCl ₃
		-3	Na ₂ FeO ₄
Флуор	F	+5	PH ₃
		-1	P ₂ O ₅

Продовження

Назва елемента	Хімічний символ	Ступінь окиснення	Приклад сполуки
Хлор	Cl	-1	NaCl
		+1	NaClO
		+3	NaClO ₂
		+5	KClO ₃
		+7	HClO ₄
Хром	Cr	+2	CrO
		+3	Cr ₂ O ₃
		+6	K ₂ CrO ₄
Цинк	Zn	+2	ZnO

21 Стандартні електродні потенціали E_{298}^0

у водних розчинах
($C_{\text{іон}} = 1 \text{ M}$; всі іони гідратовані)

Електродна реакція			$E_{298}^0, \text{В}$
Окиснений стан	$\text{Li}^+ + \bar{e} = \text{Li}$	Відновлений стан	-3,01
Дуже слабкі окисники	$\text{Rb}^+ + \bar{e} = \text{Rb}$	Дуже сильні відновники	-2,98
	$\text{K}^+ + \bar{e} = \text{K}$		-2,92
	$\text{Ba}^{2+} + 2\bar{e} = \text{Ba}$		-2,90
	$\text{Ca}^{2+} + 2\bar{e} = \text{Ca}$		-2,87
	$\text{Na}^+ + \bar{e} = \text{Na}$		-2,71
	$\text{Ac}^{3+} + 3\bar{e} = \text{Ac}$		-2,60
	$\text{La}^{3+} + 3\bar{e} = \text{La}$		-2,52
	$\text{Ce}^{3+} + 3\bar{e} = \text{Ce}$		-2,48
	$\text{Mg}^{2+} + 2\bar{e} = \text{Mg}$		-2,36
	$\text{Yb}^{3+} + 3\bar{e} = \text{Yb}$		-2,27
	$\text{Sc}^{3+} + 3\bar{e} = \text{Sc}$		-2,08
	$\text{Th}^{4+} + 4\bar{e} = \text{Th}$		-1,90
	$\text{Be}^{2+} + 2\bar{e} = \text{Be}$		-1,85
	$\text{Al}^{3+} + 3\bar{e} = \text{Al}$		-1,66
	$\text{ZnO}_2^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} + 2\bar{e} = \text{Zn} + 4\text{OH}^-$		-1,22
	$\text{Te} + 2\bar{e} = \text{Te}^{2-}$		-1,14
	$\text{SO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O} + 2\bar{e} = \text{SO}_3^{2-} + 2\text{OH}^-$		-0,93
	$2\text{H}_2\text{O} + 2\bar{e} = \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$		-0,83
	$\text{Zn}^{2+} + 2\bar{e} = \text{Zn}$		-0,76
	$\text{As} + 3\text{H}^+ + 3\bar{e} = \text{AsH}_3$		-0,61
	$2\text{SO}_3^{2-} + 3\text{H}_2\text{O} + 4\bar{e} = \text{S}_2\text{O}_3^{2-} + 6\text{OH}^-$		-0,58
	$\text{S}_2\text{O}_6^{2-} + 4\text{H}^+ + 2\bar{e} = 2\text{H}_2\text{SO}_3$		-0,57
	$\text{S} + 2\bar{e} = \text{S}^{2-}$		-0,51
	$\text{Fe}^{2+} + 2\bar{e} = \text{Fe}$		-0,44
	$\text{Cr}^{3+} + \bar{e} = \text{Cr}^{2+}$		-0,41
	$\text{Ti}^+ + \bar{e} = \text{Ti}$		-0,34
	$\text{Co}^{2+} + 2\bar{e} = \text{Co}$		-0,28

Електродна реакція		$E_{298}^0, \text{В}$
$\text{Ni}^{2+} + 2\bar{e} = \text{Ni}$		-0,25
$\text{Sn}^{2+} + 2\bar{e} = \text{Sn}$		-0,14
$\text{CrO}_4^{2-} + 4\text{H}_2\text{O} + 3\bar{e} = \text{Cr}(\text{OH})_3(\text{p}) + 5\text{OH}^-$		-0,13
$\text{Pb}^{2+} + 2\bar{e} = \text{Pb}$		-0,13
$\text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\bar{e} = \text{Mn}(\text{OH})_2(\text{p}) + 2\text{OH}^-$		-0,05
$\text{Hg}_2^{2+} + 2\bar{e} = \text{Hg} + 4\text{I}^-$		-0,04
$\text{H} + \bar{e} = \frac{1}{2}\text{H}_2$		-0,00
$\text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O} + 2\bar{e} = \text{NO}_2^- + 2\text{OH}^-$		0,01
$\text{AgBr} + \bar{e} = \text{Ag} + \text{Br}^-$		0,07
$\text{S}(\text{ромб}) + 2\text{H}^+ + 2\bar{e} = \text{H}_2\text{S}(\text{p})$		0,14
$\text{Cu}^{2+} + \bar{e} = \text{Cu}^+$		0,15
$\text{Sn}^{4+} + 2\bar{e} = \text{Sn}^{2+}$		0,15
$\text{AgCl} + \bar{e} = \text{Ag} + \text{Cl}^-$		0,22
$\text{PbO}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2\bar{e} = \text{PbO} + 2\text{OH}^-$		0,25
$\text{ClO}_3^- + \text{H}_2\text{O} + 2\bar{e} = \text{ClO}_2^- + 2\text{OH}^-$		0,33
$\text{Cu}^{2+} + 2\bar{e} = \text{Cu}$		0,34
$\text{ClO}_4^- + \text{H}_2\text{O} + 2\bar{e} = \text{ClO}_3^- + 2\text{OH}^-$		0,36
$\text{SO}_4^{2-} + 8\text{H}^+ + 6\bar{e} = \text{S} + 4\text{H}_2\text{O}$		0,36
$\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\bar{e} = 4\text{OH}^-$		0,40
$\text{H}_2\text{SO}_3 + 4\text{H}^+ + 4\bar{e} = \text{S} + 3\text{H}_2\text{O}$		0,45
$\text{Cu}^+ + \bar{e} = \text{Cu}$		0,52
$\text{I}_2(\text{к}) + 2\bar{e} = 2\text{I}^-$		0,54
$\text{MnO}_4^- + \bar{e} = \text{MnO}_4^{2-}$		0,54
$\text{MnO}_4^- + 2\text{H}_2\text{O} + 3\bar{e} = \text{MnO}_2 + 4\text{OH}^-$		0,59
$\text{BrO}_3^- + 3\text{H}_2\text{O} + 6\bar{e} = \text{Br}^- + 6\text{OH}^-$		0,61
$\text{ClO}_2^- + \text{H}_2\text{O} + 2\bar{e} = \text{ClO}^- + 2\text{OH}^-$		0,66
$\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\bar{e} = \text{H}_2\text{O}_2$		0,68
$\text{Fe}^{3+} + 2\bar{e} = \text{Fe}^{2+}$		0,77
$\text{Ag}^+ + \bar{e} = \text{Ag}$		0,80

22 Ряд електрохімічних потенціалів металів

Li, K, Ba, Ca, Na, Mg, Al, Mn, Zn, Fe, Cr, Co, Ni, Sn, Pb, H, Cu, Ag, Hg, Pt, Au

Електродна реакція		$E_{298}^0, \text{В}$
$2\text{Hg}^{2+} + 2\bar{e} = [\text{Hg}_2]^{2+}$		0,92
$\text{NO}_3^- + 4\text{H}^+ + 3\bar{e} = \text{NO} + 2\text{H}_2\text{O}$		0,96
$\text{HNO}_2 + \text{H}^+ + \bar{e} = \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$		1,00
$\text{Br}_2(\text{p}) + 2\bar{e} = 2\text{Br}^-$		1,07
$\text{IO}_3^- + 6\text{H}^+ + 5\bar{e} = \frac{1}{2}\text{I}_2(\text{к}) + 3\text{H}_2\text{O}$		1,19
$\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\bar{e} = 2\text{H}_2\text{O}$		1,23
$\text{MnO}_2 + 4\text{H}^+ + 2\bar{e} = \text{Mn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$		1,23
$\text{O}_3(\text{r}) + \text{H}_2\text{O} + 2\bar{e} = \text{O}_2 + 2\text{OH}^-$		1,24
$\text{Ti}^{3+} + 2\bar{e} = \text{Ti}^+$		1,25
$2\text{HNO}_2(\text{p}) + 4\text{H}^+ + 4\bar{e} = \text{N}_2\text{O}(\text{r}) + 3\text{H}_2\text{O}$		1,29
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ + 6\bar{e} = 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$		1,33
$\text{Cl}_2 + 2\bar{e} = 2\text{Cl}^-$		1,36
$\text{Au}^{3+} + 3\bar{e} = \text{Au}$		1,42
$\text{PbO}_2 + 4\text{H}^+ + 2\bar{e} = \text{Pb}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$		1,46
$\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 5\bar{e} = \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$		1,51
$\text{BrO}_3^- + 6\text{H}^+ + 5\bar{e} = \frac{1}{2}\text{Br}_2(\text{p}) + 3\text{H}_2\text{O}$		1,52
$\text{O} + \text{H}_2\text{O} + 2\bar{e} = 2\text{OH}^-$		1,59
$2\text{HClO} + 2\text{H}^+ + 2\bar{e} = 2\text{H}_2\text{O} + \text{Cl}_2$		1,63
$\text{MnO}_4^- + 4\text{H}^+ + 3\bar{e} = \text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$		1,70
$\text{Au}^+ + \bar{e} = \text{Au}$		1,70

23 Густина водних розчинів кислот з різними масовими частками розчиненої речовини і з різними молярними концентраціями

Густина, г/см ³ (T = 20 °C)	HCl		HNO ₃		H ₂ SO ₄	
	масова частка W, %	молярна концентрація C, моль/л	масова частка W, %	молярна концентрація C, моль/л	масова частка W, %	молярна концентрація C, моль/л
1,020	4,388	1,227	3,982	0,6445	3,242	0,3372
1,030	6,433	1,817	5,784	0,9454	4,746	0,4983
1,040	8,490	2,421	7,530	1,243	6,237	0,6613
1,050	10,52	3,029	9,259	1,543	7,704	0,8250
1,060	12,51	3,638	10,97	1,845	9,129	0,9865
1,070	14,50	4,253	12,65	2,148	10,56	1,152
1,080	16,47	4,878	14,31	2,453	11,96	1,317
1,090	18,43	5,510	15,95	2,759	13,36	1,484
1,100	20,39	6,150	17,58	3,068	14,73	1,652
1,110	22,33	6,796	19,19	3,381	16,08	1,820
1,120	24,25	7,449	20,79	3,696	17,43	1,990
1,130	26,20	8,118	22,38	4,012	18,76	2,161
1,140	28,18	8,809	23,94	4,330	20,08	2,334
1,150	30,14	9,505	25,48	4,649	21,38	2,507
1,160	32,14	10,23	27,00	4,970	22,67	2,681
1,170	34,18	10,97	28,51	5,293	23,95	2,857
1,180	36,23	11,73	30,00	5,618	25,21	3,033
1,190	38,32	12,50	31,47	5,943	26,47	3,211
1,200	—	—	32,94	6,273	27,72	3,391
1,220	—	—	35,93	6,956	30,18	3,754
1,240	—	—	39,02	7,679	32,61	4,123
1,260	—	—	42,14	8,426	35,01	4,498
1,280	—	—	45,27	9,195	37,36	4,876
1,300	—	—	48,42	9,990	39,68	5,259
1,320	—	—	51,71	10,83	41,95	5,646
1,340	—	—	53,13	11,72	44,17	6,035

продовження

Густина, г/см ³ (T = 20 °C)	HCl		HNO ₃		H ₂ SO ₄	
	масова частка W, %	молярна концентрація C, моль/л	масова частка W, %	молярна концентрація C, моль/л	масова частка W, %	молярна концентрація C, моль/л
1,360	—	—	58,78	12,68	46,33	6,424
1,380	—	—	62,70	13,73	48,45	6,817
1,400	—	—	66,97	14,88	50,50	7,208
1,450	—	—	—	—	55,45	8,198
1,500	—	—	—	—	60,17	9,202
1,550	—	—	—	—	64,71	10,23
1,600	—	—	—	—	69,09	11,27
1,650	—	—	—	—	73,37	12,34
1,700	—	—	—	—	77,63	13,46
1,750	—	—	—	—	82,09	14,65
1,800	—	—	—	—	87,69	16,09
1,820	—	—	—	—	91,11	16,91
1,835	—	—	—	—	95,72	17,91

24 Густина водних розчинів основ з різними масовими частками розчиненої речовини і з різними молярними концентраціями

Густина, г/см ³ (T = 20 °C)	NaOH		KOH		NH ₃ · H ₂ O	
	масова частка W, %	молярна концентрація C, моль/л	масова частка W, %	молярна концентрація C, моль/л	масова частка W, %	молярна концентрація C, моль/л
0,880	—	—	—	—	34,35	17,75
0,890	—	—	—	—	30,69	16,04
0,900	—	—	—	—	27,33	14,44
0,910	—	—	—	—	24,03	12,84
0,920	—	—	—	—	20,88	11,28
0,930	—	—	—	—	17,85	9,75

Густина, г/см ³ (T = 20 °C)	NaOH		KOH		NH ₃ · H ₂ O	
	масова частка W, %	молярна концентрація C, моль/л	масова частка W, %	молярна концентрація C, моль/л	масова частка W, %	молярна концентрація C, моль/л
0,940	—	—	—	—	14,88	8,21
0,950	—	—	—	—	12,03	6,71
0,960	—	—	—	—	9,34	5,27
0,970	—	—	—	—	6,75	3,84
0,980	—	—	—	—	4,27	2,46
0,990	—	—	—	—	1,89	1,10
1,020	1,94	0,494	2,38	0,434	—	—
1,040	3,75	0,971	4,58	0,848	—	—
1,060	5,56	1,47	6,74	1,27	—	—
1,080	7,38	1,99	8,89	1,71	—	—
1,100	9,19	2,53	11,03	2,16	—	—
1,120	11,01	3,08	13,14	2,62	—	—
1,140	12,83	3,66	15,22	3,09	—	—
1,160	14,64	4,24	17,29	3,58	—	—
1,180	16,44	4,85	19,35	4,07	—	—
1,200	18,26	5,48	21,38	4,57	—	—
1,250	22,82	7,13	26,34	5,87	—	—
1,300	27,41	8,91	31,15	7,22	—	—
1,350	32,10	10,83	35,82	8,62	—	—
1,400	36,99	12,95	40,37	10,07	—	—
1,450	42,07	15,25	44,79	11,58	—	—
1,500	47,33	17,75	49,10	13,13	—	—

25 Твердість води та способи її усунення

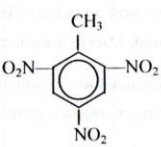
Вид твердості води	Причина твердості	Способи усунення твердості
Карбонатна, або тимчасова, твердість	Наявність гідрокарбонатів кальцію $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ і магнію $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$	1. Кип'ятіння $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \xrightarrow{t} \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O};$ $\text{Ca}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- \xrightarrow{t} \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O};$ $2\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2 \xrightarrow{t} (\text{MgOH})_2\text{CO}_3 \downarrow + 3\text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O};$ $2\text{Mg}^{2+} + 4\text{HCO}_3^- \xrightarrow{t} (\text{MgOH})_2\text{CO}_3 \downarrow + 3\text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O};$ або $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2 \xrightarrow{t} \text{Mg}(\text{OH})_2 \downarrow + 2\text{CO}_2 \uparrow;$ $\text{Mg}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- \xrightarrow{t} \text{Mg}(\text{OH})_2 \downarrow + 2\text{CO}_2 \uparrow$ 2. Додавання гашеного вапна $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 = 2\text{CaCO}_3 \downarrow + 2\text{H}_2\text{O},$ $\text{Ca}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- + \text{Ca}^{2+} + 2\text{OH}^- = 2\text{CaCO}_3 \downarrow + 2\text{H}_2\text{O};$ $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2 + 2\text{Ca}(\text{OH})_2 = 2\text{CaCO}_3 \downarrow + \text{Mg}(\text{OH})_2 \downarrow + 2\text{H}_2\text{O};$ $\text{Mg}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- + 2\text{Ca}^{2+} + 4\text{OH}^- = 2\text{CaCO}_3 \downarrow + \text{Mg}(\text{OH})_2 \downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$

Вид твердості води	Причина твердості	Способи усунення твердості
		3. Додавання гідроксиду натрію $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 + 2\text{NaOH} = \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{H}_2\text{O};$ $\text{Ca}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- + 2\text{Na}^+ + 2\text{OH}^- = \text{CaCO}_3 \downarrow + 2\text{Na}^+ + \text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}_2\text{O};$ $\text{Ca}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- + 2\text{OH}^- = \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}_2\text{O};$ $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2 + 4\text{NaOH} = \text{Mg}(\text{OH})_2 \downarrow + 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{H}_2\text{O};$ $\text{Mg}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- + 4\text{Na}^+ + 4\text{OH}^- = \text{Mg}(\text{OH})_2 \downarrow + 4\text{Na}^+ + 2\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}_2\text{O};$ $\text{Mg}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- + 4\text{OH}^- = \text{Mg}(\text{OH})_2 \downarrow + 2\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$ 4. Додавання соди $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 = \text{CaCO}_3 \downarrow + 2\text{NaHCO}_3;$ $\text{Ca}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- + 2\text{Na}^+ + \text{CO}_3^{2-} = \text{CaCO}_3 \downarrow + 2\text{Na}^+ + 2\text{HCO}_3^-;$ $\text{Ca}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} = \text{CaCO}_3 \downarrow;$ $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 = \text{MgCO}_3 \downarrow + 2\text{NaHCO}_3;$ $\text{Mg}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- + 2\text{Na}^+ + \text{CO}_3^{2-} = \text{MgCO}_3 \downarrow + 2\text{Na}^+ + 2\text{HCO}_3^-;$ $\text{Mg}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} = \text{MgCO}_3 \downarrow$
Некарбонатна, або постійна, твердість	Наявність хлоридів, сульфатів, силікатів, нітратів, фосфатів кальцію і магнію	1. Додавання соди $\text{CaCl}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 = \text{CaCO}_3 \downarrow + 2\text{NaCl};$ $\text{Ca}^{2+} + 2\text{Cl}^- + 2\text{Na}^+ + \text{CO}_3^{2-} = \text{CaCO}_3 \downarrow + 2\text{Na}^+ + 2\text{Cl}^-;$ $\text{Ca}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} = \text{CaCO}_3 \downarrow;$ $\text{MgSO}_4 + \text{Na}_2\text{CO}_3 = \text{MgCO}_3 \downarrow + \text{Na}_2\text{SO}_4;$ $\text{Mg}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{Na}^+ + \text{CO}_3^{2-} = \text{MgCO}_3 \downarrow + 2\text{Na}^+ + \text{SO}_4^{2-};$ $\text{Mg}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} = \text{MgCO}_3 \downarrow$

Вид твердості води	Причина твердості	Способи усунення твердості
		2. Додавання ортофосфату натрію $3\text{CaCl}_2 + 2\text{Na}_3\text{PO}_4 = \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \downarrow + 6\text{NaCl};$ $3\text{Ca}^{2+} + 6\text{Cl}^- + 6\text{Na}^+ + 2\text{PO}_4^{3-} = \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \downarrow + 6\text{Na}^+ + 6\text{Cl}^-;$ $3\text{Ca}^{2+} + 2\text{PO}_4^{3-} = \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \downarrow;$ $3\text{MgSO}_4 + 2\text{Na}_3\text{PO}_4 = \text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2 \downarrow + 3\text{Na}_2\text{SO}_4;$ $3\text{Mg}^{2+} + 3\text{SO}_4^{2-} + 6\text{Na}^+ + 2\text{PO}_4^{3-} = \text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2 \downarrow + 6\text{Na}^+ + 3\text{SO}_4^{2-};$ $3\text{Mg}^{2+} + 2\text{PO}_4^{3-} = \text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2 \downarrow$
Загальна твердість	Зумовлена сумарною концентрацією катіонів Ca^{2+} і Mg^{2+}	1. Одночасне додавання гашеного вапна і соди (вапняно-содовий спосіб) 2. Дистилляція (перегонка) 3. Іонний обмін або катіонування Зм'якшення води $\text{Na}_2\text{R} + \text{Ca}^{2+} \xrightleftharpoons{\text{Регенерація пермутиту}} \text{CaR} + 2\text{Na}^+$ Пермутит $\text{Na}_2\text{R} + \text{Mg}^{2+} \xrightleftharpoons{\text{Регенерація пермутиту}} \text{MgR} + 2\text{Na}^+$

26 Поширені (тривіальні) назви деяких речовин

Поширена назва	Формула	Хімічна назва
Алюмінієвий галун	$\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	Додекагідрат сульфату калію-алюмінію
Берлінська лазур	$\text{KFe}[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	Гексаціаноферат(II) феруму(III)-калію
Бертолетова сіль	KClO_3	Хлорат калію
Білий миш'як	As_2O_3	Оксид арсену(III)
Біла сажа, силікагель, пісок	SiO_2	Оксид силіцію(IV)
Білило свинцеве	$2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$	Основний карбонат плюмбуму(II)
Білило титанове	TiO_2	Оксид титану(IV)
Білило цинкове	ZnO	Оксид цинку
Бордоська рідина	$\text{CuSO}_4 (0,5...1 \%) + \text{Ca}(\text{OH})_2 (0,5...1 \%)$	Суміш сульфату купруму(II) і гідроксиду кальцію
Бура	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	Декагідрат тетраборату натрію
Веселильний газ	N_2O	Оксид нітрогену(I)
Винний спирт	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	Етиловий спирт

Поширена назва	Формула	Хімічна назва
Сіль Мора	$\text{FeSO}_4 \cdot (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Гексагідрат сульфату феруму(II)-амонію
Сода		
кальцинована (білизняна)	Na_2CO_3	Карбонат натрію
каустична (каустик)	$\text{NaOH} (92-97 \%)$	Безводний гідроксид натрію
кристалічна	$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	Декагідрат карбонату натрію
питна (харчова)	NaHCO_3	Гідрокарбонат натрію
Солодовий цукор	$\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$	Мальтоза
Сулема	HgCl_2	Хлорид меркурію(II)
Сурик свинцевий	$2\text{PbO} \cdot \text{PbO}_2$	Подвійний оксид плюмбуму(II), (IV)
Сурм'яне масло	SbCl_3	Хлорид стибію(III)
Сухий лід	CO_2	Оксид карбону(IV)
Тефлон	$[-\text{CF}_2-\text{CF}_2-]_n$	Політетрафторетилен
Тол, тротил		Тринітротолуол
Фосфоритне борошно	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	Ортофосфат кальцію
Фреон-12	CCl_2F_2	Дифтордихлорметан
Фруктовий цукор	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	Фруктоза
Царська водка	$\text{HNO}_3 + 3\text{HCl}$	Суміш 1 об'єму концентрованої нітратної і 3 об'ємів концентрованої хлоридної кислоти
Червона кров'яна сіль	$\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	Гексаціаноферат(III) калію

Поширена назва	Формула	Хімічна назва
Виноградний цукор	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	Глюкоза
Гашене вапно	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	Гідроксид кальцію
Глауберова сіль	$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	Декагідрат сульфату натрію
Гіпс	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Дигідрат сульфату кальцію
Гірка сіль	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Гептагідрат сульфату магнію
Деревний спирт	CH_3OH	Метиловий спирт
Жовта кров'яна сіль	$\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	Гексаціаноферат(II) калію
Залізна окалина	$\text{Fe}_3\text{O}_4 (\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3)$	Подвійний оксид феруму(II), (III)
Кіновар	HgS	Сульфід меркурію(II)
Купорос		
залізний	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Гептагідрат сульфату феруму(II)
мідний	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	Пентагідрат сульфату купруму(II)
цинковий	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Гептагідрат сульфату цинку
Купоросне масло	$\text{H}_2\text{SO}_4 (90,5...92,5 \%)$	Концентрована сульфатна кислота
Ляпіс	$\text{AgNO}_3 + 2\text{KNO}_3$	Сплав нітрату аргентуму і нітрату калію
Льодяна оцтова кислота	$\text{CH}_3\text{COOH} (100 \%)$	Оцтова кислота (тверда)
Марганцівка	KMnO_4	Перманганат калію
Мармур, крейда, вапняк	CaCO_3	Карбонат кальцію
Молочний цукор	$\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$	Лактоза
Наждак, рубін, глинозем	Al_2O_3	Оксид алюмінію
Нашатир	NH_4Cl	Хлорид амонію

Поширена назва	Формула	Хімічна назва
Нашатирний спирт	NH_4OH	Гідроксид амонію
Негашене вапно	CaO	Оксид кальцію
Олеум	$\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot n\text{SO}_3 (18,5-60 \%)$	Розчин оксиду сульфуру(VI) у безводній сульфатній кислоті
Олов'яна сіль	$\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Дигідрат хлориду стануму(II)
Олов'яне масло	SnCl_4	Хлорид стануму(IV) (безводний)
Охра	$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2$	Природний пігмент гідроксиду феруму(III) з домішками алюмосилікатів
Пергідроль	$\text{H}_2\text{O}_2 (27-31 \%)$	Пероксид гідрогену
Піроксилін	$[\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2(\text{ONO}_2)_3]_x (12,5-13,9 \%)$	Нітроцелюлоза
Плавикова кислота	HF	Фторидна кислота
Поташ	K_2CO_3	Карбонат калію
Преципітат	$\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Дигідрат гідрофосфату кальцію
Сажа	C	Вуглець
Свинцевий оцет	$\text{Pb}(\text{OH})(\text{CH}_3\text{COO})$	Гідроксоацетат плюмбуму(II)
Селітра		
амонійна	NH_4NO_3	Нітрат амонію
калійна (індійська)	KNO_3	Нітрат калію
кальцівка	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	Нітрат кальцію
натрієва (чилійська)	NaNO_3	Нітрат натрію
норвезька	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$	Кристалогідрат нітрату кальцію
Сильвініт	$\text{KCl} + \text{NaCl}$	Суміш хлоридів калію і натрію

27. Біогенні хімічні елементи

Назва та символ елемента	Масова частка елемента, кг, в організмі людини масою 60 кг	Роль елемента в організмі людини
Оксиген O	37,2	Входить до складу білків, вітамінів, гормонів, ферментів, води, жирів тощо. Бере участь в усіх біохімічних процесах, усіх видах обміну речовин. У білках 21,5—23,5 %
Карбон C	12,6	Входить до складу білків, жирів, вуглеводів, вітамінів, гормонів, ферментів тощо. Основа всіх органічних сполук. У білках 50,6—54,5 %
Гідроген H	6	Входить до складу всіх органічних сполук і води. У білках 6,5—7,3 %
Нітроген N	1,8	Входить до складу білків, нуклеїнових кислот тощо. У білках 15—17,6 %
Кальцій Ca	1,2	Основний компонент кісток і зубів, міститься у кожній клітині
Фосфор P	0,66	Входить до складу білків, нуклеїнових кислот тощо. Міститься у кістках і зубах
Калій K	0,21	Основний внутрішньоклітинний іон. Міститься у печінці, нирках, серці, мозку, крові
Сульфур S	0,15	Входить до складу білків, вітамінів тощо (волося, кістки, нервова тканина)
Хлор Cl	0,095	Міститься у шлунковому соку (у вигляді хлоридної кислоти). Бере участь в утворенні глікогену печінки, кровотворенні, водно-сольовому обміні
Натрій Na	0,09	Основний позаклітинний іон. Міститься у плазмі крові, лімфі, травних соках
Ферум Fe	0,004	Міститься в гемоглобіні, бере участь у процесах окиснення-відновлення

28 Хімічний склад і енергетична цінність харчових продуктів (на 100 г)

Харчовий продукт	Енергетична цінність, ккал/кДж	Вода, г	Білки, г	Жири, г	Сахариди, г	Кальцій, мг	Магній, мг	Фосфор, мг	Ферум, мг
Масло вершкове	734/3071	12,0	0,4	78,5	0,5	12	2	5	0
Шоколад	428/1790	1,6	5,3	22,2	63,4	92	48	455	2,7
Цукор	390/1632	0,2	0	0	95,5	0	0	0	0
Макарони	336/1406	11,9	9,3	0,8	70,9	34	33	93	1,5
Сир твердий	313/1310	34,6	20,9	23,6	2,0	684	12	525	0,1
Сметана	284/1188	67,7	2,1	28,2	3,1	86	10	68	0,1
Хліб білий	240/1004	33,7	6,0	0,7	52,9	20	31	98	1,8
Хліб житній	214/895	43,6	5,2	1,2	44,3	29	73	200	2
Морозиво вершкове	206/862	59,8	3,9	12,1	21,3	122	14	105	0,1
Сир знежирений	141/590	72,5	12,9	8,5	3,3	164	15	151	0,1
Яйця	127/531	73,7	9,0	9,7	0,3	39	10	104	2,1
М'ясо пісне	122/510	75,0	12,0	7,8	0	10	16	153	2,4
Печінка	102/427	71,6	16,0	4,7	2,8	17	20	315	15,2
Молоко	62/259	87,3	3,0	3,5	4,5	120	14	95	0,1
Картопля (взимку)	62/259	70,2	1,2	0,2	14,0	8	17	38	0,9
Риба тріска	50/209	79,2	11,6	0,3	0	11	13	111	0,5
Яблука	42/176	84,4	0,3	0	10,1	16	9	11	2,2
Буряк	35/146	85,7	0,8	0,3	7,7	22	22	34	1,1
Морква	27/113	86,8	0,9	0,3	5,7	43	21	39	0,8
Капуста	22/92	90,1	1,2	0,2	4,1	38	12	25	0,9
Гарбуз	18/75	91,1	0,3	0,2	4,2	17	10	11	1,7
Томати	15/63	93,4	0,4	0,2	3,4	10	9	22	1,2

29 Склад окремих видів палива (усереднені дані)

Вид палива	Склад горючої маси, %				Волога, %	Зола, %
	C	H	O + N	S		
Кам'яне вугілля Донбасу	82,0	5,0	13,0	2—6	3—8	14,5
Буре вугілля	70,0	5,5	24,5	2—3	50	4,0
Горючі сланці	75,0	10,0	15,0	3,5	13,5	50,0
Торф	59,0	6,0	35,0	0,4	25	4,5
Деревина	40—50	6,0	42,0	0,1	30—40	0,4

31 Фізичні константи

Константа	Позначення	Значення
Швидкість світла у вакуумі	c	299 792 458 м/с
Елементарний заряд	e	$1,6021892 \cdot 10^{-19}$ Кл
Число Авогадро	N_A	$6,022045 \cdot 10^{23}$ моль ⁻¹
Маса спокою електрона	m_e	$9,109534 \cdot 10^{-31}$ кг
Маса спокою протона	m_p	$1,6726485 \cdot 10^{-27}$ кг
Стала Планка	h	$6,626176 \cdot 10^{-34}$ Дж · с
Атомна одиниця маси $\frac{1}{12} (^{12}\text{C})$	а. о. м.	$1,6605402 \cdot 10^{-27}$ кг
Молярний об'єм ідеального газу за звичайних умов ($T = 273,15$ К, $P = 101,325$ кПа)	V_m	22,41410 л/моль

30 Позначення кратних і часткових одиниць

Назва числа	Множник	Найменування множника	Позначення	
			українське	міжнародне
Трильйон	10^{12}	тера	Т	T
Мільярд	10^9	гіга	Г	G
Мільйон	10^6	мега	М	M
Тисяча	10^3	кіло	к	k
Сто	10^2	гекто	г	h
Десять	10	дека	да	da
Десята частка	10^{-1}	деци	д	d
Сота	10^{-2}	санти	с	c
Тисячна	10^{-3}	мілі	м	m
Мільйонна	10^{-6}	мікро	мк	μ
Мільярдна	10^{-9}	нано	н	n
Трильйонна	10^{-12}	піко	п	p

32 Природні і штучні силікати

Силікат	Формула	Добування	Застосування
Силікатні мінерали			
Польові шпати	$K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$		Становлять 60 % маси всіх мінералів земної кори
Глини	$Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$		Виготовлення будівельних матеріалів, порцелянових виробів
Слюди	$K_2O \cdot 3Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 \cdot 2H_2O$		Виготовлення електроізоляційних покриттів, жароміцного скла
Тальк	$Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ $3MgO \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$		Виготовлення мастильних засобів (проти злипання), косметичних засобів, наповнювачів для паперу, носіїв для пестицидів
Азбест	$3MgO \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$		Виготовлення термо- і вогнетривких виробів
Штучні силікати			
Скло	$Na_2O \cdot CaO \cdot 6SiO_2$	Сплавляння кварцового піску, соди і вапняку	Виготовлення віконного скла, посуду, оптичних приладів
Розчинне скло	Na_2SiO_3	Сплавляння кварцового піску, соди і поташу	Виготовлення клею, вогнетривких матеріалів, будівельних матеріалів
Силікатна кераміка	$2SiO_2 \cdot 3Al_2O_3$	Випалювання глини іноді з кварцовим піском і польовим шпатом	Виготовлення цегли, гончарних виробів, сантехнічних виробів, облицювальних плиток, порцеляни, фарфору
Цемент	$2CaO \cdot Al_2O_3 \cdot SiO_2$	Спікання вапняку і глини	Виготовлення будівельних матеріалів (портландцемент, шлакоцемент, бетон)

33 Відносні молекулярні маси (округлені) деяких неорганічних речовин

Катіон Аніон	H ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Na ⁺	Ag ⁺	Ba ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Zn ²⁺	Mn ²⁺	Cu ²⁺	Pb ²⁺	Hg ²⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Al ³⁺	Cr ³⁺
O ²⁻	18	—	94	62	232	153	56	40	81	71	80	223	217	72	160	102	152
OH ⁻	18	35	56	40	—	171	74	58	99	89	98	241	—	90	107	78	103
Cl ⁻	36,5	53,5	74,5	58,5	143,5	208	111	95	136	126	135	278	272	127	162,5	133,5	158,5
Br ⁻	81	98	119	103	188	297	200	184	225	215	224	367	361	216	296	267	292
I ⁻	128	145	166	150	235	391	294	278	319	309	—	461	455	310	—	408	433
S ²⁻	34	68	110	78	248	169	72	56	97	87	96	239	233	88	208	150	200
NO ₃ ²⁻	63	80	101	85	170	261	164	148	189	179	188	331	325	180	242	213	238
SO ₃ ²⁻	82	116	158	126	296	217	120	104	145	135	—	287	281	136	—	—	—
SO ₄ ²⁻	98	132	174	142	312	233	136	120	161	151	160	303	297	152	400	342	392
CO ₃ ²⁻	62	96	138	106	276	197	100	84	125	115	124	267	—	116	—	—	—
SiO ₃ ²⁻	78	112	154	122	292	213	116	100	141	131	140	283	277	132	—	—	—
PO ₄ ³⁻	98	149	212	164	419	601	310	262	385	355	382	811	793	358	151	122	147
CH ₃ COO ⁻	60	77	98	82	167	255	158	142	183	173	182	325	319	174	—	204	229

34 Вміст вітамінів у харчових продуктах

Вітамін	Хімічна назва	Продукти	Наслідки авітамінозу
A	Ретинол	Риб'ячий жир, печінка, яйця, молоко, вершкове масло, овочі	Куряча сліпота
B ₁	Тіамін або аневрин	Дріжджі, пісне м'ясо, пшеничне борошно, рисові висівки	Бері-бері
B ₂	Рибофлавін	Дріжджі, печінка, нирки, сир, пшеничні кільчики	Ураження шкіри, очей і слизових оболонок
B ₃	Пантотенова кислота	Дріжджі, печінка, яєчний жовток, бобові, гриби, земляні горіхи	Припинення росту, запалення шкіри (дерматит)
B ₄	Холін	Яєчний жовток, мозок, бобові, печінка, пшеничні кільчики	Розлад функцій печінки
B ₅ (PP)	Нікотинова кислота	Дріжджі, печінка, пісне м'ясо, риба, гриби, рисові висівки, хліб	Пелагра
B ₆	Піридоксин	Дріжджі, рисові висівки, печінка, пшеничні кільчики, картопля	Недокрів'я (анемія), дерматит, припинення росту
B ₁₀ (B ₁₁ , M)	Фолієва кислота	Дріжджі, печінка, молоко, овочі	Недокрів'я
B ₁₁ , B ₁₂	Кобаламіни	Печінка, м'ясо, молоко	Злоякісне недокрів'я
B ₁₅	Пангамова кислота	Печінка, дріжджі, кров, зернові висівки	Невідомі
C	Аскорбінова кислота	Свіжі фрукти й овочі, особливо лимони, апельсини, чорна смородина, томати, плоди шипшини, ківі	Цинга
D	Кальцифери	Дріжджі, печінка тріски, яйця; утворюється у шкірі під час перебування на сонці	Рахіт
E	Токоферол	Неочищені зернові продукти, зелень, олія, насіння яблук	Невідомі

Вітамін	Хімічна назва	Продукти	Наслідки авітамінозу
F	Ненасичені жирні кислоти	Насіння льону, підшлункова залоза забійної худоби	Розлад ліпідного обміну речовин
H	Біотин	Дріжджі, печінка, молоко, яєчний жовток, земляні горіхи, шоколад, овочі, зерно, гриби	Запалення шкіри, втрата апетиту, стомлюваність, біль у м'язах
K	Філохінон	Риба, зелень, печінка	Кровотечі
P	Цитрин	Овочі, фрукти, ягоди	Розлад функції капілярів

34 Мінеральний склад земної кори

Мінерал	Вміст, %	Мінерал	Вміст, %
Польові шпати	55	Кальцит	1,5
Силікати	15	Фосфати	0,75
Кварц і його різновиди	12	Хлоровмісні сполуки	0,30
Слюди	3	Флуоровмісні сполуки	0,20
Оксиди феруму	3	Доломіт	0,10
Вода	9	Інші (глини, сульфіді тощо)	0,15

35 Середній сольовий склад води океанів

Сіль	Формула	Вміст, г/кг води
Хлорид натрію	NaCl	27,2
Хлорид магнію	MgCl ₂	3,8
Сульфат кальцію	CaSO ₄	1,3
Сульфат магнію	MgSO ₄	1,6
Карбонат кальцію	CaCO ₃	0,1
Бромід магнію	MgBr ₂	0,1

36 Основні і похідні одиниці СІ

Величина	Позначення	Одиниця			Зв'язок з іншими одиницями
		Назва	Позначення		
			українське	міжнародне	
Основні одиниці					
Довжина	<i>l</i>	метр	м	m	0 °C відповідає 273 °K
Маса	<i>m</i>	кілограм	кг	kg	
Час	<i>t</i>	секунда	с	s	
Сила струму	<i>I</i>	ампер	А	A	
Термодинамічна температура	<i>T</i>	кельвін	К	K	
Сила світла	<i>J</i>	кандела	кд	cd	
Кількість речовини	<i>v</i>	моль	моль	mol	

Величина	По- зна- чення	Одиниця			Зв'язок з інши- ми оди- ницями
		Назва	Позначення		
			українське	міжнародне	
Похідні одиниці					
Температу- ра Цельсія	<i>T, t</i>	градус Цельсія	°C	°C	
Кількість теплоти	<i>Q</i>	джоуль	Дж	J	
Ентальпія (теплота хімічної реакції)	<i>ΔH</i>	джоуль	Дж	J	
Молярна маса	<i>M</i>	кілограм на моль	кг/моль	kg/mol	$M = \frac{m}{\nu}$
Молярний об'єм	<i>V_m</i>	грам на моль кубічний метр на моль	г/моль м³/моль	g/mol m³/mol	$V_m = \frac{V}{\nu}$
Молярна концентра- ція	<i>C</i>	літр на моль моль на кубічний метр	л/моль моль/м³	l/mol mol/m³	
Швидкість хімічної реакції	<i>ν</i>	моль на літр кубічний метр за секунду	моль/л моль/(м³ · с)	mol/l mol/(m³ · s)	$\nu = \frac{\Delta c}{\Delta t}$
Густина	<i>ρ</i>	кілограм на кубічний метр грам на кубічний сантиметр грам на літр	кг/м³ г/см³ г/л г/мл	kg/m³ g/cm³ g/l g/ml	$\rho = \frac{m}{V}$
Тиск	<i>P</i>	паскаль	Па	Pa	
Електрич- ний заряд	<i>q</i>	кулон	Кл	C	
Об'єм	<i>V</i>	кубічний метр	м³	m³	$V = \frac{m}{\rho}$
Відносна густина газів	<i>D</i>	—	—	—	$D = \frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{Mr_1}{Mr_2}$

37 Позначення кратних і часткових одиниць

Назва числа	Множник	Найменування множника	Позначення	
			українське	міжнародне
Трильйон	10^{12}	тера	Т	T
Мільярд	10^9	гіга	Г	G
Мільйон	10^6	мега	М	M
Тисяча	10^3	кіло	к	k
Сто	10^2	гекто	г	h
Десять	10	дека	да	da
Десята частка	10^{-1}	деци	д	d
Сота	10^{-2}	санти	с	c
Тисячна	10^{-3}	мілі	м	m
Мільйонна	10^{-6}	мікро	мк	μ
Мільярдна	10^{-9}	нано	н	n
Трильйонна	10^{-12}	піко	п	p

38 Фізичні константи

Константа	Позначення	Значення
Швидкість світла у вакуумі	c	299 792 458 м/с
Елементарний заряд	e	$1,6021892 \cdot 10^{-19}$ Кл
Число Авогадро	N_A	$6,022045 \cdot 10^{23}$ моль ⁻¹
Маса спокою електрона	m_e	$9,109534 \cdot 10^{-31}$ кг
Маса спокою протона	m_p	$1,6726485 \cdot 10^{-27}$ кг
Стала Планка	h	$6,626176 \cdot 10^{-34}$ Дж · с
Атомна одиниця маси $\frac{1}{12}$ (^{12}C)	а. о. м.	$1,6605402 \cdot 10^{-27}$ кг
Молярний об'єм ідеального газу за звичайних умов ($T = 273,15$ К, $P = 101325$ кПа)	V_m	22,41410 л/моль

39. Спрощена шкала твердості

М'який олівець	1
Ніготь	2—2,5
Червона мідь (стержень)	3—4
Скло	5
Стальний ніж	6
Шматок кварцу чи терпуг	7

40 Шкала твердості Мооса

Назва мінералу	Твердість	Назва мінералу	Твердість
Тальк	1	Польовий шпат	6
Гіпс, кам'яна сіль	2	Кварц	7
Кальцит	3	Топаз	8
Флюорит (плавиковий шпат)	4	Корунд	9
Апатит	5	Алмаз	10

41 Взаємозв'язок фізичних величин у хімії

Величина	Рівняння зв'язку
Маса m	$m = m_0 N_0$, $m = V\rho$, $m = \nu M$, $m = M \frac{V}{V_m}$, $m = M \frac{N_0}{N_A}$, $m = cMV$
Кількість речовини ν	$\nu = \frac{m}{M}$, $\nu = \frac{V}{V_m}$, $\nu = \frac{N_0}{N_A}$, $\nu = \frac{Q}{Q_m}$
Об'єм V	$V = \frac{m}{\rho}$, $V = \nu V_m$, $V = V_m \frac{m}{M}$, $V = V_m \frac{N_0}{N_A}$
Число частинок N_0	$N_0 = \frac{m}{m_0}$, $N_0 = \nu N_A$, $N_0 = N_A \frac{m}{M}$, $N_0 = N_A \frac{V}{V_m}$
Маса частинки m_0	$m_0 = \frac{m}{N_0}$, $m_0 = \frac{M}{N_A}$, $m_0 = Mr \frac{1}{12} m_0(\text{C})$
Молярний об'єм V_m	$V_m = \frac{V}{\nu}$, $V_m = \frac{P}{\rho}$, $V_m = V \frac{M}{m}$, $V_m = V \frac{N_A}{N_0}$
Молярна маса M	$M = \frac{m}{\nu}$, $M = V_m \rho$, $M = m_0 N_A$, $M = m_0 \frac{V_m}{V}$, $M = m_0 \frac{N_A}{N_0}$
Відносна молекулярна маса Mr	$Mr = \frac{m_0}{\frac{1}{12} m_0(\text{C})}$, $Mr = 2D_{\text{H}_2}$, $Mr = 29D_{\text{пов}}$
Відносна густина D	$D = \frac{\rho_1}{\rho_2}$, $D = \frac{Mr_1}{Mr_2}$, $D_{\text{H}_2} = \frac{Mr}{Mr(\text{H}_2)}$, $D_{\text{пов}} = \frac{M}{29}$
Число Авогадро N_A	$N_A = \frac{N_0}{\nu}$, $N_A = \frac{M}{m_0}$, $N_A = N_0 \frac{M}{m}$, $N_A = N_0 \frac{V_m}{V}$
Масова частка речовини в розчині W	$W = \frac{m_{\text{речов.}}}{m_{\text{розч.}}}$, $m_{\text{розч.}} = m_{\text{речов.}} + m_{\text{H}_2\text{O}}$, $m_{\text{розч.}} = V\rho$ $W = \frac{m_{\text{речов.}}}{m_{\text{речов.}} + m_{\text{H}_2\text{O}}}$, $W = \frac{m_{\text{речов.}}}{V\rho}$
Масова частка елемента в речовині W	$W = \frac{m_{\text{елем.}}}{m_{\text{речов.}}}$, $m_{\text{елем.}} = nAr$, $W = \frac{nAr}{Mr}$, $n = \frac{WAr}{Ar}$
Молярна концентрація C	$C = \frac{\nu}{V_{\text{розч.}}}$, $\nu = \frac{m}{M}$, $C = \frac{m}{MV_{\text{розч.}}}$, $V_{\text{розч.}} = \frac{m}{CM}$, $m = CMV_{\text{розч.}}$
Молярна концентрація еквівалента C_e	$C_e = \frac{n}{V_{\text{розч.}}}$, $n[(\frac{1}{z})X] = z\nu(X)$, $C_e = \frac{\nu}{zV_{\text{розч.}}}$, $\nu = \frac{m}{M}$, $C_e = \frac{mz}{MV_{\text{розч.}}}$ (n — кількість речовини еквівалента; z — еквівалентність)

42 Відносні молекулярні маси (округлені) деяких неорганічних речовин

Катіон Аніон	H ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Na ⁺	Ag ⁺	Ba ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Zn ²⁺	Mn ²⁺	Cu ²⁺	Pb ²⁺	Hg ²⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Al ³⁺	Cr ³⁺
O ²⁻	18	—	94	62	232	153	56	40	81	71	80	223	217	72	160	102	152
OH ⁻	18	35	56	40	—	171	74	58	99	89	98	241	—	90	107	78	103
Cl ⁻	36,5	53,5	74,5	58,5	143,5	208	111	95	136	126	135	278	272	127	162,5	133,5	158,5
Br ⁻	81	98	119	103	188	297	200	184	225	215	224	367	361	216	296	267	292
I ⁻	128	145	166	150	235	391	294	278	319	309	—	461	455	310	—	408	433
S ²⁻	34	68	110	78	248	169	72	56	97	87	96	239	233	88	208	150	200
NO ₃ ²⁻	63	80	101	85	170	261	164	148	189	179	188	331	325	180	242	213	238
SO ₃ ²⁻	82	116	158	126	296	217	120	104	145	135	—	287	281	136	—	—	—
SO ₄ ²⁻	98	132	174	142	312	233	136	120	161	151	160	303	297	152	400	342	392
CO ₃ ²⁻	62	96	138	106	276	197	100	84	125	115	124	267	—	116	—	—	—
SiO ₃ ²⁻	78	112	154	122	292	213	116	100	141	131	140	283	277	132	—	—	—
PO ₄ ³⁻	98	149	212	164	419	601	310	262	385	355	382	811	793	358	151	122	147
CH ₃ COO ⁻	60	77	98	82	167	255	158	142	183	173	182	325	319	174	—	204	229

43 Відносні молекулярні маси (округлені) деяких органічних речовин

Органічні речовини	Радикали	-CH ₃ (15)	-C ₂ H ₅ (29)	-C ₃ H ₇ (43)	-C ₄ H ₉ (57)	-C ₅ H ₁₁ (71)	-C ₆ H ₅ (77)
Вуглеводні:							
насичені	H (1)	16	30	44	58	72	78
етиленові	CH ₂ =CH- (27)	42	56	70	84	88	104
ацетиленові	CH≡C- (25)	40	54	68	82	96	102
Галогенопохідні	Cl- (35,5)	50,5	64,5	78,5	92,5	106,5	112,5
вуглеводнів	Br- (80)	95	109	123	137	151	157
	I- (127)	142	156	170	184	198	204
Ароматичні вуглеводні	C ₆ H ₅ - (77)	92	106	120	134	148	154
Спирти і феноли	OH- (17)	32	46	60	74	88	94
Прості ефіри	CH ₃ -O- (31)	46	60	74	88	102	108
	C ₂ H ₅ -O- (45)	60	74	88	102	116	122
Альдегіди	-CHO (29)	44	58	72	86	100	106
Карбонові кислоти	-COOH (45)	60	74	88	102	116	122
Нітросполуки	-NO ₂ (46)	61	75	89	103	117	123
Аміни: первинні	-NH ₂ (16)	31	45	59	73	87	93
вторинні	CH ₃ NH- (30)	45	59	73	87	101	107

П р и м і т к а. В дужках наведені відносні молекулярні маси радикалів.

Література

1. Аналітична хімія: Навч. посібник – О.М. Гайдукевич, В.В. Болотов, Ю.В. Сич та ін. —Х.: Основа. Вид-во НФАУ. 2000-432 с.
2. Аналітична хімія: підручник – Ф.Т. Ясарівський, А.Г. Пятницький -2-е видання, перероблене і доповнене .—К.: Вища школа. 1982 .-544 с.
3. Аналітична хімія: підручник – Д.Д.Луцевич, А.С.Мороз, О.В.Грибальський. —2-е видання, перероблене і доповнене. —К.: Медицина. -2009. -416 с.
4. Алексеев В.Н. Количественный анализ. -М.: Химки, 1977.
5. Васильев В.П. Аналитическая химия: в 2-х ч. —М.: Высш. шк. 1989. —ч. 1.-320 ст.; ч.2.-384 ст.
6. Жаровський Ф.Г. і ін. Аналітична хімія. —К.: Вища школа. -1982. -543с.
7. Ломницька Я.Ф., Чабан Н.Ф., Кузьма Ю.Б. -Лабораторний практикум з аналітичної хімії -Львів: Вид. центр ЛНУ ім. І.Франка, 2002. -225 с.
8. Мідяний С.В., Мицук О.А. Лабораторний практикум з аналітичної хімії (якісний та кількісний аналіз) .-Львів: ЛНАВШ. 2005. -125 с.
9. Мідяний С.В., Мицук О.А. Лабораторний практикум з аналітичної хімії: Навч. посібник. —Львів: ЛНУВМ та БТ, 2010. -256 с.
10. Мідяний С.В., Мицук О.А., Антенишин І.С. Аналітична хімія. Навчальний посібник. —Львів: ЛНУВМ та БТ, 2010. -367с.
11. Основы аналитической химии: в 2 ч. (Под ред. Ю.А.Золотова). -М.: Высш. Шк. 2000. — ч.1 -351 ст.; ч. 2 - 494 ст.
12. Романова Н.В. Основы химического анализа. -К.: Ірпінськ, ВТФ Перун. 1988. - 240 ст.
13. Слюсарська Т.В. Аналітична хімія. Якісний аналіз. Харків: Вид-во ХДПІ. 2004.
14. Скоробагатий А.П. Фізико-хімічні методи аналізу – Л.: Каменяр. 1993. -164 ст.
15. Цитович И.К. Курс аналитической химии. —М.: Высш. Шк., 1985. -271 ст.13.
16. Skoog D.A., West D.M., Holler F.J. Fundamentals of analytical chemistry.-1997.-870 p.
17. <https://studopedia.info/1-111092.html>
18. [repo.knmu.edu.ua/bits team/123456789/.../Тексти %20 лекций. %20 Лекция % 203. doc](http://repo.knmu.edu.ua/bits%20team/123456789/.../Тексти%20лекций.%20Лекция%203.doc) (автор Л.В. Лук'янова -2014.
19. https://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_colier/5792/МЕсцБа_УЭРА.