Український державний університет імені Михайла Драгоманова

Природничий факультет

Кафедра хімії та екології

Волошина Н.О.

МЕТОДИ ВИВЧЕННЯ ОБ'ЄКТІВ ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

Практикум

для здобувачів вищої освіти зі спеціальності Е2 Екологія

Київ-2026

УДК 504.064:57.08(075.8)

Волошина Н.О. Методи вивчення об’єктів природного середовища. Практикум для здобувачів вищої освіти зі спеціальності Е2 Екологія. – К.: УДУ ім. Михайла Драгоманова, 2026. – 110 с.

Рекомендовано до друку Вченою радою Українського державного університету імені Михайла Драгоманова протокол № 10 від 19 березня 2026 р.

Рецензенти: **Юрій КАРПЕНКО,** кандидат біологічних наук, доцент, завідувач кафедри екології, географії та природокористування Національного університету «Чернігівський колегіум» імені Т.Г. Шевченка

Алла КУСТОВСЬКА, кандидат біологічних наук, доцент кафедри біології Українського державного університету імені Михайла Драгоманова

Практикум призначений для здобувачів вищої освіти спеціальності Е2 Екологія при вивченні освітнього компоненту «Методи вивчення об’єктів природного середовища» та забезпечення навчальної і виробничої практик. У ньому представлено методи, інструменти та практичні кейси щодо відбору зразків для проведення аналізу, пробопідготовки, кількісного і якісного аналізу для визначення стану довкілля.

© Волошина Н.О.
©УДУ ім. Михайла Драгоманова, 2026

ЗМІСТ

Модуль 1……..	4
Заняття №1. Тема: Методи дослідження об'єктів природного середовища як природнича дисципліна. Класифікація методів…….	5
Заняття №2. Тема: Пробовідбір та підготовка зразків до аналізу……..	9
Заняття №3. Тема: Використання якісного аналізу для визначення стану довкілля…….	20
Заняття №4. Тема: Використання якісного аналізу для визначення стану довкілля…….	31
Заняття №5. Тема: Чутливість аналітичних реакцій……	36
Заняття №6. Визначення деяких елементів за допомогою якісного аналізу……..	39
Заняття № 7. Тема: Якісний аналіз органічних сполук……..	41
Заняття№ 8. Тема: Якісний аналіз органічних сполук…….	46
Модуль 2 ……..	52
Заняття №9. Тема: Кількісний аналіз. Загальна характеристика методів. Гравіметрія……	53
Заняття №10. Тема: Гравіметричний аналіз. Техніка виконання аналізу……...	56
Заняття №11.Тема: Способи вираження концентрацій розчинів…….	63
Заняття №12. Тема: Розрахунки у гравіметричному аналізі……..	65
Заняття №13. Тема: Титриметричний аналіз. Калібровка мірного посуду……..	67
Заняття №14. Тема: Титриметричний аналіз. Розрахунки у титриметричному методі аналізу…….	71
Заняття №15. Тема: Титриметричний аналіз. Визначення твердості води……	74
Модуль 3……..	78
Заняття №16. Тема: Інструментальні методи: оптичні абсорбційні методи ……	79
Заняття №17. Тема: Інструментальні методи: оптичні абсорбційні методи. Фотоколориметрія……	82
Заняття №18.Тема: Інструментальні методи: оптичні методи. Рефрактометрія. Поляриметрія ……	86
Заняття №19. Тема: Оптичні методи. Поляриметрія……	90
Заняття №20. Тема: Інструментальні методи: електрохімічні……	93
Заняття №21. Тема: Інструментальні методи: хроматографія…….	99
Заняття №22. Тема: Інструментальні методи: хроматографія……	102
Список використаних джерел	108

МОДУЛЬ 1.

Загальна характеристика методів вивчення об’єктів природного середовища. Якісний аналіз об’єктів природного середовища

Вивчити:

Тема 1: Методи дослідження об'єктів природного середовища як природнича дисципліна

1. Сутність, об'єкт, предмет і завдання освітнього компоненту
2.Місце й роль дисципліни в екології
3.Загальна характеристика методик дослідження стану навколишнього середовища
4.Методи аналізу об'єктів природного середовища як основа еколого-аналітичного контролю
5.Загальна характеристика методів дослідження за рівнем забруднення середовища
6.Класифікація методів дослідження довкілля та ефективність їх застосування
7.Етапи здійснення аналізу. Загальна схема аналізу.

Тема 2. Пробовідбір та підготовка зразків до дослідження

8.Відбір проб води та підготовка їх до аналітичного дослідження

Вода як об'єкт дослідження. Відбір проб води. Підготовка проб води, їх збереження та консервація

9. Пробовідбір повітря та його підготовка до аналізу

Атмосферне повітря як об'єкт дослідження. Відбір проб повітря. Розрахунки концентрації забруднюючих речовин

10. Відбір проб ґрунту і донних відкладень. Грунт як об'єкт дослідження Відбір проб ґрунту. Підготовка проб ґрунту до аналізу

11. Відбір проб снігу, дощу

12. Відбір проб рослинних зразків

Тема 3. Використання якісного аналізу у дослідженні стану довкілля

13.Способи та умови виконання аналітичних реакцій
14.Посуд та хімічні реактиви
15.Якісний аналіз неорганічних сполук
16. Якісне виявлення складових поверхневих вод
17. Виявлення аніонів у природних водах
18. Якісне визначення складових повітряного середовища
19. Якісне дослідження ґрунту
20. Якісне визначення складу золи рослин
21. Якісне визначення хімічного складу в зразках продуктів харчування (овочах, м'ясних, молочних продуктах)

Завдання для самостійної роботи студентів:

1.Загальна характеристика методик дослідження стану навколишнього середовища
2.Вода як об'єкт дослідження. Відбір проб води. Підготовка проб води, їх збереження та консервація
3.Атмосферне повітря як об'єкт дослідження. Відбір проб повітря.
4.Грунт як об'єкт дослідження Відбір проб ґрунту
5.Якісне виявлення складових поверхневих вод
6. Виявлення аніонів у природних водах
7. Якісне визначення складових повітряного середовища
8. Якісне дослідження ґрунту
9. Якісне визначення складу золи рослин
10. Якісне визначення хімічного складу в зразках продуктів харчування (овочах, м'ясних, молочних продуктах)

Заняття №1

Тема: Методи дослідження об'єктів природного середовища як природнича дисципліна. Класифікація методів

Мета: сформувати у студентів поняття про зміст, предмет і місце дисципліни в галузі природничих наук та професійної підготовки еколога; ознайомитися з класифікацією методик визначення стану навколишнього середовища.

Актуалізація опорних знань здобувачів:

1. Вставте в текст пропущені слова, терміни чи дайте визначення поняття:

1) Джерелом інформації про стан навколишнього природного середовища є визначення …… у ньому чи аналіз їх вмісту.

2) Оцінювання стану навколишнього середовища здійснюється на основі порівняння величин фактичних показників з ……..

3) Найпоширенішим критерієм оцінювання якості компонентів природного середовища є …….. .

4) …….. – це максимально мінімальна концентрація речовини у навколишньому середовищі, що не впливає на організм людини і не призводить до негативних змін в екосистемі.

5) Сукупність процедур і правил, дотримання яких при виконанні вимірювання характеристик, аналізу об'єкту дослідження дає змогу одержати результати потрібної точності складають сутність поняття …… дослідження.

6) Послідовність здійснення операцій, прийомів, вимірювань, яка забезпечує ефективну реалізацію дослідження відповідно обраного методу складає суть поняття …….. .

7) Сукупність способів використання засобів дослідження, вимірювальної техніки на основі принципу вимірювання досліджуваної речовини з метою отримання інформації про неї складає суть поняття …….. .

8) У дослідженнях стану довкілля використовують методи якісного й ……. аналізів довкілля..

9) За допомогою якісного аналізу діагностують наявність певного хімічного елемента, сполуки; …….. – визначають кількість (концентрацію) хімічного елемента, сполуки у довкіллі.

10) Методи аналізу ділять на : ……

11) Перебіг певних хімічних реакцій, характерних для конкретної речовини складає суть ..... методів.

12) Як називають методи, де обов'язково використовуються прилади?

13) Хімічні методи включають гравіметричні, ……. газовий аналіз.

14) Фотоколориметрія належить до групи методів ……аналізу.

15) Кондуктометрія належить до групи методів ..... аналізу.

16) Активаційний аналіз належить до групи методів ……. …. аналізу.

17) Який з методів дозволяє визначити гранично малі кількості домішок?

18) Методи якісного та кількісного аналізу складу проби, що не потребують значних затрат часу, точність яких порівняно невелика і їх оцінюють як оперативні для отримання даних з метою негайного впливу на ситуацію шляхом здійснення певних заходів технологічного чи організаційного характеру складають групу ……..

19) Універсальні методи розділення елементів представляють групу …… аналіз.

20) Величина проби залежить від обраного …….. аналізу.

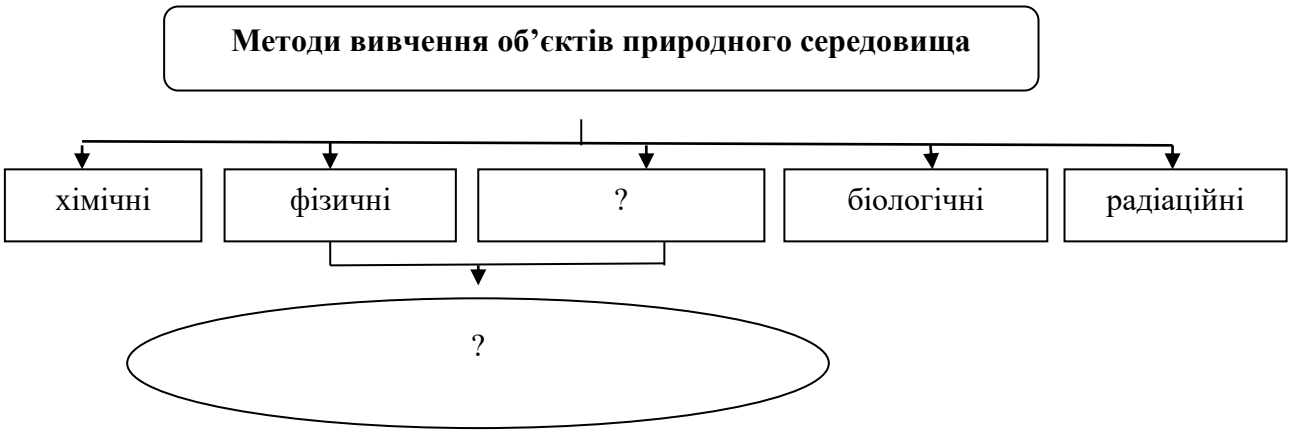
2. Виконайте завдання:

1. Метою курсу “Методи дослідження об’єктів природного середовища” є _____
_____
_____.

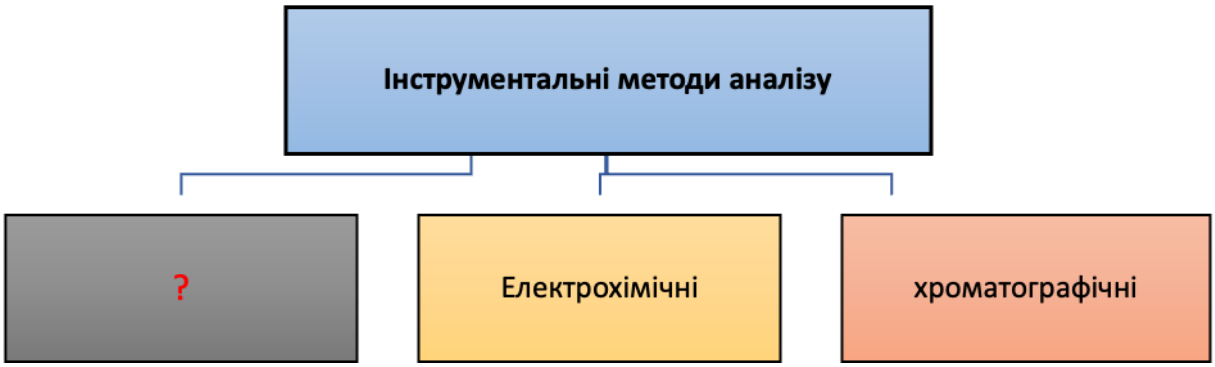
2. Предметом дисципліни “Методи дослідження об’єктів природного середовища” є _____
_____
_____

3. Оцінювання стану навколишнього середовища здійснюється на основі порівняння _____
_____.

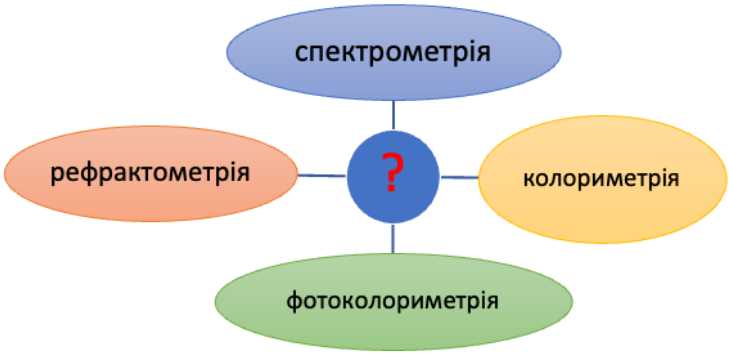
4. Заповніть схему:



5. Заповніть схему:



6. Доповніть схему:



7. Доповніть схему:



Мал. 1. Загальна схема аналізу об’єктів природного середовища

3. Обґрунтуйте й поясніть:

1. Розкрийте сутність та завдання дисципліни.

2. Обґрунтуйте та поясніть роль і значення методів дослідження об’єктів природного середовища в моніторингу довкілля.

3 Назвіть основні етапи аналітичного дослідження об’єктів навколишнього середовища.

4. Охарактеризуйте методики дослідження стану довкілля.

5. Дайте визначення поняттям “метод”, “процедура” дослідження.

6. Охарактеризуйте експресні методи й поясніть доцільність їх використання у дослідженнях.

7. Наведіть порівняльну характеристику методів дослідження стану довкілля.

Заняття №2

Тема: Пробовідбір та підготовка зразків до аналізу

Мета: сформувати у здобувачів вищої освіти поняття про методологію проведення аналізу стану довкілля; ознайомитися з правилами відбору проб компонентів навколишнього середовища у процесі визначення його стану.

Актуалізація опорних знань здобувачів:

1. Вставте в текст пропущені слова, терміни чи дайте визначення поняття:

1) Проба, що надходить на аналіз, повинна відображати …… склад аналізованих матеріалів.

2) Відбір …….. проби переслідує мету одержання відносно невеликої кількості вихідної речовини, де кількісний вміст усіх компонентів повинен дорівнювати їх кількісному вмісту в усій масі досліджуваної речовини.

3) Воду використовувану для господарсько-побутових потреб населення, для потреб підприємств харчової промисловості та комунального господарства називають …….

4) Вода, яка використовується промисловими підприємствами як теплоносій та охолоджуючий агент, технологічний компонент у виробничих цехах тощо називається ……...

5) Спосіб та кількість відбору проби залежить, насамперед, від …… аналізу.

6) Проби води здебільшого відбирають у ретельно промитий скляний посуд (пляшку) ємністю ……. і більше, відповідно до мети аналізу.

7) Відбір проб з великих глибин (озер, водосховищ, ставків, рік) здійснюють за допомогою спеціального приладу …….

8) Відбір проби розрізняють разовий та ……..

9) При потребі надійної, достовірної інформації про хімічний склад досліджуваного об'єкта з врахуванням фактора місця відбору й часу використовується …….. відбір проб.

10) Проби води бувають прості та ……..

11) Проби з колодязів відбирають з ……. частини водяного стовпа.

12) Для здійснення контролю за санітарним станом протікаючої води (струмка, річки) відбирають *усереднену* пробу у місцях найбільш сильної течії, зазвичай у …… точках.

13) У випадку, коли негайно проводити аналіз з певних причин неможливо, вдаються до їх …… .

14) Для ефективного санітарно-хімічного контролю за станом атмосферного повітря, повітря робочої зони проби для аналізу необхідно відбирати у ……..

15) Рекомендовано послідовно відбирати не менше …… проб і визначати вміст досліджуваного компонента як середнє арифметичне значення.

16) Розрізняють контактні, органолептичні, індикаційні та …… методи відбору проб повітря.

17) Найбільш поширений метод відбору проб повітря –…….. : пропускають повітря через поглинальну систему – рідкі поглиначі, тверді сорбенти чи фільтруючі матеріали.

18) Прилади, що використовують при відборі проб атмосферного повітря називаються ……. тощо.

19) Проби атмосферного повітря поділяються на *разові* і…… .

20) Відбір проби ґрунту проводиться за допомогою …… чи …… .

21) Донні відклади відбирають за допомогою спеціальних пристроїв – ……...

22) Визначення маршруту для відбору проб ґрунту залежить від форми ділянки – для чотирикутних форм проходить по ……..

23) Відбір проб ґрунту на ділянках при формі кола здійснюється по ……..

2.Виконайте завдання:

Тема: Відбір проб атмосферного повітря

Насамперед необхідно ознайомитися з приладами і способами відбору проб компонентів біосфери. Запропонований теоретичний матеріал доповнюється здійсненням розрахунків, поданих нижче.

Теоретичні відомості

Для лабораторного дослідження використовується аспіраційний метод відбору проб атмосферного повітря, сутність якого полягає у протягуванні за допомогою водяного аспіратора, вакууму чи електроаспіратора (рис. 1) певного об'єму повітря через елективні поглинаючі розчини, які вміщені в поглинаючі прилади різних конструкцій (рис. 2). Проба повітря через довгу трубку такого приладу надходить в поглинаючий розчин, а потім через коротку трубку витягується аспіратором. Також використовують кристалічні поглинаючі реактиви, які вміщують в трубки – алонжі певної форми (рис. 3).



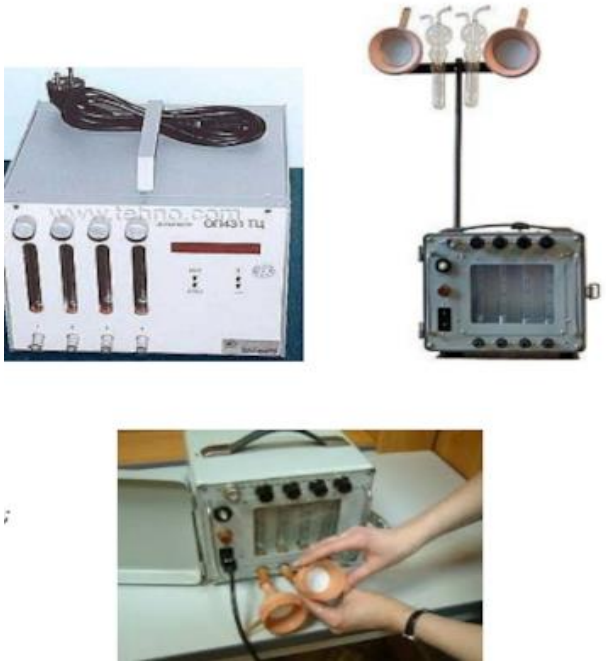


Рис. 1. Електроаспіратор в роботі

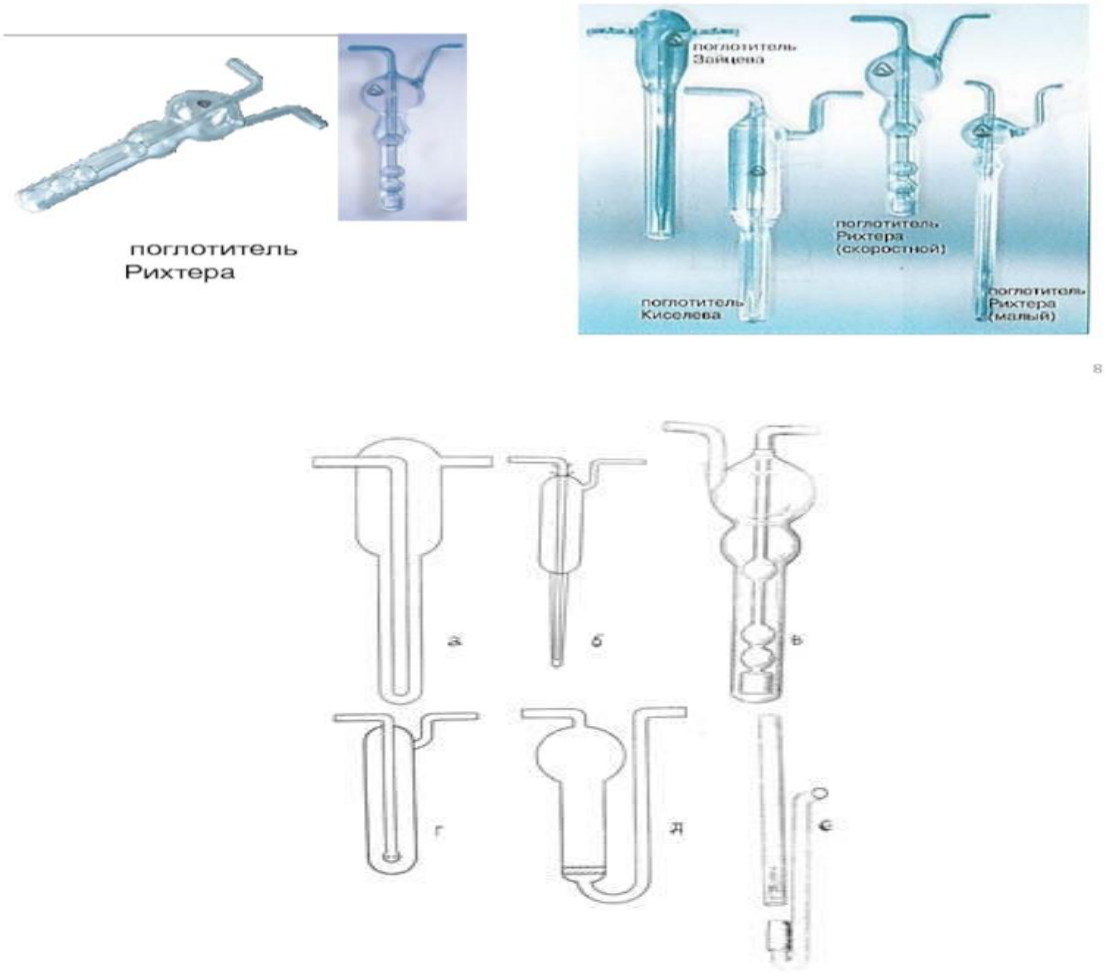


Рис. 2. Поглинаючі прилади для відбору проб атмосферного повітря на аналіз з рідкими розчинами

а – Зайцева;	в – Ріхтера;	д – з пористою пластинкою;
б – Полежаєва;	г – Петрі;	є – з кристалічним реактивів

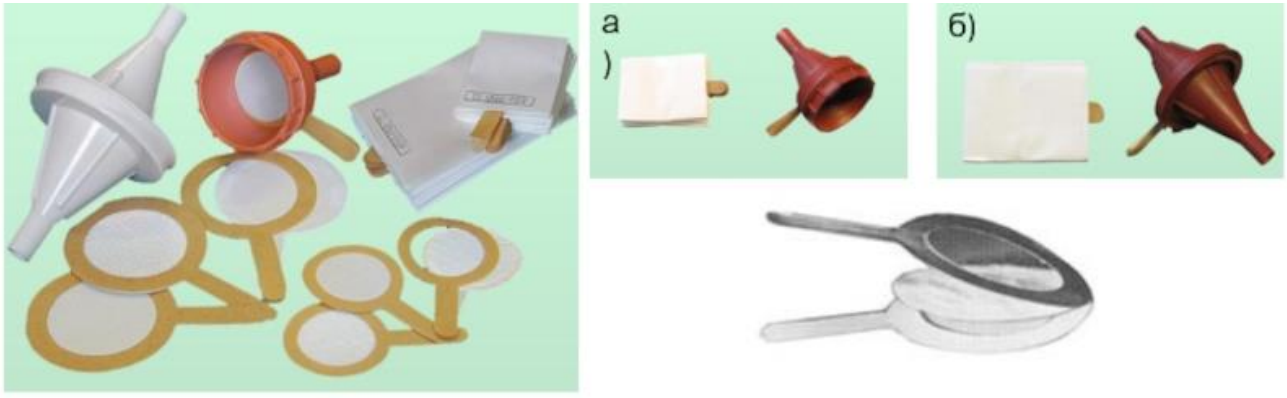


Рис. 3. Алонжі для відбору проб пилу, твердих частинок

Кількість атмосферного повітря, який проходить через поглинаючий розчин чи алонж визначається за допомогою реометра чи кулькового ротаметра. Прилади визначають швидкість аспірації повітря в л/хв. Лічильник чи реометр підключаються послідовно між поглинаючим приладом і аспіратором. Необхідну кількість атмосферного повітря для конкретного хімічного аналізу визначають згідно поданої нижче методики 2.

Проби повітря для лабораторного аналізу можна відбирати також у судини певної ємності, продуваючи їх повітрям досліджуваного приміщення, або методом виливання з судини в цьому приміщенні води. Для цього використовують газові піпетки, сулії та інше.

Для експресних методів використовуються універсальний газоаналізатор УГ-2, газоаналізатор ГМК-3 та інші.

Зокрема використовують індикаторні трубки та абсорбційні трубки (рис. 4).



Рис. 4. Колориметричні індикаторні трубки

Індикаторна колориметрична трубка – це герметично запаяна скляна трубка, заповнена відповідним твердим носієм, обробленим активним агентом. В якості носія реактиву послуговуються порошкоподібними матеріалами: силікагелем, оксидом алюмінію тощо.

За приклад взято індикаторну трубку для експресного визначення наявності двоокису азоту (NO_2) (Рис.5).

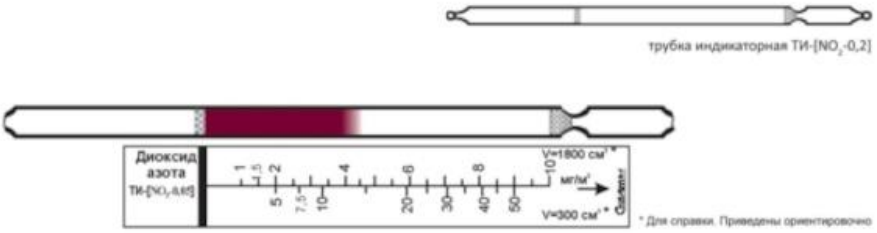


Рис. 5. Індикаторна трубка для визначення двоокису азоту

Опис: визначення наявності двоокису азоту (NO_2);

Зміна кольору: від білого до бордово-коричневого;

Час зміни кольору: від 2 до 20 хвилин;

Принцип перебігу реакції: (NO_2) + о-діанизидин →бордово-коричневе забарвлення продукту реакції.

Ще один приклад індикаторної трубки щодо якісного визначення озону (Рис. 6).

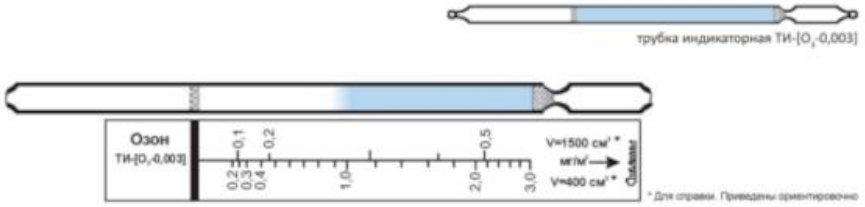


Рис. 6. Індикаторна трубка для визначення озону

Опис: визначення (O_3);

Зміна кольору: від блакитного до білого, без кольору;

Час зміни: від 3 до 12 хвилин;

Принцип перебігу хімічної реакції; O_3 + індиго-кармін →продукт реакції без кольору.

Розрахунок об’єму повітря, необхідного для хімічного аналізу

Мета: на основі поданого теоретичного матеріалу та зразка розрахунку, виконати завдання з розрахунку необхідного об’єму повітря для відбору проб.

1. Зразок задачі «Розрахунок об’єму повітря, необхідного для хімічного аналізу та приведення його до нормальних умов»

Приклад. Розрахувати, який об’єм повітря необхідно відібрати для визначення парів брому, при чутливості методу 0,002 мг. Гранично допустима разова концентрація парів брому у виробничому цеху підприємства 0,5 мг/м^3 або 0,0005 мг/л. Загальний об’єм поглинаючого розчину становить 4 мл, а для аналізу береться 2 мл. Коефіцієнт, який включає частину ГДК, підлягає визначенню, дорівнює 0,5.

Температура повітря в момент відбору проби 20°С, атмосферний тиск 750 мм рт.ст.

Розв'язок

Розрахунок необхідного об'єму повітря виконується за формулою:

$$V_0 = \frac{a \cdot V}{K \cdot C_0 \cdot V_1},$$

де: а – чутливість методу використання (мінімальна кількість речовини в міліграмах, яка визначається);

V – загальний об'єм поглинаючого розчину в мл;

К – загальний коефіцієнт, що відображає частину гранично допустимої концентрації, яка підлягає визначенню (1, $^1/_3$ та інші);

C_o – гранично допустима концентрація речовини в міліграмах на 1 $м^{3;}$

V_1 – об'єм поглинаючого розчину, взятий для аналізу в мілілітрах.

Вирішення: $V_0 = \frac{a \cdot V}{K \cdot C_0 \cdot V_1} = \frac{0{,}002 \cdot 4}{0{,}5 \cdot 0{,}0005 \cdot 2} = \frac{0{,}008}{0{,}0005} = 16$ л.

Приведення взятих об'ємів повітря в літрах до нормальних умов виконується за формулою Гей-Люсака:

$$V_0 = V_t \times \frac{273}{(273 + T)} \times \frac{B}{760},$$

де V_0 – об'єм повітря в літрах приведений до нормальних умов (0^0 С і 760 мм рт. ст.);

V_t – об'єм повітря в літрах, відібраний при даній температурі і барометричному тискові;

273 – коефіцієнт розширення газів;

Т – температура повітря під час відбору проби (^{0} С);

В – атмосферний тиск під час відбору проби, мм рт.ст.

З метою полегшення розрахунків, значення складових формули $\frac{273}{(273 + T)} \times \frac{B}{760}$ знаходять в таблиці 1.

Вирішення:

$$V_o = V_t \times \frac{273}{(273 + T)} \times \frac{B}{760} = 16 \text{ л} \times \frac{273}{(273 + 20)} \times \frac{750}{760} = 16 \times 0{,}932 \times 0{,}987 = 14{,}72 \text{ л}$$

Таблиця 1

Коефіцієнти для приведення об’ємів повітря до нормальних умов

Темпе-ратура	273 (273 + Т)	Барометричний тиск, мм рт. ст.	В 760	Темпе-ратура	273 (273+Т)	Барометричний тиск, мм рт.ст.	В 760
- 4	1,015	741	0,975	16	0,945	761	1,00
- 3	1,011	742	0,976	17	0,941	762	1,00
- 2	1,007	743	0,978	18	0,938	763	1,00
-1	1,004	744	0,979	19	0,935	764	1,00
0	1,000	745	0,980	20	0,932	765	0,00
1	0,996	746	0,982	21	0,929	766	1,00
2	0,993	747	0,983	22	0,925	767	1,00
3	0,989	748	0,984	23	0,922	768	1,0
4	0,983	749	0,986	24	0,919	769	1,0
5	0,982	750	0,987	25	0,916	770	1,0
6	0,979	751	0,988	26	0,913	771	1,0
7	0,975	752	0,989	27	0,910	772	1,0
8	0,972	753	0,991	28	0,907	773	1,0
9	0,968	754	0,992	29	0,904	774	1,0
10	0,965	755	0,993	30	0,901	775	1,0
11	0,961	756	0,995	31	0,898	776	1,0
12	0,958	757	0,996	32	0,895	777	1,0
13	0,955	758	0,997	33	0,892	778	1,0
14	0,951	759	0,999	34	0,889	779	1,0
15	0,948	760	1,000	35	0,886	780	1,0

Завдання 1

Розрахувати об’єм повітря, який необхідно відібрати для визначення парів брому. Чутливість методу 0,001 мг. Гранично допустима разова концентрація парів брому у виробничому цеху підприємства 0,5 мг/м^3 або 0,0005 мг/л. Загальний об’єм поглинаючого розчину становить 4 мл, а для аналізу береться 2 мл. Коефіцієнт, який включає частину ГДК, підлягає визначенню, дорівнює 0,5.

Температура повітря в момент відбору проби 18°С, атмосферний тиск 750 мм рт.ст.

2. Визначення хімічної речовини в повітрі

Вміст хімічної речовини в повітрі розраховують по формулі:

$$X = (a \times V_1) / (V \times V_0) \text{ мг/м}^3,$$

де а – кількість речовини, знайденої в аналізованому об'ємі проби, мкг; V_1 – загальний об'єм проби, см^3; V – об'єм проби, взятий для аналізу, см^3; V_0 –об'єм аспірованого повітря, приведений до нормальних умов, дм^3.

Аспірований об'єм повітря при відборі проб (V_t) приводять до стандартних умов: температурі повітря 20 ^{0}С (0 ^{0}С) і барометричному тиску 760 мм рт.ст. за формулою:

$$V_{20} = V_t (273 + 20) B / (273 + t) 760;$$

$$V_0 = V_t 273 B / (273 + t) 760.$$

Якщо при відборі проб використовують вакуумний спосіб, то приведення об'єму повітря до нормальних умов (V_0) проводять за формулою:

$$V_0 = V_c 273 (B – P) / (273 + t) 760,$$

де V_t – об'єм повітря, який відібраний в виробничих умовах, дм^3; В – атмосферний тиск, мм рт. ст.; t – температура повітря при відборі повітря, ^{0}С; V_c – об'єм посуду, дм^3; Р – залишковий тиск, мм рт.ст.

Завдання 2

В аналізованому об'ємі проби парів брому знайдено 0,5 мкг речовини. Загальний об'єм проби складає 4 см^3. Для аналізу взято 2 см^3 проби. Об'єм повітря, відібраний у виробничому приміщенні складає 20 дм^3.

Температура повітря в момент відбору проби 18°С, атмосферний тиск 750 мм рт.ст

Завдання 3

Нижче подано зразок протоколу відбору проб. Спробуйте його заповнити відповідно дня заняття.

Зразок форми протоколу відбору проби повітря.

Дата обстеження: _____ рік _____ місяць _____ _____число _____

1. Назва підприємства _____

(місце відробу проби)

2. Дослідження повітря на _____

(вказати, що підлягає визначенню)

3. Метеофактори при відборі проби: температура _____°С, відносна вологість атмосферного повітря (за межами приміщення) _____ %, температура _____°С, відносна вологість в місці відбору проби_____ %

4. Робочі операції в період відбору проби _____
5. Характер вентиляції, її дія _____
6. Поглинаючий пристрій, його № _____
7. Відстань пристрою від джерела забруднення _____метрів
8. Час відбору проби: від _____ год _____ хв
   до _____ годин _____хвилин
9. Протягнуто повітря _____літрів.

Швидкість за хвилину _____літрів
10. Ким проведено відбір проби _____
11. Куди направлено пробу для дослідження _____
12. Додаткові відомості _____

Дата _____
Підпис _____

Тема: Відбір проб ґрунту
Теоретичні відомості

Відбір проб ґрунту заснований на таких параметрах:

1. Величина досліджуваної ділянки, з якої відбирають змішаний ґрунтовий зразок (оптимальна площа дорівнює 1 га та відповідає приблизно площі одного орного поля).

2. Кількість ґрунтових проб, необхідних для складання репрезентативної змішаної проби ґрунту (п’ять). Проби відбирають методом “конверту” в межах досліджуваної ділянки.

3. Ключова ділянка – найменша геоморфологічна одиниця ландшафту. Проби відбирають на орному шарі, глибина: 0-20 см; на цілині, луках та пасовищах – глибина 0-5см.

Відбір проб ґрунту проводять з ділянки площею 25 м^2 (5х5) в 3-5 точках по діагоналі з глибини 25 см, а при необхідності 75-200 см. Відібрані з кожного горизонту проби перемішують. Із загальної кількості для подальшої роботи достатньо взяти 1 кг. Для бактеріологічного дослідження ґрунту необхідна кількість проби складає 200-300 г. Проби відбирають в банки з ватними пробками.

Терміни й періодичність відбору проб: рекомендовано здійснювати весною чи восени, до та після внесення добрив (пестицидів). Якщо метою досліджень є встановлення динаміки міграції в системі ґрунт-рослина, то передбачається відбір проб не менше 4-ох раз (фонові проби): перед обробітком, 2 рази в період вегетації рослин та останній раз – під час збору врожаю. Кількість зразків залежить від типу ґрунту, рельєфу місцевості та від виду культур. Зразок складається з 25-30 виїмок, відібраних по діагоналі ділянки. Проби відбирають лопатою: ґрунтовий зразок орного шару, взятий лопатою з однієї точки висипають та перемішують, з нього відбирають пробу певного об’єму (наприклад, стакан), що представляє виїмку, залишок викидають. Всі виїмки зсипають разом, щільно перемішують та методом квартування відбирають зразок

вагою 400-500 г. Виїмки з яких складається вихідний зразок, повинні бути близькими між собою за кольором, структурою, механічним складом. Якщо проби відбирають в садах, кожну виїмку відбирають на відстані 1 м від стовбура; на виноградниках та під просапними культурами виїмки ґрунту відбирають так, щоб було порівну проб з рядків та міжряддя.

Для взяття підорного шару в 5 точках роблять прокоп на глибину 50 см та вирізають лопатою зразок вагою 1,5-2 кг. Після перемішування із цього зразка методом квартування відбирають вихідний зразок вагою 400-500 г. Для складання вихідного зразка чи загальної проби потрібно об'єднати виїмки всіх одноразових проб.

Вихідний зразок (загальна проба) готується в чистому посуді, на чистому полотні відповідної щільності чи на листку паперу.

Середня проба виділяється із загальної шляхом квартування чи методом вибору поштучного матеріалу. Середній зразок виділяють із загальної проби (вихідного зразка) після щільного перемішування, квартування, подрібнення та повторного перемішування.

Рослини, забруднені землею та корені рослин перед виділенням середнього зразка слід промити проточною водою для видалення залишків ґрунту. В аварійних випадках землю з коренів слід вважати й рахувати окремою пробою для лабораторного дослідження. Зразки ґрунту звільняють від коренів, каменів та різних включень. Великі частинки розтирають в ступці та просіюють через сито діаметром 1-1,5 мм (3).

Завдання 4

Здійснити відбір проб ґрунту на ділянці прямокутної форми та у саду (радіальна форма).

За варіанту **дистанційної роботи виконати роботу графічно**. Показати дві форми ділянки та позначити місця відбору проб точками.

Обладнання: бур чи лопата, чисті полотняні мішечки, чистий папір, рукавички, блокноти, олівці.

Хід роботи

1. Відбір проби орного шару ґрунту: на території, що підлягає обстеженню, обирають ділянки з однорідними ґрунтовим та рослинним покривом (5х5) та на кожній відбирають змішаний зразок ґрунту, що складається з 5 точкових проб, відібраних методом конверту. Проби відбирають лопатою чи буром на глибину орного шару. З цією метою здійснюють прокоп лопатою на глибину до 25 см, вирізають зразок вагою у 1,5-2,0 кг.

Кожну точкову пробу щільно перемішують, відбирають невеликий об'єм (стакан) ґрунту та висипають в чистий мішечок.

Склад змішаної проби передбачає вміст приблизно однакової кількості ґрунту із усіх окремих зразків. Тому всі 5 проб змішують, звільняють від каменів, коренів та інших включень. Із загальної маси методом квартування відбирають близько 1 кг ґрунту, запаковують, маркують.

2. Відбір проб ґрунту в садах. Обрати ділянку для відбору проби. Від стовбура дерева як від центра кола, відміряти коло радіусом 1 м навколо дерева.

Здійснити прокопи. Наступні дії як у попередньому способі (кожну точкову пробу щільно перемішують, відбирають невеликий об’єм (стакан) ґрунту та висипають в чистий мішечок).

Склад змішаної проби передбачає вміст приблизно однакової кількості ґрунту із усіх окремих зразків. Тому всі проби змішують, звільняють від каменів, коренів та інших включень. Із загальної маси методом квартування відбирають близько 1 кг ґрунту, запаковують, маркують.

Контрольні запитання:

1. Назвіть основні параметри при відбору проб ґрунту.
2. Яким способом здійснюють відбір проб орного шару?
3. Охарактеризуйте методику відбору проби ґрунту орного шару? в садах та виноградниках?
4. В чому суть методу квартування?
5. Прокоментуйте свої дії при відборі проб ґрунту.

3.Обгрунтуйте й поясніть

1. Охарактеризуйте основні вимоги щодо відбору проб навколишнього природного середовища.
2. Які бувають проби води за кількістю відбору? за тривалістю відбору?
3. Як правильно здійснити відбір проб води з різних водоймищ?
4. В чому необхідність підготовки проб води?
5. Чи завжди проби води консервують?
6. Які способи відбору проб повітря знаєте?
7. Якими методами здійснюють відбір проб повітря?
8. Охарактеризуйте способи відбору проб ґрунту.
9. Навіщо здійснюють операцію «квартування» ґрунту?

Заняття №3

Тема: Використання якісного аналізу для визначення стану довкілля

Мета: сформувати у здобувачів вищої освіти поняття про методологію проведення аналізу стану довкілля; ознайомитися з процедурою здійснення якісного аналізу компонентів навколишнього середовища у процесі визначення його стану.

Актуалізація опорних знань здобувачів:

1.Вставте в текст пропущені слова, терміни чи дайте визначення поняття:

1. Процес ідентифікації речовини дозволяє встановити, з яких хімічних елементів складається досліджувана проба. Які йони, функціональні групи чи молекули входять до її складу – це ……..
2. У хімічних методах якісного аналізу використовують характерні якісні аналітичні реакції, які переводять досліджувані йони у сполуку, що має характерні властивості: …….
3. Як називають речовину, що використовують для проведення якісної аналітичної реакції, ……..
4. Залежно від величини взятої для аналізу проби методи поділяються на: ……. якісного аналізу.
5. У …… використовують 0,5-1,0 г речовини, або 20-50см^3 розчину. Аналіз виконують у звичайних пробірках, хімічних стаканах, колбах.
6. У ……. використовують, як правило, від 0,010 до 0,001 г речовини і від 0,05 до 0,5 см^3 розчину, реакції виконують краплинним чи …….. методами.
7. …… займає проміжне місце між макро- і мікро- методами.
8. Аналітичні реакції виконують …… та …… способом.
9. Досліджувану пробу і аналітичний реагент беруть у твердому стані і піддають нагріванню до високої температури - це …… спосіб виконання аналітичної реакції.
10. Реакції, які виконують …….. способом, є основними в якісному аналізі.
11. У якісному аналіз хімічні перетворення характеризують наступні параметри: специфічність, селективність та …….
12. Найменшу концентрацію йонів, яку можна відкрити за характерною реакцією при певних умовах її виконання називають …….. реакції.
13. Аналітичні реакції, які використовують у якісному аналізі, розподіляють на специфічні та ……..
14. Реакцію, яка дає аналітичний ефект у присутності обмеженого числа йонів, називають *неспецифічною або ……..*
15. Розрізняють *механічні, …….. методи* очищення і миття хімічного посуду.
16. Хромова суміш для миття хімічного посуду це 5% розчин $K_2Cr_2O_7$ в …….. кислоті.

17. У практиці хімічного аналізу використовують реактиви кваліфікації …… і …….....

18. Наявність у воді солей кальцію та магнію зумовлює її …….....

2. Виконайте завдання: дайте визначення чи заповніть схему.

1. Заповніть схеми:





2. Заповніть схему:



3. Виконайте практичні завдання:

1. Тема: Визначення окремих показників якості води візуальними методами

Визначення pH води

Для оцінювання якості води важливою характеристикою є величина pH. Зазвичай, водневий показник природних вод певного джерела – величина постійна. Помітні зміни значень цього показника свідчать про забруднення водного об'єкта. Величина pH визначається вмістом карбонатів, гідроксидів, солей, які підлягають гідролізу, гумінових сполук та ін.

Величина водневого показника (pH) у воді господарського, питного, побутового призначення регламентується у межах 6,5-8,5. Здебільшого водневий показник природних вод відповідає залежить від співвідношення концентрацій вільного оксиду карбону (IV) та гідрогенкарбонат-йона. Зміни величини водневого показника тісно пов'язані з процесами фотосинтезу (через споживання CO_2 водною рослинністю). Влітку pH природних вод може підвищуватися до 9 (за рахунок інтенсивного фотосинтезу). Джерелом йонів водню є гумусові кислоти, присутні у ґрунтах. Гідроліз солей важких металів відіграє значну роль, якщо у воду у значних кількостях потрапляють сульфати заліза, алюмінія, міді тощо. Нижчі значення pH (pH=4,0-4,5) спостерігаються в кислих болотяних водах за рахунок підвищеного вмісту гумінових кислот, а також водах сульфідних і колчеданових родовищ.

Класифікацію природних вод залежно від показника pH подано у таблиці 2.

Таблиця 2

Класифікація природних вод за показником pH

Клас вод	Значення pH	Характеристика
Сильнокислі	< 3	Результат гідролізу солей важких металів (шахтні, рудні води)
Кислі	3-5	Наявність у воді карбонатної кислоти, фульвокислот, органічних сполук
Слабокислі	5-6,5	Наявність гумусових кислот у ґрунті та болотяних водах (води лісової зони)
Нейтральні	6,5-7,5	Наявність у водах $Ca(HCO_3)_2$, $Mg(HCO_3)_2$
Слаболужні	7,5-8,5	Наявність у водах $Ca(HCO_3)_2$, $Mg(HCO_3)_2$ у значних кількостях
Лужні	8,5-9,5	Наявність Na_2CO_3, $NaHCO_3$
Сильнолужні	> 9,5	Наявність Na_2CO_3, $NaHCO_3$ у значних кількостях

Хімічні і біологічні процеси та втрата вуглекислоти призводить до швидкої зміни pH води, тому водневий показник необхідно визначати негайно після відбору проби, бажано на водному об'єкті.

Оцінювати величину pH можна різними способами:

- за зміною забарвлення кислотно-основних індикаторів;
- кислотно-основним титруванням;
- інструментальними методами.

Обладнання й реактиви: пробірки, скляні палички, універсальний індикаторний папір, pH-метр (чи прилад Алямовського).

Хід роботи

1. Приблизне визначення величини pH. У пробірку наливають 5 мл досліджуваної води, додають 0,1 мл універсального індикатору, перемішують та за забарвленням розчину оцінюють величину pH:
рожево-оранжеве забарвлення вказує на pH близько 5,
світло-жовте - 6,
світло-зелене - 7,
зеленувато-блакитне - 8.

2. pH можна визначити за допомогою універсального індикаторного паперу, порівнюючи його забарвлення зі шкалою.
3. Найбільш точно значення pH можна визначити на pH-метрі чи за шкалою приладу Алямовського.

Завдання 1

Здійснити відбір проб питної води централізованого водопостачання, бутильованої води різних виробників. За допомогою індикаторного паперу визначити величину pH. Дані занести в таблицю 3. Зробити висновки.

Таблиця 3

№п/п	Назва зразка	Значення pH	Характеристика води за показником pH
1.	«Моршинська»		
2.	«Миргородська»		
3.			

Визначення прозорості води

Прозорість води залежить від таких чинників: кількості зважених часток мулу, глини, піску, мікроорганізмів, вмісту хімічних речовин та характеризується глибинною межею, на якій ще видний білий диск діаметром 20 см (диск Секкі), який спеціально занурюють у воду. Найбільш прозорі води у Саргасовому морі: глибинна межа складає 66,5 м, у мілких морях – до 5-15 м. Прозорість води в річках становить в середньому 1-1,5 м. Вимірюють прозорість води різних водоймищ за допомогою диска Секкі (це – фанерка з білою поверхнею 20х20 см, з вантажем на шнурі та позначками на ньому для визначення глибини). Занурюють диск у воду з тіньового боку човна і заміряють за позначками на шнурі, на якій глибині диск зникає з поля зору. Надалі його підіймають та заміряють глибину, на якій він став помітним. Середнє із значень буде показником прозорості води в метрах.

Мірою прозорості може бути також висота стовпчика води (в см), на якій можна роздивитися на білому папері стандартний шрифт з висотою букв 3,5 мм. Воду добре перемішують і наливають у високий циліндр з внутрішнім діаметром 2,5см і дном з плоско відшліфованого скла. Циліндр встановлюють нерухомо над стандартним шрифтом на висоті 4 см. Дивлячись на шрифт зверху через

стовп води та зливаючи чи доливаючи воду в циліндр, встановлюють висоту стовпчика води, що дозволяє вільно читати шрифт.

Обладнання й реактиви: прозорий циліндр діаметром 25 мм чи склянка на 1 л, лінійка, аркуш білого паперу, олівець.

Хід роботи

У циліндр мірний налити води. Знизу, під дно посуду з водою встановити аркуш паперу з написаним стандартними літерами (шрифт 14). Посуд з водою розташувати на 4 см вище аркуша з текстом. Прочитати текст крізь товщу води. Якщо текст не прочитується, злити частину води і повторити операцію. Знайдену висоту стовпчика води, що дозволяє вільно читати текст заміряють лінійкою та записують у журнал.

Завдання 2

Взяти декілька зразків проб води (довільно). Здійснити заміри щодо визначення прозорості води. Дані записати в таблицю. Висновки подати у вигляді порівняння результатів зразків (табл. 4).

Таблиця 4

Дослідження прозорості води

№ п/п	Зразок	Значення прозорості (см)	Характеристика
1.			

Визначення нафти у воді

Нафта – це складна суміш органічних речовин, основними компонентами якої є: парафіни (насичені вуглеводні); ароматичні вуглеводні; циклопарафіни (циклічні, насичені вуглеводні); сполуки сульфуру, нітрогену, металорганічні комплекси; природні радіоактивні елементи (уран, торій). Причиною нафтових забруднень (табл. 5) здебільшого визнають діяльність людини.

Таблиця 5

Надходження нафти в океани

Джерела	Середнє надходження
Природне надходження	0,6
Прибережне добування	0,08
Транспортування	2,13
Берегові очисні споруди	0,2
Муніципальні скиди	0,3
Індустріальні скиди	0,3
Змив з міських територій	0,3
Винесення річками	1,6
Разом	6,11

При розвантаженні нафтових танкерів їх заповнюють морською водою, яка утворює з нафтопродуктами стійку емульсію. Її зливають недалеко від порту.

Нафта, що надійшла до морських екосистем швидко розтікається по поверхні води та утворює тонку плівку, яка перешкоджає надходженню вільного кисню у нижні прошарки води.

Зменшення (призупинення) надходження кисню до води згубно впливає на живі організми: за величини концентрації нафтопродуктів 0,05 мг/л і більше, кількість фітопланктону зменшується, гине молодь риби та інших гідробіонтів. Найшкідливіший вплив нафтопродукти справляють на мешканців прибережної зони.

Найбільшу небезпеку для живих організмів створює контакт із ароматичними вуглеводнями. Вони містяться в нафті, а їхня кількість 10^{-6}-10^{-5} % зумовлює швидкі та значні зміни у біотопі водойм. Наслідком є порушення збалансованих процесів у трофічних ланцюгах.

Морські хижаки, що живляться дрібними тваринами та рибою, здатні реагувати на органічні сполуки навіть за дуже низьких концентрацій ароматичних вуглеводнів у воді (10^{-8}–10^{-7} %). Водночас, ароматичні складові нафти можуть пригнічувати діяльність окремих рецепторів цих хижаків, що ускладнює процес пошуку здобичі та призводить до порушення функціональних зв’язків в екосистемі.

Аварійні ситуації, катастрофи різного рангу суден нафтотранспортної галузі супроводжуються частковим чи й практично повним вимирання морських риб, птахів та інших тварин.

Візуальні способи виявлення домішок нафти:

- райдужна плівка на поверхні води;
- масляна пляма на фільтрувальному папері після висихання нанесеної проби води.

Виявлення забруднення водойми плівкою нафти проводять візуально-описово (показник “плаваючі домішки”), визначають бал за наведеною нижче шкалою (табл. 6).

Таблиця 6

Оцінка забруднення водойми плівкою нафти

Зовнішній вигляд водойми	Бал
Відсутність плівок і плям	1
Окремі плями й сірого кольору плівки на поверхні води	2
Плями та плівки на поверхні води. Окремі прошарки нафти на території прибережної зони та на прибережній рослинності. Купатись неприємно через нафту	3
Нафта у вигляді плям та плівок покриває значну частину поверхні водойми. Береги та прибережна рослинність забруднені нафтою. Купатися неможливо через присутність нафти	4
Поверхня ріки покрита нафтою, яку видно і за значних хвиль води. Береги, прибережні споруди забруднені нафтою. Купатися неможливо	5

Обладнання: олівець, блокнот, фільтрувальний папір, піпетки.

Хід роботи

1.Оглянути водойму. Здійснити оцінку її забруднення за таблицею. Дані записати в журнал.

2. На фільтрувальний папір піпеткою нанести 1-2 краплі досліджуваної проби води. Спостерігати за утворенням масляної плями.

3. Зробити висновки.

Контрольні запитання

1. Чим визначається величина pH у воді?

2. Охарактеризуйте методику приблизного визначення pH візуальними методами.

3. Як класифікують воду за показником pH?

4. Розкажіть про методику дослідження прозорості води

5. Чим шкідливо потрапляння нафти у водойми?

6. Як визначають наявність забруднення нафтопродуктами води?

7. Прокоментуйте отримані результати дослідження та порівняйте дані декількох учасників досліджень.

2. Тема: Визначення окремих характеристик води за органолептичними показниками

Визначення запаху, смаку та присмаку води

Органолептичне дослідження води дозволяє встановити характер та інтенсивність запаху, смаку й присмаку води при різних температурах: 20^0C та 60^0C. Запах, смак та присмак води зумовлені наявністю в ній речовин, що потрапляють до неї природним шляхом чи разом зі стічними водами.

Запах, смак та присмак оцінюють якісно та кількісно за інтенсивністю й визначають за 5-бальною шкалою.

Запах, смак та присмак води, що виявляються безпосередньо у воді не повинні перевищувати 2 балів.

У сирій воді запах, смак і присмак визначають при кімнатній температурі і при 60^0C.

Розрізняють чотири види смаку: солоний, гіркий, солодкий, кислий. Інші смакові відчуття називають присмаками: хлорний, рибний, металевий та ін.

У воді відкритих водоймищ і джерел сумнівних у санітарному відношенні смак води встановлюють після її кип’ятіння.

Встановлення запаху води здійснюють безпосередньо біля водойми чи одразу після здійснення хлорування (для водоймищ господарсько-питного призначення).

За характером запахи й смаки та присмаки діляться на дві групи:

а) природного походження. Їх визначають за класифікацією, поданою у таблиці 7;

б) штучного походження (від промислових скидів, від обробки питної води реагентами на очисних спорудах тощо). Їх називають за відповідними речовинами: фенольний, хлорний, бензиновий, камфорний тощо.

Таблиця 7

Характер і вид запаху (присмаку) води природного походження

Характер запаху (присмаку)	Вид запаху (присмаку)
Ароматний	Огірковий, квітковий
Болотяний	Мулкий
Гнильний	Стічної води, відмерлих залишків організмів
Деревний	Мокрої тріски, деревної кори
Землистий	Прілий, свіжозораної землі, глинистий
Плісеневий	Затхлий, застояний
Рибний	Риби, риб’ячого жиру
Сірководневий	Тухлих яєць
Трав’янистий	Скошеної трави, сіна
Невизначений	Який не відповідає попереднім визначенням

Інтенсивність запаху, смаку й присмаку оцінюється за таблицею 8.

Таблиця 8

Інтенсивність запаху (присмаку) води

Бал	Інтенсивність запаху (присмаку)	Якісна характеристика
0	Ніякий	Відсутність запаху (присмаку)
1	Дуже слабкий	Не відчувається споживачем, але виявляється досвідченим дослідником чи при аналізі у лабораторії
2	Слабкий	Запах, (присмак), що не привертає уваги споживача, але виявляється ним, якщо акцентувати його увагу
3	Помітний	Запах (присмак), що легко виявляється
4	Виразний	Запах (присмак) звертає на себе увагу. Вода непридатна для пиття
5	Дуже сильний	Запах (присмак) дуже сильний

Запах води досліджують за умови, що відсутні сторонні запахи. Бажано щоб дослідження здійснювалось одночасно декількома дослідниками з метою порівняння результатів визначення якості води.

Обладнання: конічні колби, стакани ємністю 150-200 мл з притертою пробкою, блокнот, олівець, водяна баня, електроплитка.

Хід роботи

Визначення смаку й присмаку:

У скляний чи пластиковий посуд набирають води. 10-15 мл досліджуваної води набирають у рот, тримають її декілька хвилин не проковтуючи і визначають смак. Записують у нотатник відчуття смаку: кислий, солоний, гіркий, солодкий.

10-15 мл досліджуваної води набирають у рот, тримають її декілька хвилин не проковтуючи і визначають характер та інтенсивність присмаку.

Пробу води нагрівають до 60^0С і знову здійснюють заміри. Записують результати до нотатника чи у журнал.

Визначення запаху:

100 мл досліджуваної води за кімнатної температури наливають у колбу з широким горлом об'ємом 150-200 мл, накривають часовим склом чи притертою пробкою. Вміст колби збовтують, відкривають пробку чи зсувають часове скло та швидко визначають характер й інтенсивність запаху.

Далі колбу нагрівають на водяній бані до 60^0С і повторюють операції (вміст колби збовтують, відкривають пробку чи зсувають часове скло та швидко визначають характер й інтенсивність запаху). Результати записують у журнал.

Завдання 4

Взяти декілька зразків питної води (довільно). Виконати процедуру визначення запаху, смаку й присмаку. Дані записати таблично. Висновки зробити як порівняння зразків і їх результатів.

№ п/п	Зразок	Показники	Характеристика результату вимірів

Контрольні запитання:

1. Дайте визначення "органолептичне дослідження".
2. Охарактеризуйте методику визначення смаку й присмаку води.
3. Назвіть види запаху. Як визначають інтенсивність запаху води?
4. Що обумовлює необхідність дослідження показників якості води органолептичними методами.
5. Як визначають присмак води?
6. Прокоментуйте отримані Вами результати досліджень.

3. Тема: Визначення окремих характеристик повітряного басейну

Запиленість повітря – важливий екологічний чинник. Небезпека пилу для людини визначається його хімічною природою, концентрацією, формою часточок, токсичністю, здатністю сорбувати забруднюючі речовини.

За розміром часточок пил можна розподілити на дві групи:

-*тонкодисперспий пил (порох).* Складається з легких та рухомих часточок розміром до кількох десятків і сотень мікрометрів (1 мкм = 10^{-3} мм). Довго утримується в повітрі. Під час вдиху може накопичуватися в легенях людини;

-*грубодисперсний пил.* Складається з великих та важких часточок. Швидко осаджується з повітря.

У закритому приміщенні в 1 $см^3$ повітря може міститися до 10^6 пилових часточок різних розмірів, токсичності, природи.

Обладнання і матеріали: дистильована вода, 10%-й розчин хлоридної чи сульфатної кислоти, терези аналітичні, вимірник витрат повітря, лопатки для взяття зразків пилу, мікроскоп з об'єктивом (х8), насос для прокачування повітря (переносна ротаційна установка типу ПРУ), піпетка, скельце покривне і предметне скло для мікроскопа, секундомір, фільтри паперові типу АФА-10 з фільтротримачем.

Хід роботи

Визначення відносної запиленості повітря

Краплю води наносять на предметне скло і встановлюють його у вибраному місці на 15 хв. Готують мікропрепарат, накривши краплю з осілими пиловими часточками покривним скельцем.

Вміщують мікропрепарат на предметний столик мікроскопа. Встановлюють таке збільшення, щоб у поле зору мікроскопа потрапила якнайбільша частина краплі. Підраховують кількість пилових часточок у краплі і описують їх якісний склад (вигляд, структуру, взаємне розміщення, особливості будови тощо).

Визначають кількість пилових часточок, що осіли протягом 15хв. на поверхні краплі такої ж площі після витримування предметного скла з краплею в різних місцях одного й того самого приміщення (в різних приміщеннях).

Визначення якісного складу пилу

Відбирають зразок пилу, піддіваючи лопаткою відклади пилу на "доріжці" завширшки 3-5 см. Переносять зразок з лопатки на предметне скло.

Готують мікропрепарат сухого пилу, накривши зразок пилу покривним скельцем.

Вміщують мікропрепарат на предметне скло мікроскопа і встановлюють таке збільшення, щоб у поле зору потрапила якнайбільша площа плями. Розглядають мікропрепарат під мікроскопом і описують зовнішній вигляд, форму, розміри, взаємне розміщення, колір часточок тощо. Піднімають покривне скельце препарувальною голкою, наносять на зразок пилу краплю розчину кислоти і відразу накривають покривним скельцем. Вміщують мікропрепарат на предметний столик, розглядають його під мікроскопом і описують зміни, що відбуваються зі зразком пилу в розчині кислоти.

Кількісне визначення концентрації пилу

Зважують фільтр на аналітичних терезах з точністю до 0,1 мг і записують початкову масу $m_{поч}$, мг.

Вміщують фільтр у фільтротримач, герметично його закривають і приєднують до установки: фільтротримач з фільтром, витратомір, насос. Прокачування повітря здійснюють не менше 1 год зі швидкістю 10-20 л/хв (при використанні водоструминного насоса встановлюють максимально можливий вихід). Одночасно вмикають секундомір і визначають фактичну витрату повітря (в л/хв). Визначають середню витрату повітря за час прокачування Ω. Всього крізь фільтр бажано прокачати не менш як 2 м^3 повітря. Виймають фільтр із фільтротримача і знову зважують його $m_{кін}$.

Результати проведених експериментів заносять у таблицю 9.

Таблиця 9

Результати спостережень запиленості повітря

№ пор. Зразка пилу	Місце відбору зразка пилу	Результати спостережень		
		Кількість часточок пилу в полі зору при 15-хв. експозиції	Якіснийсклад зразка (з врахуванням поведінки в розчині кислоти)	Масова концентрація пилу, мг/м^3

Обчислюють масову концентрацію пилу С за формулою:

$$C=(m_{кін.} - m_{поч})\cdot 1000/Ω,$$

де 1000 - коефіцієнт перерахунку об'єму повітря з літрів у метри кубічні.

Контрольні запитання

1. Що таке запиленість повітря?
2. Який вплив має запиленість на людину?
3. На які групи поділяють пил?
4. Охарактеризуйте методику дослідження якісного визначення запиленості?
5. Як здійснюють кількісне дослідження запиленості?
6. Які прилади необхідно використати у дослідженнях запиленості повітря?
7. Запропонуйте заходи щодо можливого зменшення показника запиленості.

Заняття №4

Тема: Використання якісного аналізу для визначення стану довкілля

Мета: сформувати у здобувачів вищої освіти поняття про методологію проведення аналізу стану довкілля; ознайомитися з правилами відбору проб компонентів у процесі визначення стану навколишнього середовища.

Тема: **Якісні реакції катіонів І аналітичної групи.**

Мета: ознайомитися з методами якісного аналізу. Навчитися визначати катіони І аналітичної групи, використовуючи якісні реакції.

Матеріали та обладнання: хімічні пробірки, штативи, предметні скельця; піпетки; скляні палички; ніхромова дротинка; спиртівка; розчини KCI, NaCl, NH_4Cl, NaOH, $NaHC_4H_4O_6$ (гідротартат натрію), $Na_3[Co(NO_2)_6]$ (гексанітрокобальтат натрію), $K[Sb(OH)_6]$ (гексагідроксостибат калію), реактив Несслера, червоний лакмусовий папірець.

Теоретична частина

Основні терміни і поняття:

Якісний аналіз – визначення інгредієнтів, що входять до складу речовини чи суміші речовин.

Аналітична реакція – реакція, що супроводжується зовнішнім ефектом: утворенням осаду, зміною забарвлення, виділенням газу. Результати дають змогу судити про наявність у досліджуваному об’єкті певної речовини.

Аналітичний реагент (реактив) – речовина, що використовується для проведення аналітичної реакції.

Груповий реагент – реактив, за допомогою якого здійснюють селективну аналітичну реакцію (виділяють зі складної суміші групу йонів).

Аналітична класифікація йонів – об’єднання йонів у групи за їх відношенням до групових реагентів і властивостями деяких сполук, з метою розробки послідовності їх якісного аналізу.

Загальна характеристика катіонів І аналітичної групи. До першої аналітичної групи належать катіони лужних металів Na^+, K^+, Li^+ та комплексний катіон NH_4^+. Більшість сполук катіонів першої аналітичної групи розчиняються у воді. Отже, перша аналітична група катіонів не має групового агента. У розчині усі іони, окрім літію, безбарвні. Забарвлення деяких солей натрію, калію чи амонію зумовлене забарвленням аніону, наприклад, хромат натрію має жовтий колір, а $KMnO_4$ – червоно-фіолетовий. Якісні реакції та їх стисла характеристика для катіонів І групи подано у таблиці 10.

Таблиця 10

Якісні реакції катіонів I аналітичної групи

Катіон	Реагент	Продукт реакції та його властивості
Na^+	$K[Sb(OH)_6]$	$Na[Sb(OH)_6]\downarrow$; білий осад, розчинний у кислотах і лугах
	$Zn(UO_2)_3(CH_3COO)_8$ + CH_3COOH ;	$NaZn(UO_2)_3(CH_3COO)_9 \cdot 9H_2O\downarrow$; зел.-жовтий
	Полум'я	Жовтий
K^+	$NaHC_4H_4O_6$	$KHC_4H_4O_6\downarrow$; білий, розчинний у кислотах і лугах
	$Na_3[Co(NO_2)_6]$	$K_2\,Na[Co(NO_2)_6]\downarrow$; жовтий, розчинний у кислотах та лугах
	Полум'я	Фіолетове забарвлення полум'я
NH_4^+	NaOH	$NH_3\rightarrow$ лакмусовий папірець синіє $4NH_3+2Hg_2(NO_3)_2+H_2O\rightarrow$ $[HgOHgNH_2]NO_3\downarrow+Hg\downarrow$, чорний $NH_3 + HCl\rightarrow NH_4Cl$; білий дим
	$K_2[HgI_4]+KOH$	$[NH_2Hg_2I_2]I\downarrow$; бурий осад

Хід роботи

Завдання для самостійної роботи

Реакції на іони K^+:

Завдання 1. У пробірку налити 3-5 крапель розчину KCl, додати 3-5 крапель розчину $NaHC_4H_4O_6$ (гідратартат натрію). Для утворення осаду охолодити пробірку під краном. Після цього - скляною паличкою потерти стінку пробірки.

Спостереження:_____.

Завдання 2. На предметне скло нанести одну краплю розчину KCl. Поряд нанести одну краплю розчину реагенту $Na_3[Co(NO_2)_6]$ (гексанітрокобальтат натрію). Об'єднати, користуючись скляною паличкою ці дві краплі. Спостереження:_____.

Реакції на іони натрію:

Завдання 3. У пробірку налити 3-5 крапель розчину NaCl, додати 3-5 крапель реагенту $K[Sb(OH)_6]$ (гексагідроксостибат калію). Для утворення осаду охолодити пробірку під краном. Після цього скляною паличкою потерти по пробірці.

Спостереження:_____.

Завдання 4. Ніхромову дротинку змочити розчином NaCl і внести у полум'я пальника.

Спостереження:_____.

Реакції на іони амонію:

Завдання 5. У пробірку налити 3-5 крапель розчину NH_4Cl та додати 5-10 крапель розчину NaOH. Розчин у пробірці нагріти до кипіння. Наявність аміаку біля отвору пробірки визначають по запаху або за допомогою червоного лакмусового папірця, змоченого водою.

Спостереження:_____.

Завдання 6. На предметне скло нанести одну краплю розчину NH_4Cl. Поряд нанести одну краплю розчину реактиву Несслера. Краплі об'єднати скляною паличкою.

Спостереження:_____.

2. Користуючись матеріалами лекції №3 та №4, безпосередньо таблицею 3.2 , заповніть нижче подані таблиці:

Таблиця 11

№ п/п	Результати досліджень якісного аналізу	Досліджуваний інгредієнт
1.	Ніхромова дротинка занурена до невідомого розчину. При внесенні її в полум'я газової горілки отримали **жовто-зелене** його забарвлення. Який інгредієнт може знаходитись в невідомому розчині?	
2.	Ніхромова дротинка занурена до невідомого розчину. При внесенні її в полум'я газової горілки отримали **зелене** його забарвлення. Який інгредієнт може знаходитись в невідомому розчині?	
3	Ніхромова дротинка занурена до невідомого розчину. При внесенні її в полум'я газової горілки отримали **жовте** його забарвлення. Який інгредієнт може знаходитись в невідомому розчині?	
4	Ніхромова дротинка занурена до невідомого розчину. При внесенні її в полум'я газової горілки отримали **зелене, голубе** його забарвлення. Який інгредієнт може знаходитись в невідомому розчині?	
5	Ніхромова дротинка занурена до невідомого розчину. При внесенні її в полум'я газової горілки отримали **фіолетове** його забарвлення. Який інгредієнт може знаходитись в невідомому розчині?	
6	Ніхромова дротинка занурена до невідомого розчину. При внесенні її в полум'я газової горілки отримали **цеглисто-червоне** його забарвлення. Який інгредієнт може знаходитись в невідомому розчині?	
7	Ніхромова дротинка занурена до розчину невідомого вмісту. При внесенні її в полум'я газової горілки отримали **карміново-червоне** його забарвлення. Який інгредієнт може знаходитись в невідомому розчині?	

Таблиця 12

№ п/п	Результати досліджень якісного аналізу катіонів	Аналітичний ефект	Досліджуваний інгредієнт
1	Додавання до розчину невідомого вмісту сульфат- йону (сірчана кислота)	*Білий* осад, нерозчинний в кислотах	
2	Додавання до розчину невідомого вмісту сульфід - йону	**Чорне** забарвлення	
3	Додавання до розчину невідомого вмісту червоної кров'яної солі	Синій осад	
4	Додавання до розчину жовтої кров'яної солі	Синій осад	
5	Додавання до розчину невідомого вмісту розчину лугу	Запах аміаку	
6	Додавання до розчину невідомого вмісту йодид - йону	Червоний осад	
7	Додавання до розчину невідомого вмісту хромат-йони	Цегельно-червоний осад	

3. Дайте обґрунтовані відповіді (письмово):

1. Реакції, які виконують «сухим» способом, носять *допоміжний характер*.

Чому тільки допоміжний? Може, не варто їх проводити і витрачати на них ресурси і час? Доведіть, що вони потрібні чи не потрібні і коли їх доцільно застосовувати.

2.Взяті проби повітря подано на аналіз. При додаванні розчину лугу відчутно різкий запах нашатирного спирту. Про що це свідчить? Точка відбору проб повітря була обрана в межах санітарної зони заводу з виготовлення морозива. Це якось впливає на результати аналізу чи ні? Обґрунтуйте відповідь.

3.Проби питної води з трьох джерел взято на аналіз. В усі три проби додано фенолфталеїн. Проба №3 показала аналітичний ефект – легке малинове забарвлення. Про що це свідчить? Охарактеризуйте проби води.

4.Проби води централізованого водопостачання подано на аналіз. Аналітичний ефект виявив значний, але допустимий вміст солей кальцію та магнію. Чи шкідливо це? Чи варто вживати якісь заходи щодо зменшення вмісту названих солей?

5. Проби питної води централізованого водопостачання подано на аналіз. При додаванні жовтої й червоної кров'яної солі отримали аналітичний ефект – синє забарвлення. Про що це свідчить? Чи впливає така ситуація на здоров'я людини? Чи безпечна вона? Що може бути причиною такої ситуації?

6. На території навчально-оздоровчого табору УДУ імені Михайла Драгоманова «Синевир» знаходиться джерело води. Біля цього джерела територія має червонувато цегляний наліт. Також вода має запах несвіжого курячого яйця. Про що це свідчить?

Контрольні питання й завдання

1. Які класифікації катіонів використовують для якісного аналізу?
2. Які способи виконання аналітичних реакцій знаєте?
3. Назвіть катіони першої аналітичної групи.
4. Як визначають катіони амонію?
5. Порівняйте методи якісного аналізу за характеристиками: селективність та чутливість.
6. Охарактеризуйте та обґрунтуйте проведення аналізу за допомогою дробного та систематичного методів.

Робота №2

Тема: Якісне визначення хімічного складу в зразках продуктів харчування (овочах, м'ясних, молочних продуктах)

1.Визначення соланіну в картоплі

Соланіни - речовини, здатні спричиняти отруєння організму людини. їх добре видно у картоплі (мають зелене забарвлення). Ця речовина здебільшого знаходиться у шкірці, безпосередньо під шкіркою. Власне, кількість соланіну в картоплі невелика (до 0,01%). Водночас порушення агротехнічної обробки, неправильне зберігання, проростання й позеленіння картоплі "провокує" до збільшення його кількості у 10 разів і може сягати 500 мг/кг. Підвищення

кількості соланіну супроводжується зміною смакових якостей картоплі (гіркий смак). У ростках, м'якоті, біля очок соланіну завжди більше.

За токичністю, соланін - речовина середнього класу. Негативно впливає на слизові оболонки травного каналу, пригнічує діяльність центральної нервової системи. Засвоєння організмом значних його кількостей може викликати типові ознаки отруєння.

Наявність соланіну в картоплі легко визначити за умов навчальної лабораторії.

Якісне визначення соланіну в картоплі (за В.І.Ніловою)

Обладнання і реактиви: розчин CH_3COOH (конц.); розчин H_2SO_4 (конц.) (густина 1,84 *г/см);* розчин 5% H_2O_2, фарфорові чашки чи годинникове скло.

Хід аналізу

З бульби картоплі роблять декілька зрізів товщиною 1 мм:

А) продольні - від верхівки до основи осі, що ділить бульбу на рівноцінні половинки;

Б) поперечні - у основи та у верхівки бульби;

В) з боків;

Г) у ділянках біля очок.

Зрізи поміщають у фарфорову чашку чи на годинникове скло. На них наносять по краплях спочатку конц. CH_3COOH, далі конц. H_2SO_4 декілька крапель 5% H_2O_2. Майже негайно в місцях зрізу, що містять соланін, з'являється інтенсивне темно-малинове чи червоне забарвлення.

Завдання 1

Взяти декілька картоплин. Помити від бруду й здійснити надрізи згідно методики. Додати оцту й пероксиду водню. Спостереження занотувати.

2. Визначення крохмалю у зразках ковбасної продукції

Обладнання й реактиви: годинникове скло, скляна паличка; розчин Люголя.

Хід роботи

На поверхню свіжого розрізу ковбасного виробу нанести 2 краплі розчину Люголя. Поверхня забарвлюється у синій або чорно-синій колір за наявності крохмалю у продукті.

Завдання 2

Взяти декілька зразків ковбасної продукції й здійснити заміри згідно методики. Спостереження занотувати таблично.

Таблиця 13

Результати аналізу ковбасної продукції

№п/п	Назва зразка	Характеристика зразка

Заняття №5

Тема: Чутливість аналітичних реакцій

Мета: ознайомитися з параметрами, що характеризують аналітичну реакцію. Сформувати поняття “чутливість”, “специфічність” аналітичної реакції.

Матеріали та обладнання: зошит, калькулятор, періодична таблиця Менделєєва.

Теоретичні відомості

Основні терміни та поняття.

Чутливість аналітичної реакції – можливість виявити певний певний інгредієнт за допомогою даної реакції.

Специфічною є така реакція, за допомогою якої виявляють наявність певного інгредієнта у присутності інших елементів.

Селективною є така реакція, що дає схожий зовнішній ефект з декількома йонами.

Чутливість аналітичної реакції відіграє важливу роль у проведенні аналізу, особливо у якісному визначенні, оскільки впливає на величину кількісного виявлення певної речовини. Чим більша чутливість аналітичної реакції, тим меншу масу досліджуваної речовини вона дозволяє виявити.

Кількісно чутливість характеризується показниками: відкриваним мінімумом (*m*), граничною концентрацією чи граничним розведенням та мінімальним об’ємом розчину, що необхідний для визначення досліджуваних іонів.

Відкриваний мінімум – мінімальна маса речовини, що може бути відкрита за допомогою аналітичної реакції за певних умов її виконання.

Гранична концентрація (C_{min}) вказує, при якому розведенні розчину реакція ще може дати позитивний результат.

Граничне розведення (V_{lim}) – величина, зворотна граничній концентрації; показує, у якій масі розчинника міститься 1 г досліджуваної речовини. Що менша гранична концентрація та більше граничне розведення – реакція буде чутливішою.

Мінімальним об’ємом гранично розведеного розчину (V_{min}) називають об’єм розчину, що містить відкриваний мінімум досліджуваної речовини.

Між цими величинами спостерігається залежність:

$$m = C_{min} \cdot V_{min} \cdot 10^6 \text{ мкг} \qquad (1)$$

Якщо замість C_{min} відомо V_{lim} , то:

$$m = \frac{V_{min} \cdot 10^6}{V_{lim}} \text{ мкг} \qquad (2)$$

Оскільки C_{min} – співвідношення, у якому чисельник = 1, то цю величину можна розрахувати за формулою:

$$C_{min} = \frac{V_{min} \cdot 10^6}{m} \text{ мкг} \qquad (3).$$

Користуючись формулами 1, 2, 3, можна обчислити величину показників чутливості реакції.

Приклад 1. Граничне розведення іонів алюмінію мікрокристалоскопічним відкриттям дорівнює 150 000 мл/г, мінімальний об'єм досліджуваного розчину = 0,06 мл. Обчисліть відкриваний мінімум.

V_{lim}=150 000мл/г;

V_{min}=0,06 мл. $$m = \frac{V_{\min} \cdot 10^6}{V_{\lim}} = \frac{0{,}06 \cdot 10^6}{150000} = \frac{6}{15} = 0{,}4 мкг$$

m=?

Хід роботи

Завдання для самостійної роботи

1. Відкриваний мінімум іонів Ca^{2+} дією сульфат-іонів дорівнює 0,04 мкг. Граничне розведення розчину = 1· 250000мг/г. Обчисліть мінімальний об'єм досліджуваного розчину.

2. Мінімальний об'єм досліджуваного розчину, необхідний для відкриття іону міді дією розчину амоніяку рівний 0,05мл, відкриваний мінімум цієї реакції – 0,2 мкг. Визначте граничну концентрацію іонів міді у розчині.

3. Відкриваний мінімум іонів срібла соляною кислотою дорівнює 0,1. Граничне розведення розчину – 10000 мл/г. Обчисліть мінімальний об'єм досліджуваного розчину.

4. Граничне розведення іонів кальцію у розчині –50000 мл/г, мінімальний об'єм розчину, необхідний для відкриття іонів кальцію дією оксалата амонію – 0,03 мл. Обчисліть відкриваний мінімум.

5. Мікрокристалоскопічна реакція відкриття іонів барію з розчином сірчаної кислоти ще можлива з розчином об'ємом 0,001мл. Граничне розведення рівне 20000 мл/г. Обчислити відкриваний мінімум.

6. Відкриваний мінімум іонів срібла соляною кислотою дорівнює 0,1 мкг. Граничне розведення розчину дорівнює 10000 мл/г. Обчислити мінімальний об'єм досліджуваного розчину.

7. Реакція на катіон кадмію дає позитивні результати з розчином $1 \cdot 10^{-3}$ мл. граничне розведення дорівнює 1000 мл/г. Обчислити відкриваний мінімум.

8. Мінімальна концентрація іона SCN^- з нітроном складає 1:1000 г/мл, мінімальний об'єм розчину дорівнює 10^{-3} мл. Обчисліть відкриваний мінімум.

9. Граничне розведення іонів кальцію у розчині дорівнює 50000 мл/г, мінімальний об'єм розчину, необхідний для відкриття іонів кальцію дією оксалата амонія, дорівнює 0,03 мл. Обчисліть відкриваний мінімум.

10. Мінімальна концентрація відкриття іонів кобальту з пікриновою кислотою складає 1: 6500 г/мл, відкриваний мінімум 0,3 мкг. Обчисліть мінімальний об'єм.

11. Відкриваний мінімум іонів міді у розчині об'ємом 0,05 мл складає 0,2 мкг. Обчисліть граничне розведення розчину.

12. Мікрокристалоскопічна реакція відкриття іонів барію з розчином сірчаної кислоти дає позитивний результат з розчином об'ємом 0,001 мл. Граничне розведення дорівнює 20000мл/г. Обчисліть відкриваний мінімум.

13. Мікрокристалоскопічна реакція міді характеризується відкриваним мінімумом 0,03 мкг міді у краплі, рівній 0,001 мл. Обчисліть мінімальну концентрацію.

14. Відкриваний мінімум реакції іона калію складає 0,12 мкг, мінімальна концентрація розчину дорівнює 1: 8000 г/мл. Обчисліть мінімальний об'єм.

15. Відкриваний мінімум іонів вісмуту з бета-нафтиламіном складає 1 мкг. Мінімальний об'єм розчину солі вісмута дорівнює 0,001 мл. Обчисліть мінімальну концентрацію і граничне розведення досліджуваного розчину.

Контрольні питання і завдання

1. Якими показниками характеризується чутливість?

2. Який взаємозв'язок між показниками, що характеризують чутливість аналітичної реакції?

3. Гранична (мінімальна) концентрація іонів кальцію у реакції з оксалатом амонію дорівнює 1:20000, мінімальний об'єм досліджуваного розчину дорівнює $1 \cdot 10^{-3}$ мл. Обчисліть відкриваний мінімум іонів кальцію.

4. Відкриваний мінімум реакції нікелю з диметилгліоксимом дорівнює 0,16 мкг, граничне розведення складає 300000 мл/г. Обчислити мінімальний об'єм.

5. Мінімальна концентрація реакції іона кобальта складає 1·500000 г/мл. обчислити відкриваний мінімум, якщо відомо, що реакція позитивна у краплі об'єму 0,001 мл.

6. Під час осадження іонів ртуті мінімальна концентрація дорівнює 1:50000 г/мл, граничний об'єм складає 0,002 мл. Обчисліть відкриваний мінімум.

7. Мінімальна концентрація іонів ціану у реакції з нітратом срібла складає 1:50000 г/мл. Обчисліть відкриваний мінімум, якщо реакція позитивна з краплею об'ємом 3 10^{-4} мл.

Заняття №6

Тема: Визначення деяких елементів за допомогою якісного аналізу

Мета: ознайомлення з реакціями якісного аналізу на певні йони; демонстрація аналітичного ефекту характерної реакції.

Хід роботи

1. Визначення йонів барію.

Спостереження:_____

2. Визначення йонів заліза. На предметне скло До розчину солей заліза додають жовту й червону кров'яну сіль.

Спостереження:_____

3. Визначення йонів плюмбум.

Спостереження_____

4. Визначення йонів нітратів, нітритів.

Спостереження _____

5. Спалювання речовин на повітрі й у кисні.

Спостереження _____

6. Розкладання нітрата калія (селітри)

Спостереження _____

7. Реакція на йон ортофосфорної кислоти.

Спостереження _____

2. Користуючись матеріалами лекції №3 та №4, безпосередньо таблицею 3.2 , заповніть нижче подані таблиці:

Таблиця 14

№ п/п	Результати досліджень якісного аналізу аніонів	Аналітичний ефект	Досліджуваний інгредієнт
1	Додавання до розчину невідомого вмісту солей барію	Білий осад	
2	Додавання до розчину невідомого вмісту солей срібла	Білий сирнистий осад	
3	Додавання до розчину невідомого вмісту розбавлені розчини кислот	Білий, драгле-подібний осад	
4	Додавання до розчину невідомого вмісту солей аргентуму	Жовтий сирнистий осад	
5	Додавання до розчину невідомого вмісту солей свинцю чи міді	Чорний осад	
6	Додавання до розчину невідомого вмісту солей срібла	Жовтувато-коричневий сирнистий осад	
7	Додавання до розчину невідомого вмісту кислоти	Виділення газу, CO_2	

3. Дайте обґрунтовані відповіді (стисло письмово):

1. Проби питної води централізованого водопостачання подано на аналіз. При додаванні солей срібла отримали аналітичний ефект – білий сирнистий осад. Про що це свідчить? Чи впливає така ситуація на здоров'я людини? Чи безпечна вона? Що може бути причиною такої ситуації?

2. Проби води визначили на взаємодію з реактивом дифеніл аміном. Отримали забарвлення малиново-червонуватого кольору. Про що це свідчить? Який йон може мати перевищення показника ГДК? Який його вплив на здоров'я людини?

3. При додаванні кислоти до проби води виділяється вуглекислий газ. Про що це свідчить? Який аніон присутній у воді?

Заняття № 7

Тема: Якісний аналіз органічних сполук

Мета: ознайомлення і демонстрація аналітичного ефекту характерних реакцій на органічні сполуки.

Актуалізація знань: вставте пропущені слова чи визначення:

1. Якісний аналіз органічних речовин поділяють на : елементний та …….. .
2. Першим етапом у визначенні структури невідомої органічної речовини є ……. аналіз.
3. Кількісне співвідношення, в якому перебувають окремі атоми в молекулі дає можливість визначити кількісний ……. аналіз.
4. Виявити характер зв'язків між атомами в молекулі можна лише за допомогою …….. *аналізу.*
5. Певні окремі групи атомів, що мають специфічну реакційну здатність у визначенні структури органічної речовини називаються ……. *групами.*
6. До складу усіх органічних сполук входять обов'язково елементи ……. та…….
7. Карбон, Гідроген, Сульфур, Оксиген, Нітроген, та деякі галогени. називаються ……
8. Органічні речовини, за винятком деяких, горять з обов'язковим утворенням ……...
9. Перш ніж приступити до аналізу, необхідно переконатися, чи досліджуваний зразок органічної сполуки є …… *речовиною*.

Виконайте завдання:

Якісний аналіз органічних речовин (елементний)

Хід роботи

Визначення карбону й гідрогену

Виконання досліду. У суху пробірку поміщають 0,1–0,2 г досліджуваної речовини, 1–2 г купрум(II) оксиду і старанно перемішують. У верхню частину пробірки кладуть невеликий шматочок вати, на який насипають тонкий шар безводного купрум(II) сульфату. Пробірку закривають корком з газовідвідною трубкою і закріплюють похило у лапці штатива. Край газовідвідної трубки поміщають у іншу пробірку, в яку налито 1 мл прозорої баритової або вапняної води, так, щоб трубка була занурена у розчин. Пробірку з досліджуваною речовиною нагрівають і спостерігають за змінами, які відбуваються.

Спостереження _____

Визначення сульфуру

а) *Метод Лассеня*. Декілька мілілітрів розчину, одержанного після розкладу досліджуваної речовини з натрієм, підкислюють оцтовою кислотою і додають

декілька крапель розчину плюмбум(II) ацетату. Утворення чорного осаду плюмбум(II) сульфіду свідчить про наявність у досліджуваній речовині сульфуру: Na_2 S + $(CH_3COO)_2$ Pb → PbS + 2 CH_3COONa чорний осад

б) *Метод Фоля*. До 1 мл розчину, одержаного після розкладу досліджуваної речовини, додають 2 краплі 5 % розчину нітропрусиду натрію. Поява інтенсивного синьо-фіолетового забарвлення свідчить про наявність сульфуру: Na_2 S + Na_2 $[Fe(CN)_5 (NO)]$ → Na_4 $[Fe(CN)_5 (NOS)]$ синьо-фіолетовий комплекс нітропрусид натрію У разі високого вмісту сульфуру синьо-фіолетове забарвлення переходить у яскраво-червоне.

Спостереження _____

Визначення нітрогену

а) *Утворення "берлінської блакиті".* У пробірку поміщають 3–5 мл розчину, отриманого після розкладу досліджуваної речовини з натрієм, і додають 3–5 крапель свіжоприготовленого 10 % розчину ферум(II) сульфату та 2–3 краплини 10 % розчину ферум(III) хлориду. Індикаторним папірцем перевіряють pH розчину. Середовище повинно бути лужним, якщо pH < 7, додають ще декілька крапель розчину лугу. Вміст пробірки швидко нагрівають до кипіння і після охолодження підкислюють розведеною хлоридною кислотою до кислої реакції на лакмус. Якщо досліджувана речовина містить нітроген, то утворюється синій осад "берлінської блакиті". За наявності малого вмісту нітрогену розчин після підкислення забарвлюється в зелений колір, а синій осад починає утворюватися лише через декілька годин. У цьому випадку розчин доцільно профільтрувати. Синій наліт на фільтрі свідчить про наявність нітрогену в пробі. Якщо речовина не містить нітрогену, забарвлення розчину жовте. Реакція дуже чутлива.

Проба може дати хибний результат, якщо речовини під час розкладу з натрієм легко втрачають нітроген (діазосполуки), а також у разі сполук з високим вмістом сульфуру, які в умовах досліду будуть утворювати в основному ферум(II) тіоціанат. Тому, якщо відомо, що речовина містить сульфур, найдоцільніше спочатку перевести сульфід-іони за допомогою розчину (CH3COO)2Pb у плюмбум (II) сульфід, осад відокремити за допомогою центрифугування або фільтрування, а з фільтратом провести визначення нітрогену за наведеною вище методикою.

Спостереження _____-

Визначення галогенів

а) Проба Бейльштейна. Кінець мідної дротини згинають у невелику петлю і прожарюють її в полум'ї газового пальника до зникнення зеленого забарвлення полум'я. Поверхня дротини покривається при цьому шаром чорного купрум(II) оксиду. Охолоджену петлю змочують або посипають досліджуваною речовиною і знову вносять її в зовнішню частину полум'я пальника. Після повного згоряння карбону органічної речовини відразу з'являється досить інтенсивне світло-зелене забарвлення, спричинене галогенідами (Cl, Br, I) купруму. Проте проба Бейльштейна не дає змогу визначити природу галогену, а також неможливо за її

допомогою відкрити фтор, оскільки фториди купруму нелеткі. Ця реакція є надзвичайно чутливою.

Однак зеленого забарвлення полум'ю можуть надавати не тільки галогенопохідні, а й деякі нітрогеновмісні сполуки (похідні піридину, хіноліну, карбамід тощо). Необхідно також враховувати, що леткі сполуки можуть випаруватися з поверхні дротини ще до її розігріву. В цьому разі проба Бейльштейна буде негативною.

Спостереження _____

б*) Утворення галогенідів арґентуму*. Декілька мілілітрів розчину, одержаного при розкладі досліджуваної речовини натрієм, підкислюють розведеною нітратною кислотою і кип'ятять декілька хвилин (тяга!) для видалення синильної кислоти чи сірководню, які можуть бути в розчині, якщо речовина містить нітроген чи сульфур.

Якщо при цьому утворюється осад кремнієвої кислоти (у разі взаємодії скла з розплавленим натрієм може утворитися натрій силікат, з розчину якого після додавання кислоти висаджується H_2SiO_3), розчин потрібно профільтрувати і надалі використовувати чистий фільтрат. Після цього додають декілька крапель 0,1 М розчину арґентум нітрату. Утворення білого чи жовтуватого осаду свідчить про наявність у досліджуваній речовині хлору, брому чи йоду (AgCl – білий осад, AgBr – блідо-жовтий, AgI – жовтий, AgF – легкорозчинний у даних умовах).

Якщо спостерігаємо незначне помутніння розчину, причиною цього є ймовірно наявність домішок галогенів у реактивах чи склі пробірки, яка використовувалась для проведення реакції з натрієм.

Якщо в досліджуваній сполуці одночасно наявні різні за природою галогени, реакція з арґентум нітратом не дає однозначних результатів (важко встановити забарвлення осаду арґентум галогеніду), слід провести додаткові реакції, наведені нижче.

Спостереження _____

в) *Визначення хлору, брому, йоду за їх одночасної наявності*. Близько 5 мл фільтрату, отриманого після розкладу досліджуваної речовини натрієм, підкислюють 10 % сульфатною кислотою і в разі наявності в досліджуваній речовині нітрогену чи сульфуру кип'ятять декілька хвилин для видалення з реакційної суміші синильної кислоти та сірководню (тяга!).

Для встановлення природи галогену у пробірку до 1 мл охолодженого розчину додають 0,5 мл тетрахлорометану (або хлороформу), декілька крапель розчину $NaNO_2$ і суміш струшують. Фіолетове забарвлення шару органічного розчинника вказує на наявність *йоду* в досліджуваній сполуці.

Для виявлення брому забарвлений органічний шар відокремлюють за допомогою ділильної лійки (якщо йод не виявлено, то відокремлювати CCl_4 не потрібно), водний шар кип'ятять упродовж 1 хв, охолоджують, додають декілька крапель свіжоприготовленої хлорної води або розчину натрій гіпохлориту

(NaClO) і знову струшують з 0,5 мл CCl_4. Коричневе забарвлення шару органічного розчинника вказує на наявність брому в досліджуваній сполуці.

У випадку, коли в досліджуваній речовині виявлено йод чи бром, необхідно провести додатковий тест на наявність хлору. Розчин, що залишився після проведення проб на йод і бром, розводять дистильованою водою до об'єму 30 мл, додають 1 мл конц. H_2SO_4 і 0,25 г калій персульфату ($K_2S_2O_8$). Суміш кип'ятять упродовж 5 хв і після охолодження додають розчин арґентум нітрату. Утворення білого осаду свідчить про наявність хлору.

Спостереження _____

г) *Визначення фтору*. Близько 2 мл розчину, одержаного після розкладу органічної речовини натрієм, підкислюють оцтовою кислотою і кип'ятять упродовж декількох хвилин. Після охолодження одну краплю розчину поміщають на алізарин-цирконієвий індикаторний папірець. Зміна червоного забарвлення папірця на жовте свідчить про наявність фтору.

Метод ґрунтується на тому, що в розчинах мінеральних кислот солі цирконію утворюють з алізарином червоно-фіолетове забарвлення, яке змінюється на жовте (колір алізарину в кислому середовищі) під час додавання надлишку фториду, який зв'язує іони цирконію в гексафторцирконієвий комплекс

Індикаторний папір. Готують розчин, який складається з 3 мл 1 % розчину алізарину в етанолі і 2 мл 0,4 % розчину цирконій(IV) хлориду чи нітрату. Отриманим розчином обробляють смужки фільтрувального паперу. Забарвлені в червоний колір смужки висушують, а безпосередньо перед використанням змочують краплею 50 % оцтової кислоти. Виявленню фтору можуть заважати великі кількості сульфатів, тіосульфатів, фосфатів, арсенатів і оксалатів, які дають аналогічне забарвлення.

Визначення фосфору

При дослідженні невідомої речовини на вміст фосфору, який може міститися у складі багатьох гербіцидів, інсектицидів, деяких лікарських препаратів в якості фосфорорганічні сполуки, використовують наступні методи.

а) *горіння фосфору в кисні*. Червоний фосфор енергійно згорає в кисні. Підпалимо порошок фосфору і опустимо в колбу з киснем. У кисні фосфор горить сліпучим білим полум'ям. Виділяється білий дим – це фосфор(V) оксид P_2O_5 або фосфорний ангідрид.

$$\mathbf{4P + 5O_2 = 2P_2O_5}$$

Фосфорний ангідрид у вигляді порошку осідає на стінках колби. Червоний і білий фосфор – алотропні модифікації фосфору; існують, але менш відомі фіолетовий і чорний фосфор.

У перекладі з грецького "фосфор" – світитися, світлоносний.

Світіння – властивість білого фосфору.

Спостереження _____

б) *Способи розкладу аналізованих зразків за допомогою різних реагентів*. Водночас, для виявлення фосфору можна застосувати також класичний метод розкладу речовини з натрієм. До 1 мл фільтрату, отриманого після розкладу досліджуваної речовини з натрієм, додають 4–5 мл концентрованої HNO_3 і кип'ятять (обережно!) у пробірці під тягою упродовж 1–2 хв. При цьому з реакційної суміші видаляються іони хлору (у вигляді HCl), що заважають визначенню фосфатів, а також відбувається окиснення відновників (S^{2-} та ін.), які відновлюють іони MoO_4^{2-} до нижчих ступенів окиснення, внаслідок чого розчин забарвлюється в синій колір.

За відсутності хлорид-іонів та відновників кип'ятіння можна не проводити. Після охолодження до суміші додають 8 мл розчину амоній молібдату і нагрівають до 40–50 °С. За наявності фосфору майже одразу утворюється жовтий осад амоній фосформолібдату (реакції заважає арсен).

Розчин молібдату амонію готують, змішуючи 100 мл 5 % водного розчину молібдату амонію зі 100 мл 10 н. розчину хімічно чистої сульфатної кислоти.

Спостереження _____.

Заповніть таблицю:

Таблиця 15

№ п/п	Хід реакції	Результат аналізу	Досліджувана речовина
1	У пробірку до 1 мл охолодженого розчину додають 0,5 мл або хлороформу, декілька крапель розчину $NaNO_2$ і суміш струшують.	Фіолетовий колір	
2	Додавання органічного розчинника хлороформу вказує на наявність галогеніду в досліджуваній сполуці	Коричневе забарвлення	
3	До розчинів додано сульфат заліза (II) та хлорид заліза (III)	Синій осад "берлінської блакиті"	
4	Додавання ацетату свинцю до досліджуваної проби	Чорний осад	

Дайте стислі обґрунтовані відповіді:

1. Як відомо, існують хлоровмісні й фосфорвмісні пестициди. Чи потрібен елементний аналіз для визначення структури пестициду щодо стану довкілля? Можна обійтися без затрат на аналіз? Адже будь-яка структура пестициду «спрацює» як пестицид, незалежно від складу галогену.
2. Чи важливо здійснювати елементний аналіз на вміст нітрогену в галузі сільського господарства? У яких випадках?
3. Вміст сірки в органічних речовинах важливий щодо випадання кислотних дощів?

Заняття№ 8
Тема: Якісний аналіз органічних сполук

Мета: ознайомлення і демонстрація аналітичного ефекту характерних реакцій на органічні сполуки.

Якісне визначення органічних речовин (функціональний аналіз)

Хід роботи

Реакції на вуглеводні

Реакції на визначення алканів, алкенів, алкінів

Якісне визначення

Реакція з бромом

Реактив. Розчиняють 5 г (1,6 мл) брому в 60 мл безводного тетрахлорометану.

Виконання реакції. У сухій пробірці розчиняють 0,1 г твердої або 0,2 мл рідкої досліджуваної речовини у 2–3 мл тетрахлорометану. До цього розчину, перемішуючи, додають краплями 5 % розчин брому в тетрахлорометані (3–5 крапель). Проба вважається позитивною, якщо забарвлення брому зникає швидко і не спостерігається виділення гідроген броміду (не відчувається запах, відсутня кисла реакція змоченого водою індикаторного папірця).

Спостереження алкани_____

Спостереження алкени_____

Спостереження алкіни_____

Реакція з калій перманганатом (проба Вагнера)

Виконання реакції. У пробірку з розчином 0,1 г або 0,2 мл досліджуваної речовини у 2–3 мл розчинника (вода, ацетон чи піридин) додають 1 мл 5 % розчину соди. Пробірку охолоджують водою з льодом, після чого прикапують при струшуванні 1 % розчин калій перманганату. За наявності в досліджуваній пробі кратних зв'язків відбувається швидке знебарвлення розчину перманганату і випадання бурого осаду MnO_2.

Спостереження алкани_____

Спостереження алкени_____

Спостереження алкінів_____

Якісні реакції алкінів

Утворення ацетиланідів

Виконання реакції. У пробірку наливають 2–3 мл 5 % розчину досліджуваної сполуки у спирті і додають кілька крапель амоніачного розчину купрум(I) хлориду (амоніачного розчину арґентум оксиду чи реактиву Несслера). Випадання осаду ацетиленіду відповідного металу свідчить про наявність у сполуці ацетиленового атома гідрогену. Після проведення досліду до реакційної суміші, де міститься ацетиленід металу, додають концентровану хлоридну кислоту, яка розкладає ацетиленід.

Спостереження _____

Реакція "срібного дзеркала" (реакція Толленса). У чисту пробірку вносять 2 краплі 0,1М розчину арґентум(I) нітрату і додають 1 краплю розчину амоніаку. Бурий осад арґентум(I) гідроксиду розчиняють при додаванні 2-3 крапель розчину амоніаку. До отриманого розчину додають кілька краплин 5%-го розчину формальдегіду та занурюють пробірку на декілька хвилин у водяну баню з температурою води 60-70 °С. Спостерігають виділення металевого срібла у вигляді блискучої дзеркальної плівки. Реакція є якісною на альдегідну групу.

Спостереження _____

Реакції на оксигенвмісні сполуки
Якісні реакції спиртів

Виконання реакції. У сухій пробірці до 1 мл досліджуваної речовини (безводної!) обережно додають невеликий шматок (0,1 г) натрію. Розчинення натрію, що супроводжується виділенням водню, свідчить про наявність активного водню у сполуці. Ця реакція може відбутися також із твердими чи в'язкими речовинами, якщо їх попередньо розчинити у безводному інертному розчиннику (лігроїн, бензен).

Спостереження _____

Ксантогенова проба

Виконання реакції. У пробірці до 4–5 крапель досліджуваної речовини додають 2 краплі сірковуглецю і вносять невелику кількість твердого лугу. Суміш струшують, злегка нагрівають на водяній бані і додають краплю 2 % розчину купрум(II) сульфату. Якщо аналізована речовина – первинний чи вторинний спирт, випадає коричневий осад ксантогенату купруму(I). За відсутності гідроксильних груп колір залишається синім.

Спостереження _____

Проба Лукаса

Реактив Лукаса. Розчиняють під час охолодження 13,6 г (0,1 моль) безводного $ZnCl_2$ у 10,5 г (0,1 моль) концентрованої хлоридної кислоти. Розчин використовують свіжоприготовленим.

Виконання реакції. У пробірці до 1 мл досліджуваної речовини додають 6 мл реактиву Лукаса. Суміш струшують і залишають за температури 25–30 °С на 10 хв. За цих умов первинні спирти утворюють гомогенний розчин, який може забарвитися в темний колір, але залишиться прозорим (реакція заміщення не відбувається); при наявності вторинних спиртів суміш через 10 хв мутніє і утворюються олієподібні краплі галогенопохідної; третинні спирти упродовж 5 хв утворюють алкілхлорид у вигляді олієподібного шару, що виділяється на дні пробірки.

Щоб розрізнити вторинні і третинні спирти, пробу повторюють з конц. HCl без цинк хлориду. За цих умов третинні спирти реагують упродовж 5-10 хв, а вторинні взагалі не утворюють алкілгалогенідів.

Спостереження _____

Окиснення хромовою сумішшю

Реактив (суміш Бекмана). Розчиняють 60 г калій біхромату в 300 мл води і до отриманого розчину додають 28 мл концентрованої сульфатної кислоти.

Виконання реакції. У невеликій колбі до 1–2 мл досліджуваної речовини додають 10 мл хромової суміші і декілька хвилин обережно кип'ятять із зворотним холодильником. Після цього реакційну суміш переганяють, збираючи 1–2 мл дистиляту у пробірку з спиртово-водним розчином 2,4-динітрофенілгідразину. Утворення осаду свідчить про наявність карбонільної сполуки. Наступну частину дистиляту (1–2 мл) збирають у пробірку з розчином Фелінга. Утворення червоно-жовтого осаду купрум(I) оксиду під час нагрівання пробірки свідчить про те, що утворена карбонільна сполука є альдегідом.

Спостереження _____

Якісні реакції фенолів

Реакція з лугами

Виконання реакції. У пробірці змішують декілька кристалів (або крапель) досліджуваної речовини з 5 % розчином NaOH. Суміш інтенсивно струшують. У випадку наявності фенолів спостерігається повне розчинення досліджуваної речовини.

Спостереження _____

Реакція з бромною водою.

Спостереження _____

Якісні реакції карбонових кислот

Реакції на індикатори

Виконання реакції. Розчин досліджуваної речовини у воді (~ 10 %) наносять скляною паличкою на відповідний індикаторний папірець. Аліфатичні і ароматичні карбонові кислоти змінюють забарвлення індикаторів, а саме: лакмус стає рожевим, конго – синім, а універсальний папірець (залежно від кислотності) – від жовтого до оранжевого. Реакція досить чутлива, тому її дають навіть погано розчинні у воді кислоти. Необхідно пам'ятати, що аналогічну реакцію індикатори дають на інші органічні сполуки, які не містять карбоксильної групи – сульфокислоти, тіо- та нітрофеноли тощо.

Спостереження _____

Реакція карбонових кислот з натрій гідрогенкарбонатом. Для виявлення карбонових кислот часто застосовують їх взаємодію з натрій гідрогенкарбонатом. У кілька пробірок вміщують по 5 крапель розчинів кислот (оцтової, трихлорооцтової, щавлевої, бурштинової, бензойної, саліцилової тощо) і додають по 2 краплі 5%-го розчину натрій гідрогенкарбонату. Спостерігають бурхливе виділення бульбашок газу – карбон(IV) оксиду.

Спостереження _____

Реакції нітрогенвмісних та сульфурвмісних сполук

Якісні реакції білків

Кольорова реакція. Біуретова реакція

Виконання реакції. У пробірку вносять 1 мл 10 % розчину білка, 1 мл 10 % розчину NaOH і 2 краплі 2 % розчину мідного купоросу. Вміст пробірки перемішують. Поява червоно-фіолетового забарвлення свідчить про наявність у молекулі білка пептидних зв'язків –C(O)–NH–. Проводячи реакцію, потрібно уникати надлишку мідного купоросу, оскільки його колір, а також колір Cu(OH)2, що утворюється в цьому випадку, маскує появу фіолетового забарвлення.

Спостереження _____

Ксантопротеїнова реакція.

Виконання реакції. У пробірку вносять 1 мл 10 % розчину білка і 1 мл концентрованої нітратної кислоти. Під час нагрівання на водяній бані згусток білка, що утворюється, забарвлюється в жовтий колір. Після охолодження у пробірку обережно (по стінці) додають надлишок концентрованого водного розчину амоніаку або натрій гідроксиду: розчин змінює забарвлення на оранжеве або жовто-оранжеве.

Спостереження _____

Реакція Фоля на наявність Сульфуру У пробірку наливають 0,5 мл розчину ацетату плюмбуму і по краплям доливають розчин гідроксиду натрію до розчинення утвореного гідроксиду плюмбуму. До нього доливають 2-3 краплі розчину білка. Суміш перемішують та обережно нагрівають до кипіння 2-3 хвилини. При цьому спостерігають характерне темне забарвлення утвореного плюмбум сульфіду.

Спостереження _____

Якісні реакції на вуглеводи

Реакція Моліша

Виконання реакції.

а) Реакція з α-нафтолом. До 1 мл водного розчину або суспензії досліджуваної сполуки (беруть кілька кристалів вуглеводу – не більше 5 мг) додають 1–2 краплі свіжоприготовленого 10 % спиртового розчину α-нафтолу. Суміш може трохи помутніти внаслідок випадання α-нафтолу. Пробірку струшують, потім нахиляють і по стінці до суміші обережно прикапують піпеткою 1 мл концентрованої сульфатної кислоти так, щоб вона не змішувалась з водним шаром (важкий шар кислоти має опуститися на дно пробірки). Виникнення червоно-фіолетового кільця на межі двох шарів свідчить про наявність вуглеводу або сполуки, яка містить вуглевод. Реакція дуже чутлива, необхідно слідкувати, щоб у реакційну суміш не потрапили забруднення, які містять вуглеводи, наприклад, ворсинки фільтрувального паперу.

б) Реакція з тимолом. Декілька кристалів досліджуваного вуглеводу нагрівають з 10 мл конц. HCl та додають 5 % спиртовий розчин тимолу.

З’являється червоне або червоно-пурпурове забарвлення. В результаті взаємодії гексоз з HCl утворюється 5-гідроксиметилфурфурол, який, конденсуючись з тимолом, дає забарвлені продукти (А або Б, залежно від співвідношення реагентів та умов реакції).

Спостереження _____

Окиснення моносахаридів реактивом Фелінга. Змішати у пробірці 1 мл розчину Фелінг-І (5 % розчин купрум(ІІ) сульфату) з 1 мл розчину Фелінг-ІІ (лужний розчин сегнетової солі). До одержаного темно-синього прозорого розчину реактиву Фелінга долити 1 мл розчину мносахариду. Суміш прогріти на водяній бані.

Реакція з реактивом Фелінга характерна і для відновлюючих *дисахаридів* з вільною альдегідною групою. Поява червоного забарвлення обумовлена відновлення $Cu(OH)_2$ до Cu_2O.

Спостереження _____

Окиснення моносахаридів амоніачним розчином аргентум(І) оксиду — реакція «Срібного дзеркала» У ретельно вимиту пробірку налити 2…3 мл розчину аргентум нітрату і, струшуючи, додати по краплях розчин амоніаку до розчинення осаду, утвореного спочатку (надлишок амоніаку у розчині знижує чутливість реакції). Потім до одержаного амоніачного розчину аргентум(І) гідроксиду долити 1 мл водного розчину альдози, або 1-2 мл лужного розчину кетози. Суміш нагріти на водяній бані. Під час нагрівання пробірку не струшувати, оскільки металічне срібло може виділитися не на стінках пробірки, а у вигляді темного осаду.

Спостереження _____

Робота №2

Тема: Якісне визначення хімічного складу в зразках продуктів харчування (овочах, м'ясних, молочних продуктах)

1.Визначення соланіну в картоплі

Соланіни – речовини, здатні спричиняти отруєння організму людини. їх добре видно у картоплі (мають зелене забарвлення). Ця речовина здебільшого знаходиться у шкірці, безпосередньо під шкіркою. Власне, кількість соланіну в картоплі невелика (до 0,01%). Водночас порушення агротехнічної обробки, неправильне зберігання, проростання й позеленіння картоплі “провокує” до збільшення його кількості у 10 разів і може сягати 500 мг/кг. Підвищення кількості соланіну супроводжується зміною смакових якостей картоплі (гіркий смак). У ростках, м’якоті, біля очок соланіну завжди більше.

За токсичністю, соланін – речовина середнього класу. Негативно впливає на слизові оболонки травного каналу, пригнічує діяльність центральної нервової системи. Засвоєння організмом значних його кількостей може викликати типові ознаки отруєння.

Наявність соланіну в картоплі легко визначити за умов навчальної лабораторії.

Якісне визначення соланіну в картоплі (за В.І. Ніловою)

Обладнання і реактиви: розчин CH_3COOH (конц.); розчин H_2SO_4 (конц.) (густина 1,84 *г/см);* розчин 5% H_2O_2, фарфорові чашки чи годинникове скло.

Хід аналізу

З бульби картоплі роблять декілька зрізів товщиною 1 мм:

А) продольні – від верхівки до основи осі, що ділить бульбу на рівноцінні половинки;

Б) поперечні – у основи та у верхівки бульби;

В) з боків;

Г) у ділянках біля очок.

Зрізи поміщають у фарфорову чашку чи на годинникове скло. На них наносять по краплях спочатку конц. CH_3COOH, далі конц. H_2SO_4 декілька крапель 5% H_2O_2. Майже негайно в місцях зрізу, що містять соланін, з'являється інтенсивне темно-малинове чи червоне забарвлення.

Завдання 1

Взяти декілька картоплин. Помити від бруду й здійснити надрізи згідно методики. Додати оцту й пероксиду водню. Спостереження занотувати.

2.Визначення крохмалю у зразках ковбасної продукції

Обладнання й реактиви: годинникове скло, скляна паличка; розчин Люголя.

Хід роботи

На поверхню свіжого розрізу ковбасного виробу нанести 2 краплі розчину Люголя. За наявністю крохмалю поверхня забарвлюється у синій або чорно-синій колір.

Завдання 2

Взяти декілька зразків ковбасної продукції й здійснити заміри згідно методики. Спостереження занотувати таблично.

Таблиця 16

№п/п	Назва зразка	Характеристика зразка

МОДУЛЬ 2

Методи кількісного аналізу у визначенні стану навколишнього середовища. Хімічні методи у визначенні стану об’єктів довкілля

Тема: Застосування методів кількісного аналізу для дослідження об'єктів довкілля. Хімічні методи

1.Сутність методів кількісного аналізу, їх класифікація та умови проведення.
2.Застосування хімічних методів у дослідженнях: гравіметричний метод аналізу.
3. Техніка виконання й обладнання гравіметричного аналізу.
4. Розрахунки кількісного вмісту компонента.
5. Дослідження за допомогою гравіметричного аналізу
6. Титриметричний аналіз: основні поняття
7. Класифікація методів титрометричного аналізу
8. Техніка виконання й обладнання аналізу
9. Способи виразу концентрації розчинів
10. Дослідження за допомогою методів титриметрії
11. Аналіз молочних продуктів та м'ясних виробів

Завдання для самостійної роботи здобувачів:

1. Різноманітність методів титриметричного аналізу.
2. Техніка виконання й обладнання гравіметричного аналізу.
3. Дослідження за допомогою гравіметричного аналізу
4. Техніка виконання й обладнання аналізу. Правила роботи на аналітичних терезах.
5. Дослідження за допомогою методів титриметрії об’єктів природного середовища.
6. Аналіз молочних продуктів та м'ясних виробів за допомогою титриметрії.
7. Посуд та обладнання у титриметрії.
8. Калібрування мірного посуду.

Заняття №9

Тема: Кількісний аналіз. Загальна характеристика методів. Гравіметрія.

Мета: сформувати у здобувачів вищої освіти поняття про методологію проведення кількісного аналізу стану довкілля; ознайомитися з методикою процедури гравіметричного аналізу.

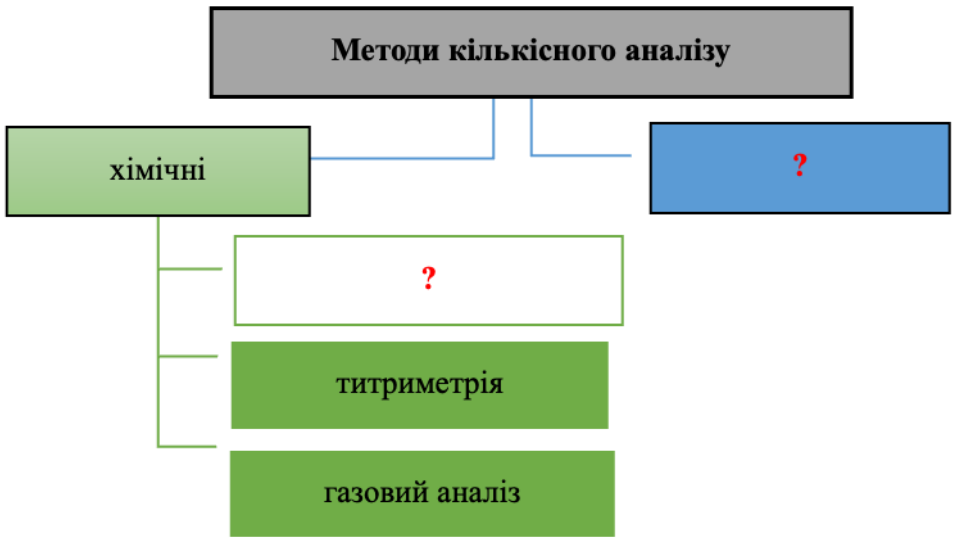
Актуалізація опорних знань здобувачів:

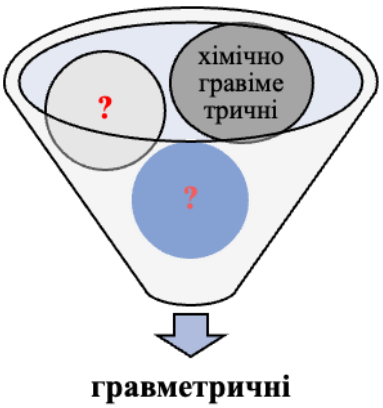
1. *Вставте в текст пропущені слова, терміни чи дайте визначення поняття:*

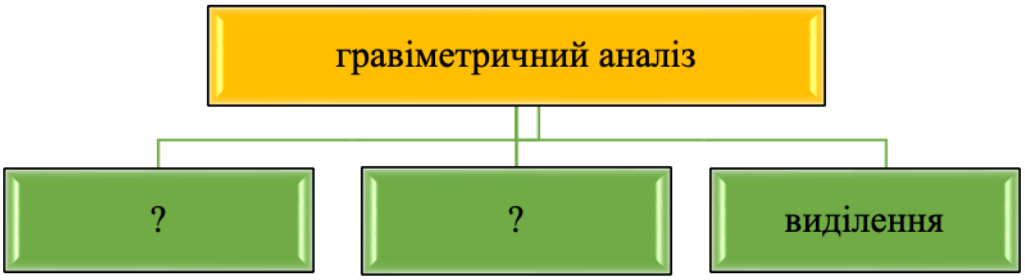
2. Сукупність експериментальних методів, за допомогою яких в зразку досліджуваного матеріалу визначають кількісний вміст (концентрацію) окремих складових частин та домішок представляють *як…… аналіз*.
3. Методи кількісного аналізу розподіляють на ……. .
4. На використанні різних типів хімічних реакцій, які кількісно відбуваються у розчинах, розплавах, твердих тілах або газах ґрунтуються ……. *методи*.
5. Хімічні методи кількісного аналізу поділяють на ……..., титриметричні, газовий аналіз.
6. Хімічногравіметричні, електрогравіметричні, термогравіметричні методи складають групу …… хімічного аналізу.
7. Методи аналізу, в яких кількісний склад досліджуваної проби визначають шляхом точного вимірювання об'єму розчину реагенту відомої концентрації (*титранту*) складають суть …… аналізу.
8. "Т*итр*" позначає вміст (у грамах) речовини в …… мл розчину.
9. Розчини реактивів із точною концентрацією називають робочими чи …….
10. Метод, заснований на вимірюванні об'єму газу, що утворюється або поглинається внаслідок хімічної реакції складає суть …… *аналізу*.
11. Класичними часто називають …….. методи аналізу.
12. Методи аналізу, побудовані на вимірюванні величин фізичних параметрів досліджуваних речовин чи їх розчинів, які є функцією їх кількісного складу називають ……..
13. Методи, побудовані на вимірюванні величин фізичних параметрів досліджуваної системи, які з'являються або змінюються у результаті проведення хімічних реакцій – *це* ……..кількісного аналізу.
14. Узагальнюючи методи, їх поділяють на хімічні та …….методи кількісного аналізу.
15. До …….. відносять фізичні й фізико-хімічні.
16. «Ваговим» називають ……. метод кількісного аналізу.
17. «Об'ємним» називають …….. метод кількісного аналізу.
18. На точному вимірюванні маси досліджуваної речовини (компонента суміші), які виділено в хімічно чистому вигляді чи у вигляді хімічних сполук точно відомого складу ґрунтується …… метод кількісного хімічного аналізу.

19. Методи кількісного хімічного аналізу, засновані на законах збереження маси і сталості складу речовин, складають суть ……. дослідження.
20. В залежності від процесів, застосовуваних у ході роботи, гравіметричний аналіз умовно поділяють на три групи методів: …….., відгонки та виділення.
21. Якщо наважку досліджуваної речовини розчиняють у відповідному розчиннику, після чого кількісно осаджують певний компонент у вигляді малорозчинної сполуки – то це використовують гравіметричний аналіз з методів……..
22. Отриманий в результаті хімічної реакції осад, необроблений, невідфільтрований має назву "…….. *форма*".
23. Осад в гравіметричному аналізі, піддають аналітичній обробці, відфільтровують, промивають, просушують і називають «……..» чи «……» формою.
24. "О*саджену форму*" й "*вагову (гравіметричну)*" не розрізняють чи розрізняють? (написати виразом).
25. Коли досліджуваний компонент відокремлюють з проби, яку аналізують і кількісно відганяють у вигляді леткої сполуки, то використовують м*етоди*……..
26. Метод відгонки (гравіметрія) називають ……, якщо масу відігнаного продукту вимірюють безпосередньо.
27. У тих випадках, коли масу знаходять за різницею мас проби до і після відгонки (гравіметрія), метод називають ……...
28. Якщо досліджувану речовину (компонент суміші) кількісно виділяють у вільному стані і зважують на аналітичних терезах, то говорять про метод …… (гравіметрія).

2. *Виконайте завдання:*
Заповніть схеми:







3.Обгрунтуйте й поясніть:

1. Функціональні завдання кількісного аналізу. В чому полягають?
2.Розкажіть про класифікацію методів кількісного аналізу.
3. Чому гравіметричний метод має назву «ваговий»?
4. Чому титриметричний метод називають «об'ємним»?
5. Яка різниця між «осадженою» та «гравіметричною» формами продукту?
6. В чому суть гравіметричного методу осадження?

4.Виконайте завдання.

Проглянути демонстраційне відео. Визначити:

1. Який метод кількісного аналізу застосовано?
   (-а. хімічний, фізичний, фізико-хімічний;
   -б. гравіметрія, титриметрія, газовий аналіз;
   -в. осадження, відгонки, виділення)?

2.Який вигляд продукту та яку форму продукту отримано? Відповідь обгрунтуйте.

Заняття №10

Тема: Гравіметричний аналіз. Техніка виконання аналізу

Мета: сформувати у здобувачів вищої освіти поняття про методологію проведення аналізу стану довкілля; ознайомитися з процедурою виконання гравіметричного аналізу у процесі визначення стану навколишнього середовища.

Актуалізація опорних знань здобувачів:
1. Вставте в текст пропущені слова, терміни чи дайте визначення поняття:
1. У гравіметричному методі аналізу як основний прилад використовують ……..
2. Зважування з точністю до ±0,01 г проводять на …….. терезах.
3. Зважування з точністю до ±0,0001-0,0002 г здійснюють на …….. терезах.
4. В окремих відведених лабораторних приміщеннях (вагових кімнатах) на спеціальних монолітних полицях-підставках встановлюють ……. терези.
5. Одержання відносно невеликої кількості вихідної речовини, в якій кількісний вміст компонентів повинен дорівнювати їх кількісному вмісту в усій масі досліджуваної речовини це – відбір …….. проби.
6. Взяття точної наважки середньої проби в гравіметрії здійснюють на …….
7. …….. – це та маса речовини, яка необхідна для аналізу.
8. ……., ……., фільтри – це фільтри із спеціально обробленого фільтрувального паперу.
9. Беззольні фільтри мають різну ……., необхідну для роботи з кристалічними й аморфними осадами.
10. Залежно від щільності та упаковки, беззольні фільтри розрізняють за кольором оперізувальної стрічки:……. стрічка - для грубозернистих й аморфних осадів.
11. Залежно від щільності та упаковки, беззольні фільтри розрізняють за кольором оперізувальної стрічки: ……- для дрібнозернистих осадів.
12. Висушування осадів здійснюють перенесенням фільтра з осадом у тигель та витримуванням його у ……. при температурі 95-100^0 С.
13. Прожарювання осадів у тиглях проводять при температурі близько 500°С у ……..
14. Охолодження, зберігання та перенесення висушених і прожарених осадів здійснюють за допомогою ……..

2.Виконайте завдання:
Заповніть схему:

Гравіметричний аналіз проводять у такій послідовності:

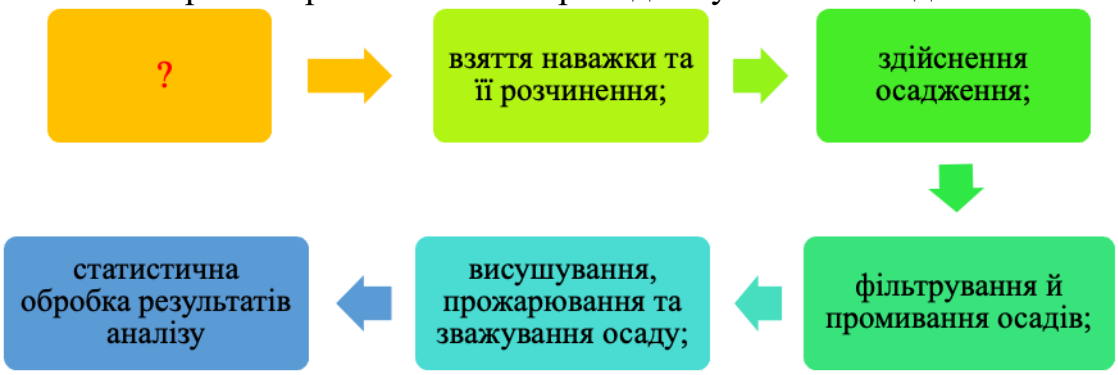


Схема 1

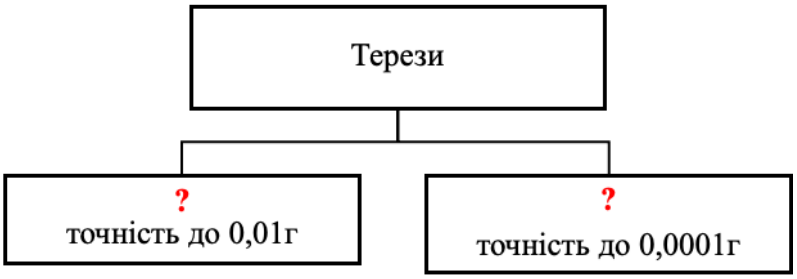


Схема 2

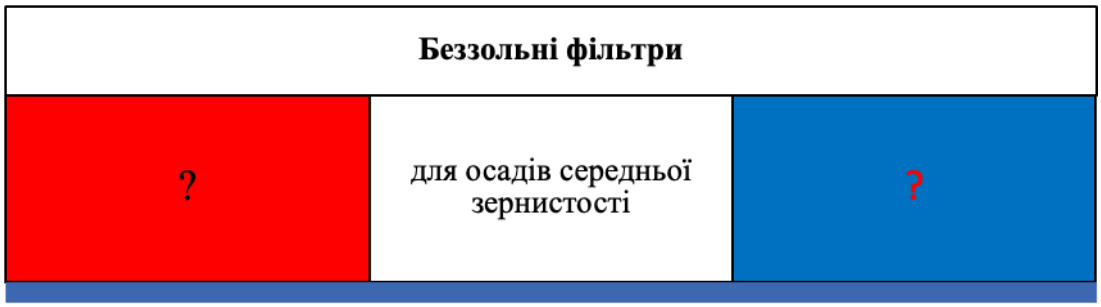


Схема 3

3.Обгрунтуйте й поясніть:

1. Де, на якому етапі виконання гравіметричного аналізу використовують процедуру «квартування»? Розкажіть про неї.
2. Чому важливий етап «відбір середньої проби»?
3. Взято беззольний фільтр з червоною стрічкою та використано його в аналізі з отриманням дрібнозернистого осаду. Чи правильно це? Обґрунтуйте відповідь.
4. Навіщо використовують технохімічні терези? Чому недостатньо аналітичних терезів?
5. Яка процедура продемонстована на малюнку? Яке обладнання використано? Чи потрібно таке обладнання для отримання «осадженої» форми продукту?



Мал.1

6. Яка процедура демонструється на малюнку нижче (рис. 7)? Яке її значення в гравіметричному аналізі?



Рис. 7.

8. Продивитися демонстраційний матеріал «центрифугування». Пояснити, навіщо потрібна така процедура?

4. Виконайте завдання

Робота №1

Аналітичні терези. Правила взяття наважок.

Теоретична частина

Для точного визначення маси досліджуваних речовин використовують гравіметричний аналіз. В лабораторії аналітичної хімії технохімічні терези (рис. 8) використовуються для визначення маси з точністю до ±0,01 г, а аналітичні терези – з точністю до ±0,0001 г (рис. 9).



Рис. 8. Технохімічні терези

Аналітичні терези – це точний прилад, який потребує регулярного техобслуговування (повірки) та обережного поводження. Для того щоб терези точно та довго працювали слід дотримуватись встановлених правил поводження з аналітичними терезами.

1. Перед зважуванням потрібно перевірити стан терезів: шматочком бархату чи м'якою щіточкою зняти пил з чашок і встановити нульову точку.

2. Не дозволяється навантажувати терези понад максимальну масу. Якщо маса предмета сумнівна, то його необхідно попередньо зважити на технохімічних терезах.

3. Переконатися у відсутності забруднення на зовнішній поверхні чашки терезів перш, ніж ставити на них предмет. Не дозволяється ставити на вагові чашки забруднені або вологі предмети; не можна розсипати й розливати нічого в середині шафи терезів.

4. Пересувати або переносити терези з того місця, на якому вони стоять не дозволяється. Не можна доторкатися до терезів при відкритому аретиру.

5. Ставити предмети чи гирі на чашки терезів або знімати їх можна лише після попереднього аретирування терезів. Повертати аретир необхідно повільно й обережно.

6. На чашки терезів не можна ставити гарячі або холодні предмети. Предмети, які зважують, повинні охолодитися або нагрітися до температури терезів.



Рис. 9. Будова аналітичних терезів

7. Предмети які зважують не можна класти безпосередньо на чашку терезів, зважувати на листку паперу й інше. Зважування речовин необхідно виконувати в спеціальному посуді – у тиглі, на годинниковому склі, або в бюксі, тощо.

8. Передні дверцята терегів повинні бути весь час закритими. При зважуванні необхідно користуватися лише боковими дверцятами терезів.

9. Гирі необхідно брати лише пінцетом і ставити на праву чашку терезів (по центру), а предмет, який зважують – на ліву чашку. Гирі можуть знаходитися тільки у футлярі у відповідному гнізді, або на чашці терезів.

10. Результати зважування необхідно записувати за порожніми гніздами у футлярі комплекту гир.

11. Зважувати речовини, які гігроскопічні, леткі або виділяють їдку пару, можна лише в герметично закритому посуді (наприклад у бюксі).

12. Всі зважування виконувати на одних і тих же терезах, користуючись єдиним комплектом гир.

13. Після закінчення зважування терезів необхідно аретувати (аретир опустити), дверці закрити, малий і великий лімби поставити на нуль.

14. Спиратися на столик з терезами і перешкоджати працюючому на терезах не можна. У випадку порушення роботи терезів звернутися до лаборанта.

Порядок зважування на аналітичних терезах

1. Перед початком зважування на аналітичних терезах їх необхідно включити розетку в мережу струму (~ 220 В). Не відкриваючи дверцят шафи терезів, при нульовому положенню лімбів плавно повертати диск аретиру до кінця. Лампа освітлювача включається і на екрані вейтографу з'являється зображення мікрошкали. Коливання стрілки швидко зупиняється. Нуль шкали збігається з вертикальною лінією на екрані. Якщо такого збігу не відбулося, необхідно поворотом головки коректора сумістити лінію з нулем мікрошкали. Після цього, відкриваючи і закриваючи аретир, переконатися, що стрілка зупиняється на нулі, збігаючись з указником вейтографу.

2. На середину лівої чашки терезів поміщають предмет, який попередньо зважують на технохімічних терезах, а на праву чашку – гирку. Попередньо допускають що маса її важча за предмет, і плавно привідкривати аретир, щоб було видно невелике відхилення стрілки. Якщо мікрошкала при цьому переміщується на екрані вправо – це означає, що гирка перетягує. У цьому випадку закрити аретир і замість даної поставити меншу за порядком гирку та знову опустити аретир. Так продовжувати до тих пір, поки не буде визначена маса з точністю до 1 г .

3. Далі потрібно накладати дрібні кільцеві гирки поворотом великого лімба. При закритому аретирі повертати лімб проти годинникової стрілки через одну поділку, встановлювати цифри лімба напроти стрілки – вказівника міліграмів. Лімб можна повертати в будь-якому напрямі. Потім накладати гирі за допомогою малого лімба в такому ж порядку.

4. Дрібні гирки потрібно накладати до тих пір, поки відхилення стрілки не перестане виходити за цифру +10 (або -10) мікрошкали. Після цього почекати повного зупинення стрілки. На світловому екрані зафіксувати за мікрошкалою результат та записати його. Великі поділки відповідають третьому, а дрібні – четвертому знаку після коми.

5. Після закінчення роботи обидва лімби привести у нульове положення, зняти гирі та покласти у футляр, зняти предмет, і перевірити нульову точку. Якщо вказівник екрану не збігається з нулем мікрошкали, необхідно за допомогою коректора досягти збігання їх і знову зважити предмет.

Пристрої та посуд для виконання гравіметричного аналізу

Сушильна шафа – це прилад призначений для проведення робіт з сушіння, стерилізації, визначення вогкості матеріалів та для інших робіт, які вимагають нагріву понад 150°С. У верхній частині шафи розташований отвір для установки термометра (рис. 10).

Муфельна піч використовується в лабораторіях аналітичного аналізу для прожарювання зразків при температурі 800-1200°С і проведення різних термічних процесів в повітряному середовищі (рис. 11).



Рис. 10. Сушильна шафа



Рис.11. Муфельна піч

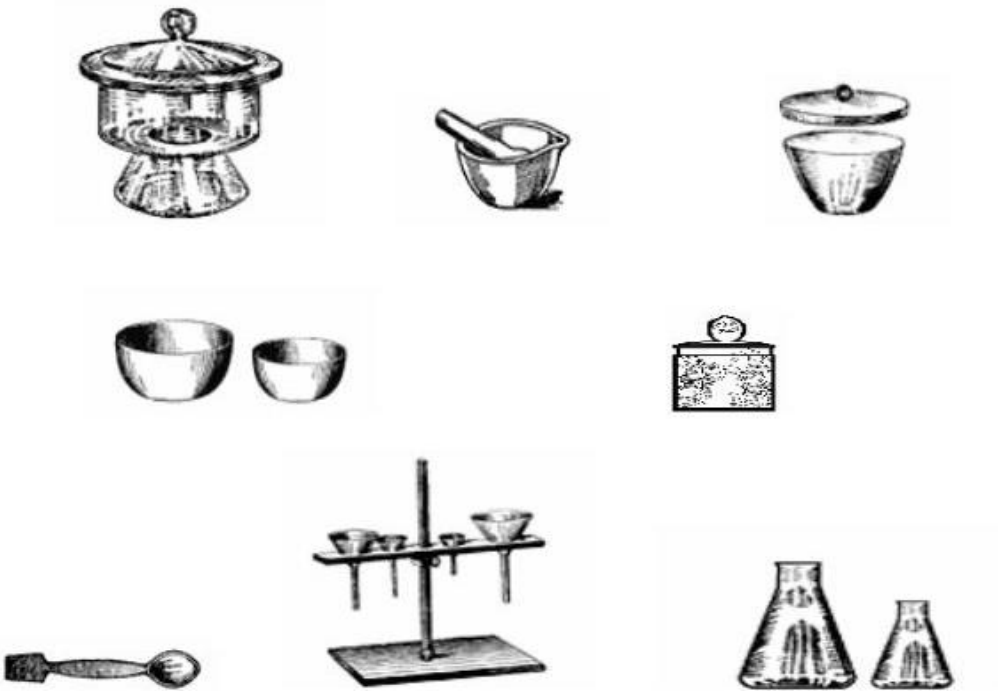


Рис. 12. Посуд для виконання гравіметричного аналізу:
1 – ексикатор; 2 – фарфорова ступка з товкачиком; 3 – тигель; 4 – фарфорові чашки; 5 – бюкс; 6 – шпатель; 7 – хімічні лійки; 8 – конічні колби

Ексикатор – це спеціальний посуд, призначений для захисту предметів від поглинання вологи з повітря при їх охолодженні та зберіганні. В нижній частині ексикатора знаходиться осушуюча речовина – це може бути безводні $CaCl_2$, $CuSO_4$, CaO або концентрована H_2SO_4. При роботі з ексикатором треба слідкувати щоб притерті частини завжди були змащені, при перенесенні треба

притримувати кришку, не можна залишати ексикатор відкритим, при відкриванні кришку необхідно зсувати у бік, а не піднімати (рис. 12).

Ступка фарфорова з товкачиком застосовуються для тонкого подрібнення невеликих кількостей твердих речовин і їхнього ретельного перемішування. Подрібнення проводиться за допомогою товкача. Для ефективності подрібнення і розтирання внутрішня поверхня фарфорової ступки не покривається глазур'ю і залишається шорсткою. Зовнішня сторона ступки, за винятком дна і частини стінок, покрита глазур'ю (рис. 12).

Тигель застосовується для прожарювання осадів, спалювання органічних сполук при визначенні зольності. Весь тигель, за винятком верхньої кромки і зовнішньої сторони дна, покритий глазур'ю. Фарфорові тиглі можна нагрівати до температури 1200°С (рис. 12).

Фарфорові чашки застосовуються для випаровування до сухого залишку рідин нейтрального, лужного і кислого характеру, що не надають руйнівної дії на глазуруючю поверхню фарфорової чашки. Внутрішня і зовнішня поверхні за винятком верхньої кромки, покриті глазур'ю (рис. 12).

Бюкс – скляний тонкостінний стаканчик з притертою скляною кришкою. Застосовується для зважування проб головним чином твердих сипких матеріалів, а також для висушування (рис. 12).

Шпатель фарфоровий застосовується для набору речовини при зважуванні на терезах, для зняття осадів з фільтрів, розтирання. Шпатель фарфоровий покритий з усіх боків глазур'ю. Шпателі можуть також виготовлятися зі стійкого металу (рис. 12).

Хімічні лійки застосовується для переливання рідин та фільтрування (за допомогою паперового фільтру) (рис. 12).

Колби конічні застосовуються для різних аналітичних робіт, в тому числі як приймачі при перегонці, для титрування, перекристалізації органічних речовин тощо (рис. 12).

Хід роботи

Обладнання та реактиви: Аналітичні та технохімічні терези, бюкси діаметром 30...40 мм, хімічний посуд та пристрої для гравіметричного аналізу.

Завдання

Вивчити будову технохімічних та аналітичних демпферних терезів, правила зважування та посуд для виконання гравіметричного аналізу

Визначити масу порожнього бюкса (виданого лаборантом) з точністю до 0,0001 г.

Заняття №11

Тема: Способи вираження концентрацій розчинів

Мета: сформувати у здобувачів вищої освіти поняття про методологію проведення аналізу стану довкілля; ознайомитися з видами вираження концентрацій розчинів.

Теоретична частина

Концентрацією називають величину, що вказує, яка кількість розчиненої речовини міститься у певній масі розчину. Ця величина виражається різними способами.

Масова (вагова) частка розчиненої речовини (ω) – це відношення маси певної речовини *(m_p)* до загальної маси системи *($m_{сист}$)*:

$$\omega = \frac{m_p}{m_{сист}}$$

Масова частка може бути виражена у відсотках:

$$\varpi = \frac{m_h}{m_{сист}} \cdot 100\% .$$

Масова концентрація (ρ) – відношення маси компонента до об'єму системи (розчину):

$$\rho = \frac{m_P}{V_{сист}} .$$

Масову концентрацію виражають у кг/м^3 або г/м^3, г/см^3 тощо.

На практиці концентрацію розчинів часто виражають через молярну і нормальну концентрацію. *Молярна концентрація* – це число молів розчиненої речовини у 1 л розчину. Моль – одиниця кількості речовини, яка вміщує стільки молекул, атомів, іонів чи інших структурних одиниць, скільки міститься атомів у 0,012 кг ізотопа карбону ^{12}C. Масу речовини, що дорівнює 1 молю, називають молярною масою. Вона виражається у г/моль. Молярна маса речовини, чисельно дорівнює її відносній молекулярній та атомній масі.

Нормальна концентрація (молярна концентрація еквівалента) – це співвідношення кількості речовини еквівалента у системі (наприклад, у розчині) до об'єму цієї системи. Розчин, що містить 1 моль еквівалентів у 1 л, називають нормальним.

Еквівалент кислоти (лугу) – така частина речовини, що в певній реакції титрування вивільняє один іон гідрогену чи з'єднується з ним. Розчини – *n(HCl)*=1моль, *n(1/2H_2SO_4)*= 1моль, *n(1/3H_3PO_4)*=1моль, будуть містити один моль еквівалентів кислот.

Еквівалент окисненої (відновленої) речовини – це така частка речовини, яка у певній хімічній реакції може приєднувати чи вивільняти один електрон. Приклад *n(1/5КmnO_4)*=1 моль.

Завдання для самостійної роботи:

Обчисліть:

1. У якому об’ємі води необхідно розчинити 2 моль гідроксиду натрію, щоб отримати 20-%-ий розчин?
2. У 270 мл води розчинено 30 г хлориду натрію. Яка масова частка розчиненої речовини (у%)?
3. Яка масова частка цукру у розчині, що містить 6 г цукру у 40 г води?
4. До 200 мл 20% розчину хлоридної кислоти додали 100 мл води. Яка масова частка цієї кислоти у новому розчині?
5. Для миття лабораторного посуду використовують хромову суміш: 9,2 г калій дихромату розчиняють у 100 мл концентрованої сульфатної кислоти густиною 1,84 г/см^3. Яка масова частка дихромату у розчині?
6. Яка молярна концентрація 10%-ого розчину хлоридної кислоти (густина=1,05 г/мл)?
7. Фізіологічний розчин – це 0,9%-ий розчин натрію хлориду. Розрахуйте молярну концентрацію розчину, якщо його густина 1 г/см^3.
8. Обчисліть молярну масу еквівалента соди Na_2CO_3?
9. Чому дорівнює молярна маса еквівалентів у (NaOH, HCl, H_2SO_4, K_2O)?

Контрольні запитання і завдання

1. У чому суть хімічних методів аналізу?
2. Що таке масова частка речовини?
3. Що таке молярна концентрація?
4. Як визначають еквіваленти лугів?
5. Обчисліть молярну масу еквівалента $BaCI_2$, K_2CO_3.
6. Чому дорівнює молярна маса еквівалентів у КОН, HNO_3, Na_2O?

Заняття №12

Тема: Розрахунки у гравіметричному аналізі

Мета: сформувати у здобувачів вищої освіти поняття про методологію проведення аналізу стану довкілля; ознайомитися з методами статистичної обробки результатів. Навчитися виконувати розрахунки у гравіметричному методі аналізу.

Теоретична частина

Обчислення маси речовини і її процентного вмісту здійснюють за рівнянням реакції утворення гравіметричної форми постійного складу. Наприклад, при визначенні барію у хлориді барію його осаджують сірчаною кислотою та за масою прокаленого осаду визначають масу барію. Записують рівняння реакції:

$BaCl_2 + H_2SO_4 \rightarrow BaSO_4 + 2HCl$

Якщо маса осаду дорівнює 0,4665 г, то можна записати, що:

у 233,4 г $BaSO_4$ ------ 137,3 г Ba

у 0,4665 г $BaSO_4$---------X г Ba

звідси X= 0,2744 г.

Аналітичний множник f (або φ – фактор перерахунку) – відношення молярної маси досліджуваної речовини до молярної маси речовини, що знаходиться в осаді (до гравиметричної форми). Він показує скільки грамів досліджуваної речовини містить 1 г осаду. Наприклад, при визначенні барію у вигляді $BaSO_4$ аналітичний множник дорівнює:

$$f = A_{Ba} / M_{BaSO} = 137,3 / 233,4 = 0,58869$$

Користуючись множником, обчислення ведуть за готовими формулами:

$$\frac{mf}{m_1}100\% = x\% \ ,$$

де m – маса отриманого осаду; m_1 – наважка досліджуваної речовини.

Виведення формули аналізуючої речовини.

Для встановлення хімічних формул невідомих сполук масову частку елементів ділять на відповідні відносні атомні маси. При цьому отримуємо числа, які відносяться одне до одного як числа атомів, що входять до складу молекули цієї сполуки. Ці відношення дробів заміняють відношенням найближчих цілих чисел, прирівнюючи найменше до 1.

Приклад. Експериментально виявлено, що до складу входять 47,96% цинку і 52,04% хлору. Яка формула речовини?

Діленням масової частки кожного з компонентів на його атомну масу маємо таке співвідношення:

$$\frac{47,96}{65,38} = \frac{52,04}{35,46} = 0,7335 : 1,4674.$$

Прийнявши найменше з останніх двох чисел за 1 та розділивши друге на нього, знайдемо відношення 1: 2. Отже, формула сполуки буде $ZnCl_2$.

Аналіз природних мінералів здійснюють аналогічно, з тою різницею, що компоненти мінералів зазвичай представляють їх оксидами. Якщо масову долю кожного компоненту розділити на його молекулярну масу, то отримаємо число молів відповідного компоненту у 100 г мінералу.

Завдання для самостійної роботи

Обчислити:

1. У розчині, що містить іони хлору, хлор осадили у вигляді $AgCl_2$, маса якого після висушування дорівнювала 0,1562г. Обчисліть вміст іонів хлору у розчині.
2. У розчині, що містить іони срібла, осадили їх у вигляді $AgCl_2$, маса осаду після висушування дорівнювала 0,4206 г. Обчисліть вміст іонів срібла у розчині.
3. Шматок срібної монети масою 0,2 г після розчинення у надлишку хлориду натрію дає осад хлориду срібла масою 0,2393 г. Яка масова доля срібла у монеті?
4. Обчислити аналітичний множник для визначення хлору у вигляді хлориду срібла.
5. Аналіз визначив такий склад сполуки: кальцію- 23,53%; гідрогену – 2,37%; фосфору – 36,49%; оксигену – 37,61%. Яка формула сполуки?
6. Силікат містить: K_2O – 21,53%; AI_2O_3 – 23,35%; SiO_2 – 55,12%. Визначте формулу мінералу.
7. Знайдіть формулу сполуки, якщо до її складу входять: карбон – 26,67%, гідроген – 2,24%, оксиген – 71,09%.
8. У результаті аналізу оксиду заліза отримано, що він містить 69,94% заліза та 30,06% оксигену. Знайдіть формулу оксиду.

Контрольні питання і завдання

1. У чому суть гравіметричного методу?
2. Назвіть основні операції гравіметричного методу аналізу.
3. Що таке гравіметрична і осаджена форми? Чи ідентичні вони?
4. Що таке аналітичний множник?
5. У яких дослідженнях фахівцю-екологу доцільно застосовувати методи гравіметричного аналізу?
6. Кристалічна речовина вміщує 2,9% нітрогену, 11,2% феруму, 13,28% сульфуру, 5,81% гідрогену і оксигену. Визначте формулу цієї сполуки.

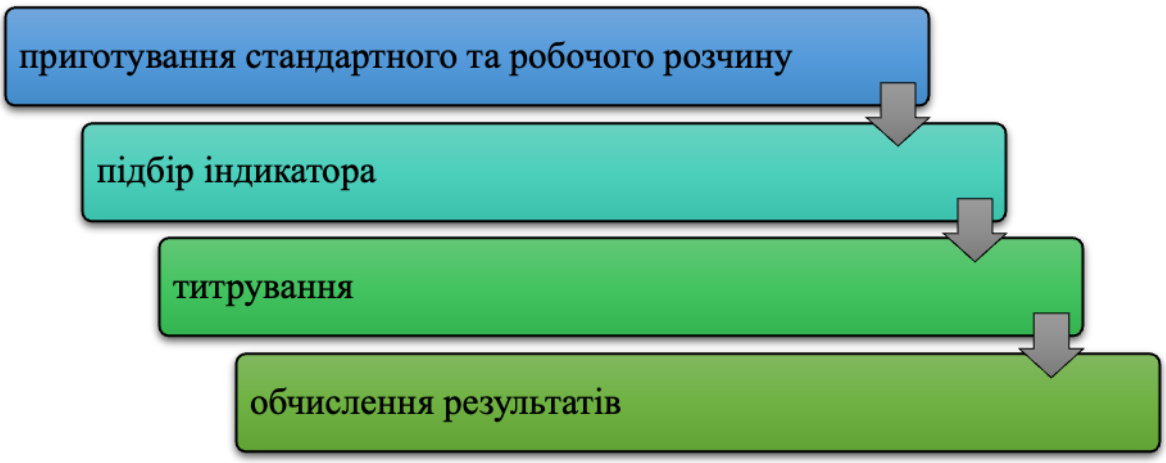
Заняття №13

Тема: Титриметричний аналіз. Калібровка мірного посуду

Мета: ознайомитися з обладнанням, що використовується у титриметричному методі аналізу та навчитися визначати фактичну місткість мірного посуду.

Теоретична частина

Метод титриметрії включає операції:



Приготування розчинів (стандартних та робочих) здійснюють шляхом розчинення точної наважки речовини у воді чи іншому розчиннику, використовуючи мірну колбу необхідного об'єму. Точну наважку розчиняють у невеликій кількості розчинника та поступово доводять об'єм до мітки мірного посуду.

У випадку, коли розчини, що використовують як титранти змінюють склад при зберіганні, зважуванні, розчиненні – готують робочі розчини (стандартизовані). У необхідній кількості води розчиняють приблизні кількості речовини і титрують розчином підібраної стандартної речовини. Далі обчислюють концентрацію стандартизованого розчину за отриманими величинами об'ємів і концентрацій витраченого стандартного розчину.

На практиці для приготування стандартних розчинів часто використовують фіксанал – запаяну скляну ампулу з кількістю речовини, необхідної для приготування 1 л 0,1 н (0,01н) розчину.

Підбір індикатора. Індикатор – речовина, за допомогою якої визначають точку еквівалентності – моменту завершення реакції.

Підставою для підбору є зміна параметрів системи, можна зафіксувати і негайно припинити титрування.

Титрування. Використовуючи піпетку в конічну колбу на 50 мл набирають 10-20 мл досліджуваного розчину. До нього додають одну-дві краплі індикатора і перемішують. Стандартний розчин заливають у бюретку. Бюретки виконують функцію відліку об'єму розчину, витраченого на титрування. За допомогою лійки бюретку заповнюють розчином вище нульової поділки, заповнюють

відтягнуту трубку, гумовий затвор. Потім встановлюють рівень розчину на нульовій поділці, зливаючи розчин з бюретки. Відлік проводять від нижнього меніска. Титрування проводять за такими правилами:

- кожне титрування починають, коли розчин у бюретці знаходиться на рівні нульової позначки шкали;
- випускають розчин з бюретки зі швидкістю 3-4 краплі у секунду;
- об'єм розчину для титрування не повинен перевищувати вмісту однієї бюретки.

На рис. 12 і 13 подано деякі елементи правильного виконання операцій під час титрування.

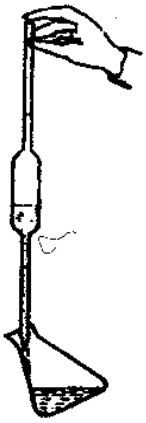


рис. 12. Виливання розчину з піпетки

а б в

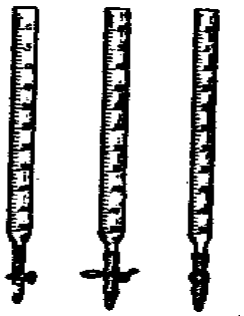


рис. 13. Бюретки: а) з краном; б) з металічним зажимом; в) зі скляною кулькою у середині гумової трубки

Титрування проводять, поки у конічній колбі з досліджуваною речовиною від однієї краплі титранту не зміниться забарвлення.

Обчислення результатів проводять на основі закону еквівалентів:

$$N_1 \cdot V_1 = N_2 \cdot V_2,$$

де 1 – титрант; 2 - досліджувана речовина.

Проведення аналізу необхідною умовою щодо одержання достовірних результатів передбачає відповідність та точність ємкості використовуваного обладнання.

При калібруванні мірного посуду на заводах-виробниках можуть виникати помилки, що зумовлює необхідність перевірки її правильності і відповідності вказаній місткості.

Калібрування здійснюють двома способами:

- калібрування "на виливання" (піпетки, бюретки);
- "на вливання" (мірні колби).

Перевірку калібрування проводять шляхом визначення маси води, яка вміщується у мірний посуд чи виливається з нього, враховуючи ряд поправок:

а) на зміну густини води зі зміною температури;

б) зміну маси тіла відповідно закону Архімеда, при зважуванні на повітрі;

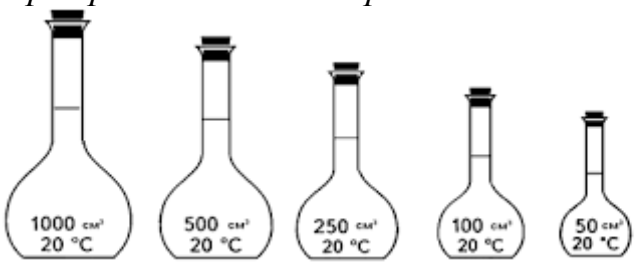
в) зміну місткості колби зі зміною температури.

Перевірка місткості мірного посуду об'ємом 50 см^3 потребує зважування на аналітичних терезах, але з точністю до 0,001 г. Якщо мірний посуд більшої місткості – зважування проводять на технічних терезах з точністю до 0,02 г.

Хід роботи

Завдання для самостійної роботи

Перевірка місткості мірної колби.



Калібрування колб, місткістю 100 см^3, проводять на технічних терезах.

Вимірюють температуру дистильованої води, яка використовується для заповнення колби (вона не має відрізнятися від температури навколишнього повітря більше ніж на один градус за Цельсієм). Ретельно вимиту суху колбу поміщають на ліву шальку технічних терезів, туди ж поміщають важок масою 100 г. Праву шальку врівноважують тарою (сухий пісок, важки тощо). Терези аретують та знімають важок масою 100 г.

Колбу заповнюють дистильованою водою до поділки, витирають ззовні рушником і видаляють смужками фільтрувального паперу краплі води на внутрішній поверхні шийки колби. Знову поміщають на ліву шальку терезів заповнену водою колбу і врівноважують їх шляхом додавання важків на ліву чи на праву шальку за потреби.

Результати зважування можуть представляти такі варіанти:

1. Рівновага терезів не порушилась, тобто маса води в колбі важить 100 г: $m_{факт}$=100,00 г.
2. Рівновага порушена, тобто маса води в колбі менше ніж 100,00 г: $m_{факт.}$=100-m.
3. Рівновага порушена, тобто маса води у колбі більша ніж 100,00 г: $m_{факт}$=100+m.

Надалі визначають теоретичну масу води $m_{теор.}$ З урахуванням різноманітних поправок (а, б, в) при даній температурі, тобто масу води, що вміщується у скляну мірну колбу, місткість якої при стандартній температурі (20^0C) дорівнює 1000см^3. Величину ($m_{теор.}$) знаходять у довідниковій літературі. Фактичний об'єм мірної колби знаходять за формулою:

$$V_{факт.} = \frac{V_{теор} \cdot m_{теор}}{m_{факт}}.$$

Визначення об’єму мірної колби проводять декілька разів до одержання відтворюваних результатів, при цьому результати зважувань не повинні відрізнятись більше ніж на ±0,1 г.

Перевірка місткості піпетки (на 10,00-25,00 см^3).

Вимірюють температуру дистильованої води, яку використовують для калібрування піпетки. Зважують на аналітичних терезах з точністю до 0,001 г сухий бюкс, закритий кришкою. Ретельно вимиту піпетку двічі ополіскують дистильованою водою, заповнюють нею піпетку до мітки і виливають воду у зважений бюкс, додержуючись правил роботи з піпетками. Бюкс закривають кришкою і зважують. Знаходять масу води, яка міститься у бюксі. Місткість піпетки обчислюють так, як і місткість мірної колби.

Дослідження повторюють до одержання відтворюваних результатів, які не повинні відрізнятися більше ніж на ±0,001 г.

Перевірка місткості бюретки.

Вимірюють температуру дистильованої води, яку використовують для калібрування бюретки. Визначають на аналітичних терезах з точністю до 0,001 г масу сухого бюкса, закритого кришкою. Ретельно вимивають бюретку, двічі ополіскують дистильованою водою і заповнюють нею бюретку до мітки. У бюкс послідовно виливають воду з бюретки у інтервалах 0-5,00 см^3, 0-10 см^3, 0-15,00 см^3 тощо, кожного разу наповнюючи бюретку до нульової поділки, та зважують бюкс з водою. Місткість бюретки обчислюють так, як і у випадку мірних колб.

Дослід повторюють до одержання відтворюваних результатів. Результати зважувань не повинні відрізнятися більше ніж на ±0,001 г. Далі складають таблицю поправок до об’єму бюретки.

По закінченні дослідної роботи зробити висновки щодо відповідності вказаних місткостей мірного посуду і його придатності для подальшого використання у аналізі.

Контрольні питання і завдання

1. Які операції передбачає титриметричний аналіз?
2. Розкрийте методику проведення операції титрування.
3. Яке обладнання використовують у цьому методі?
4. З якою метою здійснюють калібрування мірного посуду?.
5. Що лежить в основі розрахунків у титриметрії?
6. Що таке індикатори? Які індикатори використовують у аналізі?
7. Як здійснити перевірку місткості бюретки?

Заняття №14

Тема: Титриметричний аналіз. Розрахунки у титриметричному методі аналізу

Мета: ознайомитися з показниками, що використовується у титриметричному методі аналізу та навчитися визначати їх.

Теоретична частина

Для проведення розрахунків використовують такі одиниці концентрації:

- молярна концентрація *С* – це кількість розчиненої речовини, що міститься у 1дм^3 (1 л) розчину. Вона ще називається “молярність” і позначається літерою М. Наприклад, 0,1 М розчин.

- молярна концентрація еквівалента; ще називається “нормальність” і позначається як *Н.* Наприклад, 0,1 Н розчин.

У титриметрії вміст певної речовини визначають вимірюючи об’єми розчинів двох взаємодіючих речовин. Якщо відома концентрація одної з них, можна обчислити концентрацію іншої. Розчин, за допомогою якого визначають невідому концентрацію чи кількість досліджуваної речовини, називають титрувальним, тобто, розчином з відомим титром. Титр розчину – це кількість грамів розчиненої речовини, що міститься у 1 мл розчину. Його обчислюють як відношення маси розчиненої речовини *m* до об’єму розчину *V:*

$$T_p = \frac{m_p}{V_{P-HY}} \quad T_p = \frac{m_p}{V_{P-HY}} \text{ (г/см}^3\text{, г/мл).}$$

Для обчислення маси визначуваної речовини за результатами титрування треба помножити титр на об’єм розчину, витраченого на титрування:

$$m_p = T \cdot V_{p-hy}.$$

Розчин, що містить один моль речовини у літрі, називають нормальним. Титр і нормальна концентрація пов’язані між собою (формула 1):

$$H = \frac{T \cdot 1000}{M}, \text{ (моль/л)} \qquad (1),$$

де Т – титр розчину, М-молярна маса.

Масова частка розчиненої речовини ω – це відношення маси розчиненої речовини *m* до маси розчину m_p. Її виражають у відсотках.

$$\omega = \frac{m_{речовини}}{m_{розчину}}, (\%).$$

Приклад 1. У 250 мл води розчинили 0,3180 г хлориду натрію. Обчисліть титр і нормальну концентрацію отриманого розчину.

1. Обчислимо титр розчину:

$$T = \frac{0{,}3180}{250} = 0{,}001272 г/мл.$$

2. Визначимо нормальну концентрацію розчину:

$$н. = \frac{0{,}001272 \cdot 1000}{58{,}45} моль / л = 0{,}02176 моль / л .$$

Приклад 2. Обчисліть титр 0,1 н. розчину HCI.

$$T = \frac{M \cdot н.}{1000} = \frac{36{,}5 \cdot 0{,}1}{1000} = 0{,}00365 г / мл .$$

Завдання для самостійної роботи

Завдання 1. Обчисліть:

1. Яка нормальна концентрація розчину бури $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$, якщо наважку 2,6113 г розчинили у 200мл дистильованої води?
2. Знайти титр розчину хлориду натрію, якщо наважку 3,2816 г розчинили у мірній колбі на 1000 мл і розчин довели до мітки?
3. Наважку у 0,8615 г щавлевої кислоти $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ розчинили у мірній колбі на 250мл. Яка нормальна концентрація розчину?
4. Обчисліть нормальну концентрацію розчину H_2SO_4, титр якого дорівнює 0,02446 г/мл.
5. Обчисліть нормальну концентрацію NaOH, титр якого дорівнює 0,004020г/мл.

2. Вихідні та титровані робочі розчини.

Усі титровані розчини за своїм призначенням поділяються на робочі на вихідні. Робочими розчинами називають такі, що служать для визначення складу досліджуваної речовини. Розчини, що використовуються виключно для встановлення титру робочого розчину, називають вихідними.

За способом приготування титровані розчини бувають з приготовленим та встановленим титром. Розчини з приготовленим титром готують за точною наважкою речовини на аналітичних терезах.

Речовини, з яких готують розчини з приготованим титром, називають вихідними. Але не усі речовини здатні бути вихідними, оскільки деякі можуть не відповідати певним вимогам (леткі, нестійкі тощо). Тому концентрацію розчинів таких речовин визначають титруванням їх іншим титрованим розчином. Розчини, титр яких знаходять на за точною наважкою, а встановлюють за іншим розчином, називають розчином зі встановленим титром. Розчини з однаковою нормальною концентрацією реагують у рівних об'ємах. Якщо їх концентрація різна, то розчину з більшою нормальною концентрацією буде витрачено менше за об'ємом, і навпаки. Таким чином, між об'ємами реагуючих речовин та їх нормальною концентрацією існує залежність:

$$V_1 \cdot н._1 = V_2 \cdot н._2.$$

Отже, добуток об'єму розчину на його нормальну концентрацію – величина постійна для обох розчинів.

***Завдання 2. Обчисліть**:*

1. 20 мл розчину хлориду калію (KCl) невідомої концентрації реагує з 23,53 мл 0,02н. розчину нітрату срібла. Визначте нормальну концентрацію хлориду калію.
2. На титрування 25 мл хлориду натрію (NaCl) потрібно 21,14 мл 0,1145н. розчину нітрату срібла. Обчисліть нормальну концентрацію хлориду натрію.

3. Який об’єм 0,15 н розчину NaOH піде на титрування 21 мл 0,1133 н розчину HCI?

4. Який об’єм 0,12 н розчину КОН піде на титрування 21 мл 0,1 н розчину КСІ?

5. Обчисліть масу HNO_3 , що міститься у 500 мл розчину, якщо титр його дорівнює 0,0063 г/мл.

6. 23,85 мл розчину гідроксиду калію (КОН) з T_{KOH}=0,02763 г/мл відтитрували 25 мл розчину соляної кислоти (HCl). Знайдіть нормальну концентрацію кислоти.

7. 2,65 г безводної соди (Na_2CO_3) розчинили у 250 мл води. На титрування 25 мл цього розчину витрачено 23,16 мл розчину HCI. Яка нормальна концентрація HCI?

8. Для нейтралізації 20 мл 0,2215 н. розчину HCI необхідно 21,4 мл розчину хлориду барію ($Ba(OH)_2$), а 25 мл оцтової кислоти нейтралізуються 22,55 мл того ж розчину. Визначте нормальну концентрацію оцтової кислоти (CH_3COOH).

9. На титрування 20 мл розчину перманганату калію (K_2MnO_4) витрачено 12 мл 0,05 н. розчину щавелевої кислоти ($H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$). Обчисліть нормальну концентрацію цього розчину і його титр.

Контрольні питання та завдання

1. Яка друга назва титриметричних методів аналізу? Поясніть чому.
2. Яка відмінність між гравіметричними і титриметричними методами?
3. Що таке титр розчину? Яка маса HNO_3, що міститься у 500 мл розчину, титр якого рівний 0,0063 г/см^3?
4. Дайте визначення нормальної концентрації розчину.
5. Що таке вихідні та робочі розчини? Чи всі речовини придатні для утворення вихідних розчинів? Відповідь обґрунтуйте.
6. Який об’єм 0,1500 н. розчину їдкого натру піде на титрування: а) 21,00 мл 0,1133 н. розчину HCI; б)21,00 мл розчину HCI з титром 0,0003810?
7. Яке значення має застосування титриметричних методів аналізу у визначенні якісного стану довкілля?

Заняття №15

Тема: Титриметричний аналіз. Визначення твердості води

Мета: ознайомитися з методикою й практично визначати твердість води за допомогою титриметричного методу аналізу.

Актуалізація опорних знань здобувачів:

Дайте стислу відповідь чи допишіть терміни, поняття:

1. На точному вимірюванні об'єму розчину реагенту (*титранту)*, який вступає у хімічну реакцію з досліджуваною речовиною побудовано …….. аналіз.
2. Момент, коли титрант додано у кількості, еквівалентній досліджуваній речовині, називається ……..
3. Об'ємними називають методи …… аналізу.
4. Точку еквівалентності у титриметрії визначають …….. (зміна кольору, помутніння розчину тощо).
5. Для визначення точки еквівалентності в реакційну суміш додають допоміжні *речовини* - ……..
6. За типом хімічної реакції розрізняють такі методи: кислотно-основного, ……., комплексонометричного, окисно-відновного титрування.
7. Метод, коли досліджувана речовина при взаємодії з титрантом виділяється з розчину у вигляді малорозчинної сполуки відносять до групи методів …… титрування.
8. За способом титрування розрізняють такі види: пряме, ……., зворотнє.
9. Запаяна у скляну ампулу точно виміряна кількість речовини в сухому чи розчиненому вигляді при приготуванні розчинів називається ……..
10. Довгу циліндричну градуйовану трубку з краном або іншим затвором називають ……..
11. Для точного вимірювання об'ємів розчинів використовують ……. колби.
12. Для приблизного вимірювання об'ємів розчинів використовують …….
13. Якщо бюретка містить безбарвний чи слабозабарвлений розчин, то відлік проводиться по ……. межі меніску.
14. Якщо бюретка містить забарвлений розчин, то відлік проводиться по …… межі меніску.
15. Титрування проводиться декілька разів до одержання ……..результатів.
16. Для відбирання певного об'єму розчину призначені……...
17. Виражена у молях кількість розчиненої речовини, що міститься у 1 л розчину-це ……
18. Відношення маси розчиненої речовини до маси розчину - це ……. розчиненої речовини.
19. Твердість води визначають методом титриметричного аналізу – ……..

2.Виконайте завдання:

Визначення твердості води
Теоретична частина

Наявність у воді солей кальцію та магнію зумовлює її властивість, що називають твердістю. Безпосередньо ця характеристика не впливає на здоров'я людини, але є небажаною з декількох причин:

- така вода має низькі мийні властивості;
- харчові продукти в ній погано розварюються та змінюються їх смакові якості;
- вона непридатна для використання у технологічних процесах, особливо у паросилових установках та парогенераторах, у трубопроводах тощо, оскільки агресивно діє на металеві конструкції, виводячи їх з ладу.

Розрізняють твердості води:

- карбонатну (тимчасову), що зумовлена присутністю у воді гідрокарбонатів кальцію та магнію і позбутися її можна кип'ятінням;
- некарбонатну (постійну) – характеризується наявністю кальцієвих та магнієвих солей сірчаної, соляної, азотної, фосфорної та кремнієвої кислот, що не зникають після кип'ятіння.

Окрім цього, виділяють кальцієву та магнієву твердості води.

Класифікують воду за твердістю такими параметрами (табл. 17):

Таблиця 17

Класифікація води за твердістю

Клас води	Твердість, мг-екв/л
Дуже м'яка	0...1,5
М'яка	1,5...3,0
Середньої твердості	3,0...4,5
Достатньо тверда	4,5...6,5
Тверда	6,5...11
Дуже тверда	більше 11

Визначення карбонатної твердості води ґрунтується на титруванні води соляною кислотою певної концентрації.

Загальна твердість води, зумовлена присутністю кальцій- і магній-катіонів, визначається комплексонометрично.

Визначення загальної твердості води проводиться методом трилонометрії з групи комплексиметричних, які побудовані на реакціях комплексоутворення з неорганічними і органічними лігандами.

Реакції, що використовують у комплексиметрії, повинні проходити швидко, стехіометрично і кількісно.

Як титранти трилонометрії використовують розчини трилону Б 0,02 – 0,1 молярної концентрації, який утворює з катіонами ряду металів комплексні сполуки у співвідношенні 1:1, незалежно від валентності металу.

Стійкість комплексів катіонів металів з трилоном Б значною мірою залежить від природи металу та pH середовища.

Для фіксування кінцевої точки титрування в комплексонометрії застосовують металохромні індикатори – органічні сполуки, які утворюють у водних розчинах із досліджуваними іонами забарвлені комплекси, менш міцні, ніж комплекс металу з трилоном Б. При досягненні точки еквівалентності відбувається руйнування комплексу металу з індикатором, і розчин набуває забарвлення вільного індикатору.

У комплексонометрії використовують різні способи титрування – пряме, зворотне, титрування замісника, окисно-відновне, непряме алкаліметричне титрування.

У методі *прямого титрування* досліджувані іони в присутності металохромного індикатору і буферного розчину титрують розчином трилону Б. Цим способом визначають твердість води, іони міді, кобальту, свинцю, нікелю, цинку, заліза (III), алюмінію, барію, хрому, кальцію, магнію та інші.

У разі *зворотного* титрування до досліджуваного іона додають точний надлишковий об'єм стандартного розчину трилону Б, буферний розчин, індикатор, нагрівають суміш до завершення реакції, охолоджують і надлишок комплексону відтитровують стандартним розчином магнію сульфату або цинку сульфату.

Хід роботи

Завдання для самостійної роботи

Підготовка реактивів до аналізу.

Аміачний буферний розчин. До 20 г хлориду амонію додають 100 мл 20%-го розчину амоніаку і доводять загальний об'єм дистильованою водою до 1 л. Перевіряють pH р-ну і за потреби (pH має дорівнювати 9...9,5) коректують величину.

Спиртовий розчин індикатора еріохрому чорного Т. До 0,5 г індикатора додають 10 мл аміачного розчину і доводять загальний об'єм етанолом до 100 мл. Допускається використання суміші еріохрому чорного Т і хлориду натрію як індикатора: ретельно здрібнена суміш у масовому співвідношенні 1:200 відповідно.

Буферний розчин. до 67,5 г хлориду амонію додають 570 мл 25%-го розчину аміаку і доводять загальний об'єм розчину дистильованою водою до 1л (pH=9...9,5).

Визначення загальної твердості води. У конічну колбу до 100 мл досліджуваної проби води додають 5...10 мл аміачного буферного розчину, 6-7 крапель індикатора еріохрому чорного Т. Спостерігаємо червоне забарвлення розчину, що свідчить про наявність іонів кальцію та магнію. Одержаний розчин титрують розчином трилону Б з концентрацією 0,05 моль/л до моменту, доки його забарвлення зміниться з червоного на синє. Повторити аналіз.

Загальну твердість води X розраховують за формулою:

$$X = \frac{c_M \cdot V_1 \cdot 1000}{V_2},$$

де X – загальна твердість води.

$c_м$ – молярна концентрація розчину трилону Б;

V_1 – об'єм титранту;

V_2 – об’єм води, взятий для аналізу.

Об’єм витратного титрану обчислити як середнє арифметичне.

Визначення карбонатної твердості. У конічну колбу до 100 мл досліджуваної проби води додати 2 краплі метилоранжу і титрувати 0,1 н розчином хлоридної кислоти до зміни забарвлення з жовтого на стійке помаранчеве. Розрахунок проводити за формулою:

$$X_k = V(HCl) \cdot N(HCl) / V(H_2O), \text{ моль/л.}$$

Завдання

1. Чому дорівнює твердість води, якщо на титрування 50 мл її пішло 15 мл 0,02 н трилону Б?

Визначте, до якої категорії можна віднести досліджений зразок води (за табл. 17).

2. Як уникнути тимчасової твердості води?

Контрольні питання і завдання

1. У чому полягає принцип титриметричного аналізу та його практичне використання?
2. В чому суть комплексонометрії? Практичне застосування методу, індикатори.
3. Чим зумовлюється твердість води?
4. Як класифікують твердість води?

МОДУЛЬ 3

Застосування методів інструментального аналізу, біологічного та радіаційного контролю у визначенні стану навколишнього середовища

Визначення стану довкілля за допомогою інструментальних методів

1. Сутність методів та їх класифікація
2. Методи визначення концентрації в інструментальному аналізі

Тема 6: Оптичні методи аналізу

1. Оптичні методи аналізу: загальна характеристика, класифікація
2. Абсорбційні оптичні методи аналізу
3. Колориметрія, фотоколориметрія, спектрофотометрія
4. Методика виконання кількісних визначень методами фотометрії

Тема 6: Оптичні методи аналізу: емісійні методи

1. Флуориметрія: сутність методу, методика виконання аналізу
2. Рефрактометрія: сутність та методика виконання аналізу
3. Поляриметрія: сутність та методика виконання аналізу

Тема 7: Електрохімічні методи аналізу

1. Загальна характеристика електрохімічних методів аналізу
2. Кондуктометрія: сутність та методика виконання аналізу
3. Потенціометрія: сутність та методика виконання аналізу
4. Вольтамперометрія: сутність та методика виконання аналізу
5. Застосування методу амперометричного титрування

Тема 8: Застосування хроматографії у визначенні стану довкілля

1. Загальна характеристика методу, класифікація
2. Адсорбційна, розподільна хроматографія: сутність та методика виконання аналізу
3. Осаджувальна та йонообмінна хроматографія

Тема 9. Радіаційні методи вивчення стану довкілля

1. Загальна характеристика і класифікація радіаційних методів
2. Оцінка рівня радіаційного фону та забрудненості води, ґрунту, харчових продуктів

Тема 10: Визначення стану довкілля біологічними методами

1.Застосування методів біоіндикації у дослідженнях стану довкілля
2.Біотестування як метод визначення стану довкілля

Тема 11: Сучасні методи дослідження стану навколишнього середовища

Завдання для самостійної роботи здобувачів

1.Інструментальні методи вимірів стану довкілля: переваги й недоліки.
2.Оптичні методи. Прилади та обладнання методів визначення стану довкілля.
3.Електрохімічні методи аналізу. Обґрунтованість їх використання у аналізі стану довкілля.
4.Хроматографічні дослідження. Їх актуальність сьогодні.
5. Приклади біоіндикації у вимірах стану довкілля.
6. Біотестування у дослідженні стану довкілля.
7.Актуальність застосування радіаційного аналізу довкілля в Україні.
8. Сучасні методи аналізу стану навколишнього середовища.

Заняття №16

Тема: Інструментальні методи: оптичні абсорбційні методи

Мета: ознайомитися з характеристикою й методикою проведення фотометричного аналізу; практично визначати концентрацію речовин за допомогою оптичних методів аналізу.

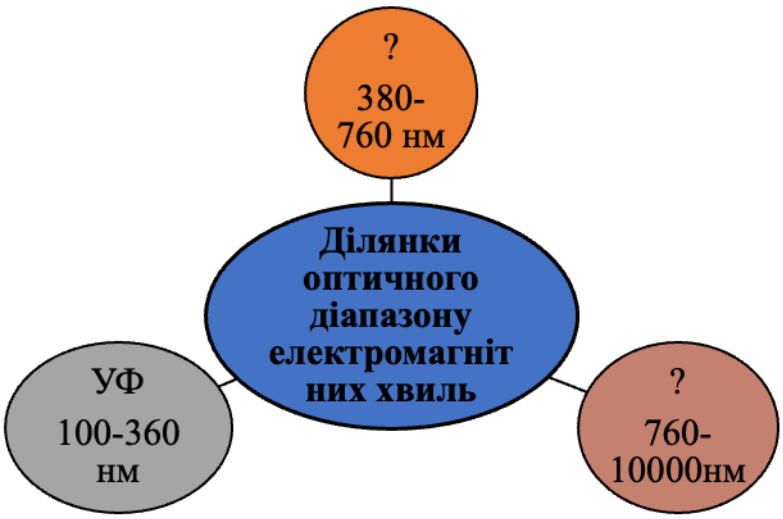
Актуалізація опорних знань здобувачів:

1. Дайте стислу відповідь чи допишіть терміни, поняття:

2. Методи, що побудовані на використанні інструментів називають ……..
3. Методи, що базуються на вимірюванні оптичних властивостей речовин називаються ……..
4. Аналітичні прилади за функціональним призначенням можна підрозділити на *підготовчі й …….. прилади.*
5. До оптичного діапазону відносять електромагнітні хвилі з довжиною від .... до …….. нм.
6. Методи, пов'язані з вимірюванням поглинання речовиною світлового випромінювання називають ……..
7. Методи, засновані на вимірюванні інтенсивності світла, випромінюваного речовиною називають ……
8. Методи, пов'язані із впливом світлового випромінювання на суспензії – це турбідиметрія та ……..
9. Залежно від способу спостереження (реєстрації), що використовується, розрізняють методи візуальні й ……..
10. Дослідження, пов'язані з вимірюванням поглинання світла, базуються на об'єднаному законі Бугера -……..
11. Основний закон світлопоглинання: інтенсивність поглинання світла розчинами речовин пропорційна їх …….. і товщині поглинаючого шару.
12. Величину $\lg I_0 / I$ в оптичних абсорбційних методах називають ……..
13. Величину $\lg I_0 / I$ в оптичних абсорбційних методах позначають буквами …. чи .....
14. Фотометричні методи поділяються на групи: колориметрія й фотоколориметрія та ……..
15. Метод, побудований на візуальному порівнянні забарвлень розчинів різних концентрацій за допомогою нескладних приладів це - ……..**.**
16. Метод, що полягає у вимірюванні поглинання світла забарвленим розчином (чи самої речовини, чи продукту її взаємодії з певними реагентами)за допомогою приладу називають ……..
17. Фотоелектроколориметри (ФЕК) використовують в оптичному методі – ……
18. Аналіз, що здійснюють за властивістю поглинання речовинами монохроматичного випромінювання у видимій, УФ- і ІЧ-ділянках спектра – це …… .
19. У спектрометрії використовують прилади – ……

2. *Виконайте завдання: заповніть схему.*







3. *Виконайте завдання*:

Дайте відповідь:

1.Що за прилад показано на рис. 14? В яких методах використовується?



Рис. 14. _____

3. Яка залежність подана нижче? Що ілюструє і як називається?

$$\lg I_0 / I = X \cdot C \bullet L,$$

Що таке $\lg I_0 / I$

3.Визначте концентрацію білка за допомогою біуретової реакції:

Використовуючи графік на схемі, визначте концентрацію білка за отриманими даними величини оптичної густини. Значення оптичної густини подано таблично.

Таблиця 18

Оптична густина, А (D)	0,2	0,35	0,5	0,15
С білка, мг/см^3				

4. Визначте концентрацію хрому, виходячи з калібрувального графіка, отриманого фотоколориметричним способом. Результати запишіть у таблицю.

Таблиця 19

Оптична густина, А	0,05	0,15	0,22	0,26
Концентрація, С				

Обґрунтуйте й поясніть:

1. Порівняйте методи аналізу класичні й інструментальні. В чому позитив і негатив кожної з груп методів?
2. Чому група інструментальних методів отримала назву оптичні?
3. Коли додається до назви аналізу префікс «фото-«?
4. Чим різниться абсорбційний аналіз від емісійного?
5. Які методи варто застосувати при аналізі суспензій?

Заняття №17

Тема: Інструментальні методи: оптичні абсорбційні методи. Фотоколориметрія

Мета: ознайомитися з характеристикою й методикою проведення фотометричного аналізу; практично визначати концентрацію речовин за допомогою оптичних методів аналізу.

Актуалізація опорних знань здобувачів:

Дайте відповіді на питання тестового контролю:

1. Методи, засновані на вимірюванні ефектів взаємодії речовини з електромагнітними хвилями оптичного діапазону називають:
а) оптичними; б) хроматографічними; в)електромагнітними.

2. До оптичного діапазону відносять електромагнітні хвилі з довжиною *(Х)* від:
а) 36 до 10 000 нм; б)100 до 10 000 нм; в) 100 до 760 нм.

3. Методи, пов'язані з вимірюванням поглинання речовиною світлового випромінювання належать до групи:
а) емісійні; б) нефелометричні; в) абсорбційні.

4. Колориметрія належить до групи методів:
а) емісійні; б) спектроскопії; в) абсорбційні.

5. Методи, пов'язані із впливом світлового випромінювання на суспензії - це:
а) нефелометрія; б) рефрактометрія; в) турбідиметрія;
г)поляриметрія.

6. Методи, пов'язані з вимірюванням поглинання світла, базуються на законі:
а) Фарадея; б) Бугера-Ламберта-Бера; в) Бера.

7. Величину $\lg I_0/I$ називають:
а) оптичною густиною: б) показником заломлення світла; в) молярний коефіцієнт.

8. Буквами А чи D позначають:
а) оптичну густину: б) показник заломлення світла; в) молярний коефіцієнт.

9. Закон Бугера-Ламберта-Бера має трактування:
а) інтенсивність поглинання світла розчинами речовин пропорційна їх концентрації і товщині поглинаючого шару;
б) інтенсивність поглинання світла розчинами речовин обернено пропорційна їх концентрації і товщині поглинаючого шару;
в) інтенсивність поглинання світла розчинами речовин пропорційна їх концентрації і обернено пропорційна товщині поглинаючого шару.

10. Аналіз, що здійснюють у видимій, УФ- і ІЧ-ділянках спектра за величиною поглинання речовинами монохроматичного випромінювання називають:
а) фотоколориметрія; б) турбідиметрія; в)спектрофотометрія.

2.Виконайте завдання:

Теоретична частина

Хімічні та фізико-хімічні методи дослідження ґрунтуються на кількісному вимірюванні аналітичних сигналів. Вони виникають внаслідок хімічної реакції компонентів, які визначають з неорганічними та органічними реагентами або є результатом окисно-відновних процесів на електродах.

Поділ методів на хімічні та фізико-хімічні є досить умовним.

До першої групи можна віднести методи, в яких вимірюваним аналітичним сигналом є маса (гравіметрія) або об'єм (титриметрія), а до другої – методи, в з оптичним чи електрохімічним сигналом, які вимірюють за допомогою спеціальних приладів (оптичні та електрохімічні).

Оптичні методи аналізу поділяють:

- на *абсорбційн*і – побудовані на вимірюванні ступеня поглинання речовиною світлового випромінювання. До таких методі відносять колориметрію, фотоколориметрію, спектрофотометрію, атомно-абсорбційні методи;

- *емісійні* – побудовані на вимірюванні інтенсивності світла, що випромінює речовина. До таких методів відносять флуориметрію, емісійний спектральний аналіз та полум'яну фотометрію.

Аналітичне застосування ***абсорбційних оптичних методів аналізу*** ґрунтується на застосуванні закону Бугера-Ламберта-Бера (світлопоглинання):

$\lg I_0 / I = x \cdot C \cdot l$, де I_0 – інтенсивність електромагнітного випромінювання, що падає на розчин речовини; I–інтенсивність електромагнітного випромінювання, яке пройшло через розчин речовини; *l*–товщина шару розчину; С– концентрація розчину, що досліджується; Х – показник поглинання розчину.

Величину $\lg I_0/I$ називають *оптичною густиною.* Її позначають буквами А чи D.

Показник поглинання Х – константа для кожної речовини при певній довжині хвилі світлового випромінювання. Вона дорівнює оптичній густині розчину з концентрацією та товщиною шару, що дорівнюють одиниці.

Отже, $\lg I_0 / I = x \cdot C \cdot l = D$.

При порівнюванні досліджуваного розчину $D_x = x \cdot C_x \cdot l$ і розчину відомої концентрації $D = x \cdot C \cdot l$, одержимо: $C_x = \frac{D_x \cdot C}{D}$.

Розрізняють методи, побудовані на візуальному порівнянні забарвлень розчинів різних концентрацій за допомогою нескладних приладів (колориметрія) та метод створений для вимірювання поглинання немонохроматичного світла, що проходить крізь розчин за допомогою ФЕКів.

Найбільш поширеними є дві принципові схеми ФЕКів:

- однопроменева – з одним фотоелементом;
- двопроменева – з двома фотоелементами.

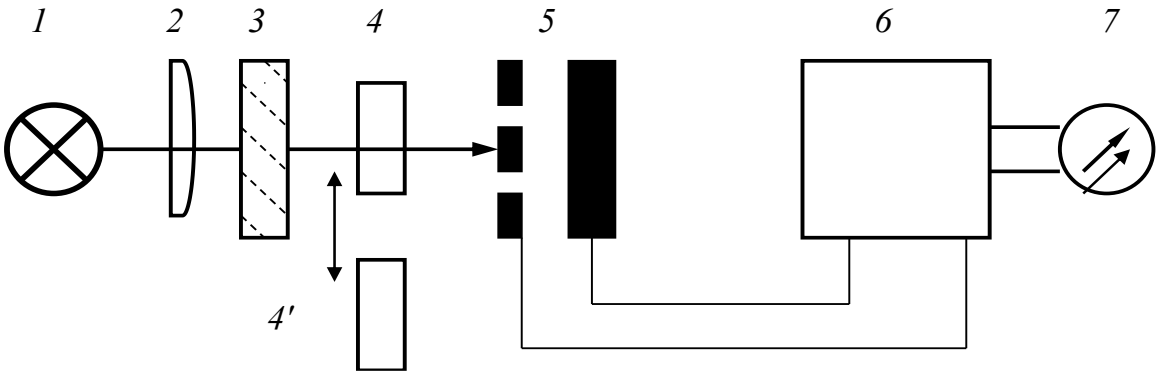


Рис. 15. Схема ФЕКа з одним фотоелементом:
1-джерело випромінювання; 2-лінза; 3-світлофільтр; 4,4'-кювети з розчинами порівняння та досліджуваним відповідно; 5-фотоелемент; 6-підсилювач; 7-прилад для реєстрації

Принцип дії фотометра оснований на порівнянні світлового потоку, що пройшов через розчинник або через контрольний розчин, по відношенню до якого робиться вимірювання, і світлового потоку, що пройшов через досліджуване середовище (у кюветах-4, 4'). Світлові потоки фотосприймачем перетворюються у електричні сигнали, які обробляються і виводяться на цифровому табло у вигляді коефіцієнта пропускання, оптичної густини, швидкості зміни оптичної густини, концентрації.

Вибір світлофільтра або аналітичної довжини хвилі.

Для цього на ФЕК-і або спектрофотометрі вимірюють оптичну густину одного з еталонних розчинів шкали стандартів відносно нульового розчину в певному діапазоні довжин хвиль. При роботі з ФЕКом у світловий пучок послідовно вводять різні світлофільтри. Дані вимірювань заносять у таблицю. За даними таблиці будують криву світлопоглинання і обирають той світлофільтр або довжину хвилі, при якій спостерігається максимум на кривій залежності оптичної густини (А) від довжини хвилі (λ).

Завдання для самостійної роботи

Завдання 1. При вимірюванні оптичної густини розчинів на ФЕКові одержані результати:

Таблиця 20

λ, нм	430	480	540	580	620	640	690
А	0,20	0,36	0,42	0,52	0,68	0,54	0,36

Побудуйте криву світлопоглинання та визначте довжину хвилі, при якій необхідно проводити кількісне визначення.

Завдання 2. При вимірюванні оптичної густини розчинів на ФЕК отримані результати: λ=500; 530; 580; 600 нм. А= 0,48; 0,50; 0,45;0,4 відповідно. Визначити при якій довжині хвилі необхідно проводити кількісне визначення речовини.

Завдання 3. Розв'яжіть задачі:

1. При фотоколориметричному дослідженні розчину, який містить іони цинку (II), отримали величину оптичної густини розчину, що дорівнює 0,425, при товщині шару розчину-2см. Середня величина х =94000дм^3/моль·см. Яку концентрацію має розчин?

2. Визначити показник поглинання розчину дикалію дихромату, якщо оптична густина його 0,005 моль/дм^3 розчину, вимірюваного в кюветі з товщиною шару 20 мм, дорівнює 0,37.

3. Визначити концентрацію розчину калію гексаціаноферату (II), якщо оптична густина його розчину дорівнює 0,435, а товщина шару – 2 см. Показник поглинання розчину – 230 дм^3/моль·см.

4. Оптична густина розчину Германій фенілфлуоронату, який вміщує 5мкг *Ge* в 50мл розчину, дорівнює 0,450. При цьому була використана кювета товщиною 1см. Обчисліть величину молярного коефіцієнта поглинання.

5. Визначте найменшу концентрацію розчину Ауруму, якщо мінімальна оптична густина цього розчину, яка вимірювалась в кюветі товщиною 2см, повинна бути не менше 0,05, а молярний коефіцієнт поглинання дорівнює 4,1·104 л/моль·см.

6. Визначте концентрацію Мангану в сталі, якщо оптична густина розчину, що аналізується, дорівнювала 0,520. Оптична густина стандартних розчинів подана нижче таблично (метод градуйованого графіка).

Таблиця 21

C_{Mn}, мг /мл	1	2	5	8	12
A	0,080	0,180	0,420	0,660	0,980

7.Визначте концентрацію Ванадію в сталі, якщо оптична густина розчину, що аналізується, дорівнює 0,748. Оптична густина стандартних розчинів подана нижче таблично (метод градуйованого графіка).

Таблиця 22

C_V, мг /мл	4	8	12	36
A	0,2	0,4	0,8	1,3

Контрольні питання і завдання

1. Які методи називають інструментальними? Чому
2. В чому суть оптичних методів аналізу?
3. До якої групи оптичних методів належить колориметрія?
4. Класифікація абсорбційних методів аналізу.
5. Які прилади використовують в оптичних методах аналізу? Охарактеризуйте принцип роботи ФЕКа.
6. Як правильно здійснити вибір довжини хвилі світла у аналізі зі світлопоглинанням?

Заняття №18

Тема: Інструментальні методи: оптичні методи. Рефрактометрія. Поляриметрія

Мета: ознайомитися з характеристикою й методикою проведення фотометричного аналізу; практично визначати концентрацію речовин за допомогою оптичних методів аналізу.

Актуалізація опорних знань здобувачів:

1. Дайте стислу відповідь чи допишіть терміни, поняття:

1. Метод фотометричного аналізу, який ґрунтується на вимірюванні інтенсивності флуоресценції досліджуваної речовини називають ……..
2. Для виконання флуориметричного аналізу застосовують ……
3. Метод, що ґрунтується на вимірюванні показника заломлення *n* речовини називають ……..
4. Вимірювання показника заломлення рідин здійснюють за допомогою приладів – ……..
5. Вимірювання кута обертання площини поляризації поляризованого світла, що пройшло крізь оптично активне середовище складає суть методу …….
6. Речовини, які здатні обертати площину поляризації поляризованого променя світла, називають оптично …….. речовинами.
7. Прилади, що застосовуються для вимірювання кута обертання –……..

2. Виконайте завдання: **Рефрактометрія**.

Теоретична частина

Рефрактометричний метод аналізу побудований на вимірюванні показника заломлення речовини, що досліджується. Відомо, що промінь світла, переходячи з одного середовища в інше, заломлюється. Відношення синуса кута падіння до синуса кута заломлення – величина постійна для двох середовищ і називається *показником заломлення (n):* $\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = n$.

В основу рефрактометричних вимірювань розчинів покладено залежність між концентрацією розчину речовини та його показником заломлення, яку виражають формулою:

$$n=n_0+F\cdot C,$$

де *n*-показник заломлення розчину, n_0-показник заломлення розчинника, С-концентрація розчину, *F*-фактор, який дорівнює величині приросту показника заломлення при збільшенні концентрації на 1 % (встановлюють експериментально або розраховують за таблицями показників заломлення).

Для вимірювання показника заломлення рідин використовують оптичні прилади – рефрактометри. Широке застосування знаходять прилади типу Аббе, дія яких ґрунтується на визначенні кута повного внутрішнього відбиття.

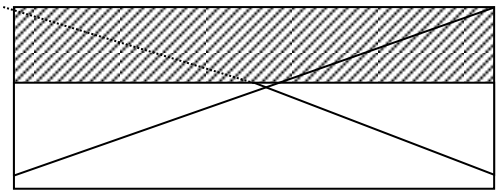


Рис. 16. Поле зору в окулярі рефрактометра Аббе

При вимірюванні показника заломлення 2-3 краплі розчинника або розчину поміщають між половинами призми і ретельно їх притискають. Освітлюють призму білим світлом, поле окуляра має бути освітлене рівномірно. Нерівномірне освітлення поля вказує на недостатню кількість Досліджуваного розчину або розчинника. При цьому призму треба розкрити і додати декілька крапель досліджуваної рідини. Обертанням призми домагаються темного поля в окулярі. Якщо на межі з'являється спектр, встановлюють чітку межу світлого і темного полів, за допомогою гвинтів, сполучають поля точно на перетині ліній в полі зору окуляра і відлічують показання *n* за шкалою відлік проводять не менше 3-4 разів, переходячи від світлого поля до темного та стільки ж- від темного до світлого (рис.2.). Знаходять середнє значення *n*.

Визначення концентрації розчину рефрактометричним методом можна виконувати також за градуювальним графіком у координатах *n-C* або за таблицями.

Завдання для самостійної роботи

Завдання 1. Розв'яжіть задачі:

1. Визначити концентрацію KI (%), якщо *n*=1,3450*, F*=0,00130, а показник заломлення розчинника дорівнює 1,3330.

2. Визначити концентрацію розчину глюкози (%), якщо відомо, що показник заломлення цього розчину дорівнює 1,3557, *F*=0,00142, а показник заломлення розчинника – 1,3330.

3. Визначити концентрацію розчину $CaCI_2$ (%), якщо відомо, що показник заломлення цього розчину дорівнює 1,33025, *F*=0,00115, а показник заломлення розчинника дорівнює 1,3330.

3. Виконайте завдання:

Рефрактометрія застосовується для ідентифікації та встановлення ступеня чистоти деяких речовин та визначення концентрації речовин у розчині. Його використовують для швидкого визначення концентрації речовин (цукру, солі, спирту, антифризу) у розчинах, контролю якості харчових продуктів (вимірювання цукристості (Brix) у меді, фруктах, соках, вині, пиві та напоях), на СТО (перевірка температури замерзання антифризу (тосолу), рідини омивача та щільності електроліту акумуляторів), у медицині (визначення заломлюючої сили ока (авторефрактометрія) для підбору окулярів) та гемології (перевірка справжності дорогоцінного каміння) (рис. 17, 18).

	
Рис. 17. Цифровий рефрактометр	Рис. 18. Рефрактометр для меду

Залежність показника заломлення від концентрації вираховується за формулою:

$$n = n_0 + CF$$

звідки:

$$C = n - n_0 : F$$

де: C – концентрація розчину у %;

n – показник заломлення розчину;

n_0 – показник заломлення розчинника;

F – фактор, що дорівнює величині приросту показника заломлення при збільшенні концентрації на 1% (встановлюється експериментально.

Рефрактометричний метод застосовують для кількісного визначення розчинів з концентрацією не менше 3-4%. Аналіз розчинів з меншою концентрацією призводить до збільшення похибки.

Приклад 1

Розрахувати концентрацію розчину кальцію хлориду якщо показник заломлення розчину 1,3445, показник заломлення розчинника 1,3330.

Згідно з довідковими даними (наприклад, Державною фармакопеєю України), для кальцію хлориду гексагідрату ($CaCl_2$ x 6 H_2O) фактор F становить 0,00123.

Підставимо значення у формулу:

Для розрахунку концентрації розчину кальцію хлориду за показником заломлення використовується метод рефрактометрії.

Значення фактора для кальцію хлориду залежить від його концентрації та форми (безводний або гексагідрат). Згідно з довідковими таблицями для

розчинів $CaCl_2$ у діапазоні концентрацій 8-10%, значення фактора зазвичай приймають рівним 0,00123 (для ($CaCl_2$ x 6 H_2O)) або уточнюють за спеціальними таблицями.

$$C = \frac{1,3445 - 1,3330}{0,00115}$$

$$C = \frac{0,0115}{0,00115} = 10$$

Відповідь. Концентрація розчину кальцію хлориду становить 10 %.

Завдання

Розрахуйте концентрацію розчину хлориду кальцію, якщо показник заломлення розчину – 1,3400, показник заломлення розчинника – 1,3330.

Приклад 2

$$C = \frac{1,3400 - 1,3330}{0,00160}$$

$$C = \frac{0,0070}{0,00160} = 4,375$$

Відповідь. Вміст аскорбінової кислоти в розчині дорівнює 4,375 %**.**

Завдання

Розрахуйте концентрацію розчину кислоти аскорбінової, якщо показник заломлення розчину – 1,3400, показник заломлення розчинника – 1,3330.

Заняття №19

Тема: Оптичні методи. Поляриметрія

Мета: ознайомитися з методами фотометричного аналізу.

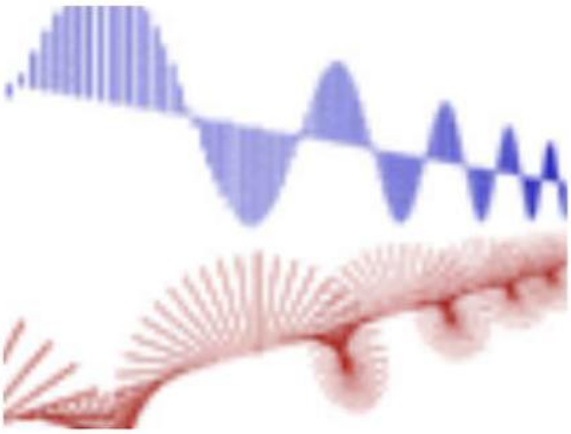
Теоретичні відомості

Оптична активність — це здатність речовин (кристалів, розчинів, парів) обертати площину поляризації плоскополяризованого світла, що проходить крізь них. Явище характерне для середовищ без симетрії інверсії, часто спостерігається у природних органічних сполук (цукор, білки) та деяких кристалів (кварц).

Оптична активність огранічних сполук зумовлена їхньою будовою і характерна для нуклеїнових кислот, спіральних конформаційних білків, гексагеліценів.

Поляриметрія – це метод якісної і кількісної оцінки оптично-активних речовин (цукри, амінокислоти, деякі ліки), що ґрунтується на вимірюванні інструментальними методами кута обертання площини поляризації прямолінійно поляризованого світла.

Поляризаційна хвиля представлена нижче:



Примітка: синім кольором – лінійно поляризована електромагнітна хвиля;
червоним – хвиля колової поляризації.

Розрахунки в поляриметрії.

Кількісний вміст оптично активної речовини в розчині (С,%) розраховують за формулою:

$$C = \frac{\alpha \cdot 100}{[\alpha]_{\lambda}^{t} \cdot l}$$

де α – кут обертання в кутових градусах;

l – товщина (довжина) трубки в дм;

$[\alpha]_D^{20}$ – величина питомого обертання речовини.

Для рідких речовин (якщо це індивідуальна рідка сполука, а не розчин) розраховують питоме обертання, а кількісною характеристикою замість концентрації виступає густина. Формула має такі складові:

$$[\alpha]_D^{20} = \frac{\alpha}{l \cdot \rho}$$

де, α – виміряний кут обертання;

l – довжина трубки в дециметрах (дм);

р— густина рідини в г/см³.

Для розчинів використовують С (концентрацію) і множник 100.

Для чистих рідин замість концентрації підставляємо густину р, а множникм100 не використовується.

Приклад

1. Розрахуйте концентрацію розчину оптично активної речовини, якщо кут обертання дорівнює + $6{,}2^0$, довжина поляриметричної трубки 0,9995 дм, питоме оптичне обертання +52.

$$C = \frac{6,2 \cdot 100}{52 \cdot 0,9995}$$

$$C = \frac{620}{51,974} \approx 11,9288...$$

Відповідь: Концентрація розчину становить приблизно.

Завдання

1. Розрахуйте вміст глюкози в певній формі, якщо: кут обертання розчину складає +$5{,}02^0$, питоме обертання +52^0, довжина поляриметричної трубки 0,9995дм.
2. Визначити невідомі параметри рівняння, використовуючи дані з таблиці.

$$c = \frac{1000 \cdot \alpha}{l \cdot [\alpha]_D^{20}}$$

Варіант	Речовина	$[\alpha]_D^{20}$	l, см	С	α

I	ά-аспарагінова кислота	-25.5	20	X	-0,45
II	бромянтарна кислота	+41.9	10	X	+2,3
III	стрихнін в спирті	X	25	0,45 г/100мл	-1,17
IV	Д-винна кислота	+11,98	15	0,55 г/л	X
V	хінин	X	20	0,17 г/л	-1,90
VI	ά-аланин	+2	X	1,55 г/100мл	+2,8

3. Задача. На поляриметрі отримали такі дані для побудови градуювального графіку:

Концентрація розчину винної кислоти, %	10	20	30	40
Показники поляриметра	9,9	19,1	27,3	34,9

Побудуйте графік і визначте концентрацію винної кислоти, якщо показники поляриметра досліджуваного розчину показали величину:

А) 23,5;

Б) 16,0.

Заняття №20

Тема: Інструментальні методи: електрохімічні

Мета: ознайомитися з характеристикою й методикою проведення аналізу; практично визначати концентрацію речовин за допомогою електрохімічного методу аналізу.

Актуалізація опорних знань здобувачів:

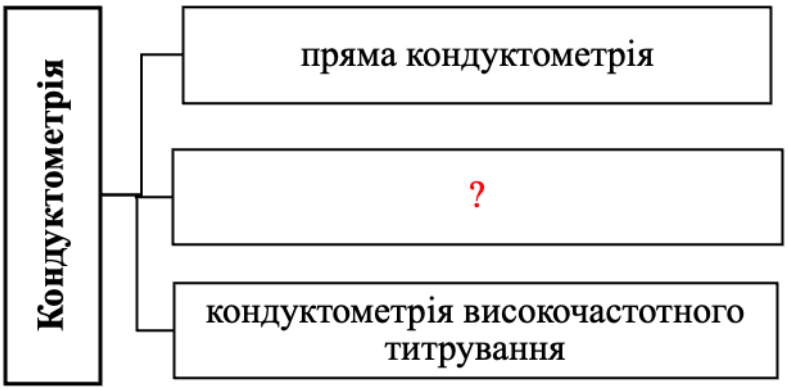
1. Дайте стислу відповідь чи допишіть терміни, поняття:

1. Залежність електричних параметрів (сили струму, напруги, рівноважних електродних потенціалів, електричної провідності, кількості електрики) від концентрації досліджуваної речовини в розчині лежить в основі методів - …… .
2. Електрохімічні методи належать до …… (хімічних, інструментальних).
3. Методи, що ґрунтуються на використанні залежності електропровідності розчинів електролітів від їх концентрації називають ……
4. Методи, що ґрунтуються на використанні залежності електрорушійної сили (ЕРС) гальванічного елемента від концентрації речовини називають ……
5. Методи, що ґрунтуються на використанні залежності кількості електрики, що витрачено на проведення електрохімічної реакції з досліджуваною речовиною, від її концентрації в розчині називають ……
6. Методи, що ґрунтуються на використанні явища поляризації мікроелектрода та одержання поляризаційних кривих, які описують залежність сили струму від напруги називають ……
7. У потенціометричних методах аналізу використовуються електрохімічні кола, що складаються з двох електродів: …… та електрода ……
8. Електрод, потенціал якого залежить від концентрації досліджуваного розчину називають ……
9. Електрод, потенціал якого повинен зберігати постійну величину називають електродом ……
10. На індикації точки еквівалентності за зміною ЕРС потенціометричної комірки в ході титрування побудоване …… титрування.
11. Криві потенціометричного титрування: інтегральна, диференційна крива та крива ……
12. З електрохімічних методів аналізу ……. знаходять найбільш широке використання.
13. Дослідження в потенціометрії здійснюють використовуючи вимірювальні прилади: ……, ……*-метр* чи йоно*м*етр.
14. Хімічний стакан з досліджуваним розчином та електродами називається ……
15. Для одержання поляризаційних кривих складають електрохімічне коло з двох електродів, один з яких є робочим (індикаторним або поляризованим), а інший – неполяризованим електродом ……..

16. Полярографічний аналіз проводять на спеціальних приладах -……

2.Виконайте завдання: заповніть схеми.





4. Виконайте роботу:

Метод потенціометричного титрування

Теоретична частина

Потенціометрія належить до групи електрохімічних методів аналізу речовин. В основі методу – залежність величини потенціалу індикаторного електрода від концентрації (активності) визначуваного іона у розчині, що описується рівнянням Нернста:

$$E = E_0 + \frac{S}{n} lg\, a$$

де E_0 – стандартна ЕРС електрохімічного кола;

n – заряд досліджуваного іона з відповідним знаком;

a – активність досліджуваного іона;

S – крутизна електродної функції індикаторного електрода. Для ідеального електрода *S=2,303 RT / F*, де

R – газова стала;

T – абсолютна температура;

F – стала Фарадея.

При 25^0C *S* = 0,0591 В.

Установка для потенціометричних вимірювань

Схема приладу для потенціометричних вимірювань зображена на рис. 19. Хімічний стакан з досліджуваним розчином і електродами називається *електродною коміркою*. При необхідності електродна комірка може бути термостатована, а також доповнена іншими елементами, наприклад бюреткою, магнітною мішалкою тощо

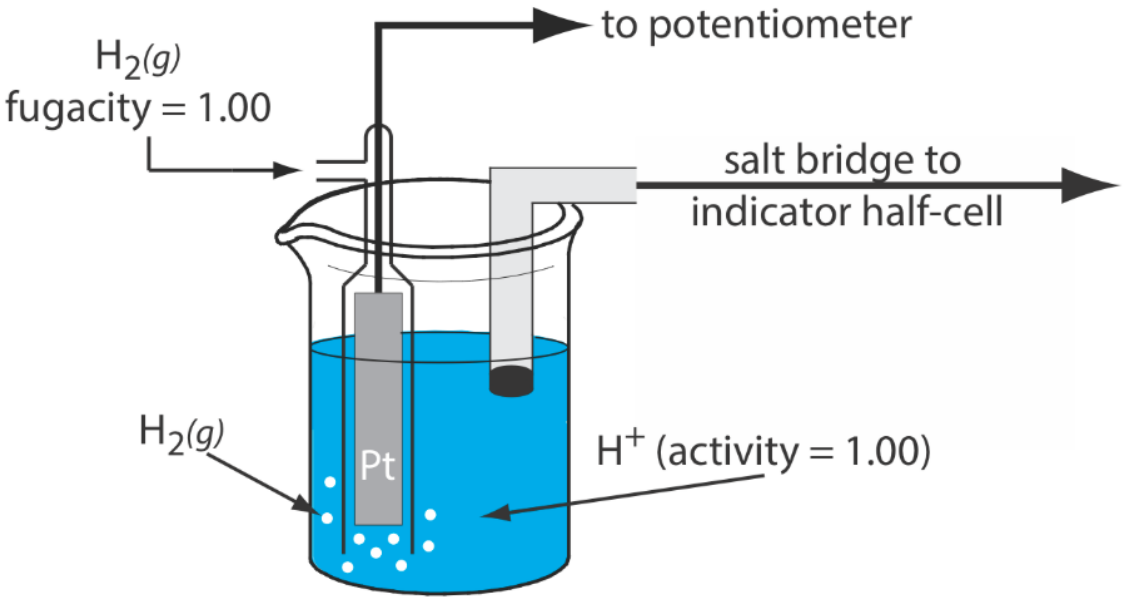


Рис. 19. Схема установки для потенціометричного титрування:

Примітка: 1-магнітна мішалка; 2-хімічний стакан з досліджуваним розчином; 3-електрод порівняння; 4-індикаторний електрод; 5-бюретка; 6-прилад для вимірювання ЕРС.

Точку еквівалентності визначають на кривій потенціометричного титрування:

-інтегральній, що будується в координатах E-V_T (об'єм титранту). На початку титрування потенціал індикаторного електрода змінюється повільно, але поблизу точки еквівалентності вже при додаванні незначної кількості реагенту (1-2 краплі) його потенціал змінюється стрибкоподібно. Цей стрибок потенціалу індикаторного електрода і дає можливість визначити точку еквівалентності.

Точка еквівалентності визначається як середина стрибка титрування шляхом побудови дотичних.

-*диференційній,* що будується в координатах $\Delta E/\Delta V - V_T$, де ΔE – зміна ЕРС при зміні об'єму титранту ΔV. Точка еквівалентності визначається за максимумом кривої титрування;

-*кривій Грана*, що будується в координатах $\Delta V/\Delta E - V_T$. Точка еквівалентності визначається за мінімумом кривої титрування.

Розрізняють пряму потенціометрію, іонометрію та потенціометричне титрування.

Методика потенціометричних визначень передбачає такі дії: готують для вимірювань у відповідності з інструкцією обрані індикаторний електрод, електрод порівняння та складають установку для потенціометричного аналізу відповідно до рис.3.

Техніка виконання потенціометричного титрування.

1. У потенціометричну комірку поміщають точний об'єм Досліджуваного розчину або точну наважку Досліджуваної проби і додають стільки води, щоб електроди були повністю занурені в розчин. Вмикають електромагнітну мішалку і іонометр у режим вимірювання ЕРС.

2. Виконують приблизне титрування. З цією метою з бюретки додають у потенціометричну комірку порціями по 0,5 $см^3$ титрант, кожного разу записуючи значення ЕРС. У ділянці стрибка потенціалу буде спостерігатися найбільша зміна ЕРС від введеної порції титранту. Відмічають загальний об'єм титранту до початку стрибка потенціалу і приблизне титрування закінчують.

3. Виконують точне титрування. Для цього виконують усі операції попередніх пунктів, але у ділянці, близької до стрибка потенціалу, титрант вводять порціями по 0,1-0,05 $см^3$. Після виявлення стрибка титрування додають ще 3-5 разів по 0,5 $см^3$ титранту і титрування закінчують.

4. Результати титрування заносять у таблицю.

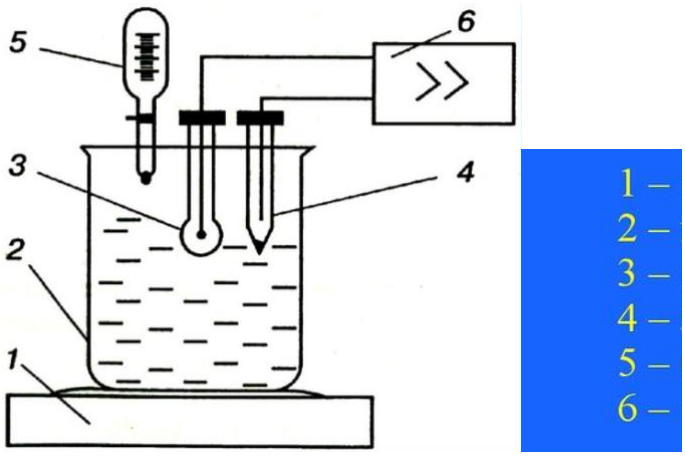
№ п/п	V_T, $см^3$	E, мВ	ΔV, $см^3$	ΔE, мВ	$\Delta E/\Delta V$, $мВ/см^3$

За одержаними даними будують інтегральну і (або) диференційну криву титрування і за нею визначають еквівалентний об'єм титранту; вміст Досліджуваного компонента розраховують за формулами титриметричного аналізу.

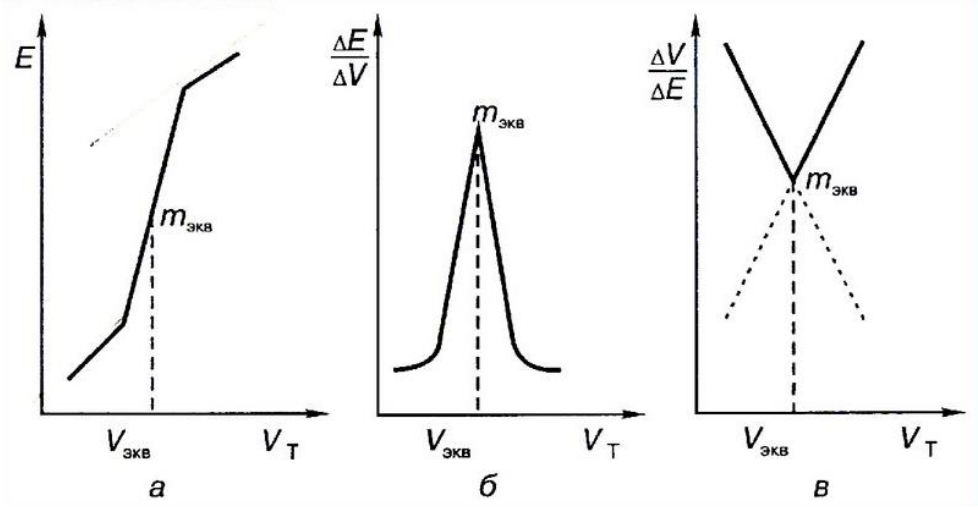
Завдання для самостійної роботи

Завдання 1.

а) Підписати схему установки для потенціометричного титрування, подану нижче:



б) Підпишіть поданий нижче малюнок.



А) –
Б) –
В) –

Завдання 2. У комірку для потенціометричного титрування помістили 15,00 см^3 розчину NaCl і відтитрували його розчином 0,1012 моль/дм^3 $AgNO_3$. Результати титрування наведені у таблиці:

V_{AgNO_3},см^3	19,00	20,00	20,10	20,20	20,30	20,40	20,50
ЕРС, мВ	106	175	180	192	222	290	306

V_{AgNO_3},см^3	20,60	20,70	21,00	21,50	22,00	23,00
ЕРС, мВ	315	322	334	350	362	370

Побудуйте інтегральну та диференційну криві титрування і визначте вміст натрію хлориду за поданими даними.

Контрольні питання:

1. Які методи аналізу належать до електрохімічних?
2. В чому суть потенціометричного методу аналізу?

3. Що таке крива потенціометричного титрування?
4. Які види кривої потенціометричного титрування знаєте?
5. Що таке електродна комірка?

.

Заняття №21

Тема: Інструментальні методи: хроматографія

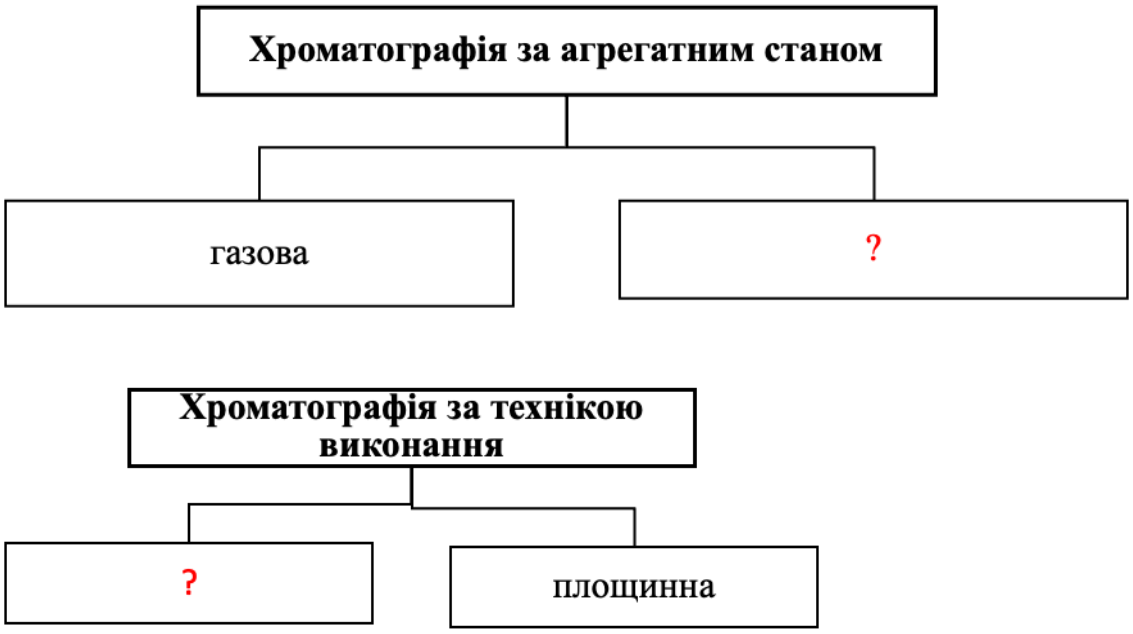
Мета: ознайомитися з характеристикою й методикою проведення аналізу; практично визначати концентрацію речовин за допомогою хроматографічного методу аналізу.

Актуалізація опорних знань здобувачів:

1. Дайте стислу відповідь чи допишіть терміни, поняття:

1. Процес розділення й аналізу сумішей речовин називають ……..
2. Рухома фаза – це ……..
3. Процес поглинання речовини твердими чи рідкими поглиначами - це ……..
4. Концентрування речовини на поверхні сорбенту називають ……..
5. Поглинання речовини чи газової суміші об'ємом сорбенту називають ……..
6. Графічний запис результатів хроматографування представлено ……..
7. Величина площі й висоти хроматографічного піку є функцією …… речовини.

2.Виконайте завдання:



3. Виконайте завдання:

Розділення рослинних пігментів методом тонкошарової хроматографії

Мета: ознайомитися з методикою проведення хроматографічного аналізу. Оволодіти прийомами техніки виконання аналізу методом тонкошарової хроматографії.

Теоретична частина

Хроматографічний аналіз – фізико-хімічний метод якісного і кількісного аналізу, оснований на тому, що навіть близькі за складом речовини по-різному поглинаються сорбентами. При фільтруванні досліджуваного розчину через колонку, наповнену сорбентом, відбувається вибіркова адсорбція: сильно сорбовані компоненти поглинаються у верхній частині колонки; слабо сорбовані розташовуються нижче. За умови, що компоненти суміші забарвлені, отримана хроматограма дозволяє зробити висновок про склад розчину. Тому безбарвні речовини забарвлюють спеціальними реактивами.

Хроматографічні методи класифікують за:

- агрегатним станом досліджуваної системи. Виділяють газову, рідинну та газорідинну хроматографію;
- механізмом процесу розділення. Виділяють хроматографію адсорбційну, йонообмінну, осадову, розподільну, окисно-відновну, адсорбційно-комплексоутворюючу;
- технікою виконання хроматографічного процесу. Виділяють колоночну, капілярну, тонкошарову, мембранну, на папері.

За допомогою хроматографії досліджують кількісний вміст: нафтопродуктів, пестицидів, хлорорганічних сполук у грунтах та донних відкладах; натрію, калію, амонію, нікелю, кобальту, міді, кадмію, ртуті, більшість аніонів, органічних кислот, фенолів, спиртів тощо у природних водах; CO, CO_2, CI_2, CCI_4, кетони, альдегіди, сполуки органічного походження, свинець, берилій нікель тощо у повітрі.

За поширеністю використання у дослідженнях якісного стану навколишнього природного середовища хроматографічні методи аналізу не поступаються оптичним.

Розділення рослинних пігментів методом тонкошарової хроматографії.

Пігменти мають надзвичайно велике екологічне значення у житті рослин. За участю хлорофілу у клітинах рослин відбувається фотосинтез. Різні пігменти допомагають рослині пристосуватися до умов існування. За кольором листя можна оцінити стан довкілля (листя липи жовтіє від надлишку солі у ґрунті).

Завдання для самостійної роботи

1. У спиртову витяжку (екстракт) листя сік листя чи коренеплодів, у пробірці занурюють смужку фільтрувального паперу завширшки 1см і завдовжки 20 см. Оскільки целюлоза краще сорбує хлорофіл, ніж каротин і ксантофіл, то відбувся розподіл пігментів у процесі підняття рідини і знизу з’являються зелені плями хлорофілу, вище – жовті плями каротину і ксантофілу.
2. Наносять краплю спиртового екстракту на круглий фільтр. Внаслідок різної сорбції пігментів утвориться кругова хроматограма – у центрі зелене коло, зовні жовте.
3. Перегляньте відео. Запишіть спостереження щодо розташування кольорів на хроматограмі.

Контрольні питання:

1. До яких методів дослідження належить хроматографія?
2. У чому суть хроматографічного аналізу?
3. Розкрийте зміст методики хроматографічного дослідження.
4. Як класифікують хроматографічні методи аналізу?
5. Де використовують методи хроматографії екологи?
6. Охарактеризуйте експериментально отриману вами хроматограму. Обґрунтуйте одержані результати.

Заняття №22

Тема: Інструментальні методи: хроматографія

Мета: ознайомитися з характеристикою й методикою проведення аналізу; практично визначати концентрацію речовин за допомогою хроматографічного методу аналізу.

Розрахунки: розподільна хроматографія

Паперова хроматографія

Нерухомою фазою у паперовій хроматографії є фільтрувальний папір. Краплю розчину, що містить зразок наносять на папір. У результаті струму рухливої рідини (проявника) відбувається міграція. Рух проявника обумовлений капілярними силами.

Залежно від способу подачі розчинника розрізняють:

1) висхідну хроматографію (проявник рухається знизу нагору);

2) низхідну (потік рухається зверху вниз, при цьому внесок у рух вносить гравітаційна сила);

3) радіальну хроматографію.

Для хроматографіних цілей застосовується спеціальний папір, до якого висуваються наступні вимоги: папір повинен бути хімічно чистим, однорідним по щільності, з волокнами однакової довжини, що забезпечує потрібну швидкість руху розчинника.

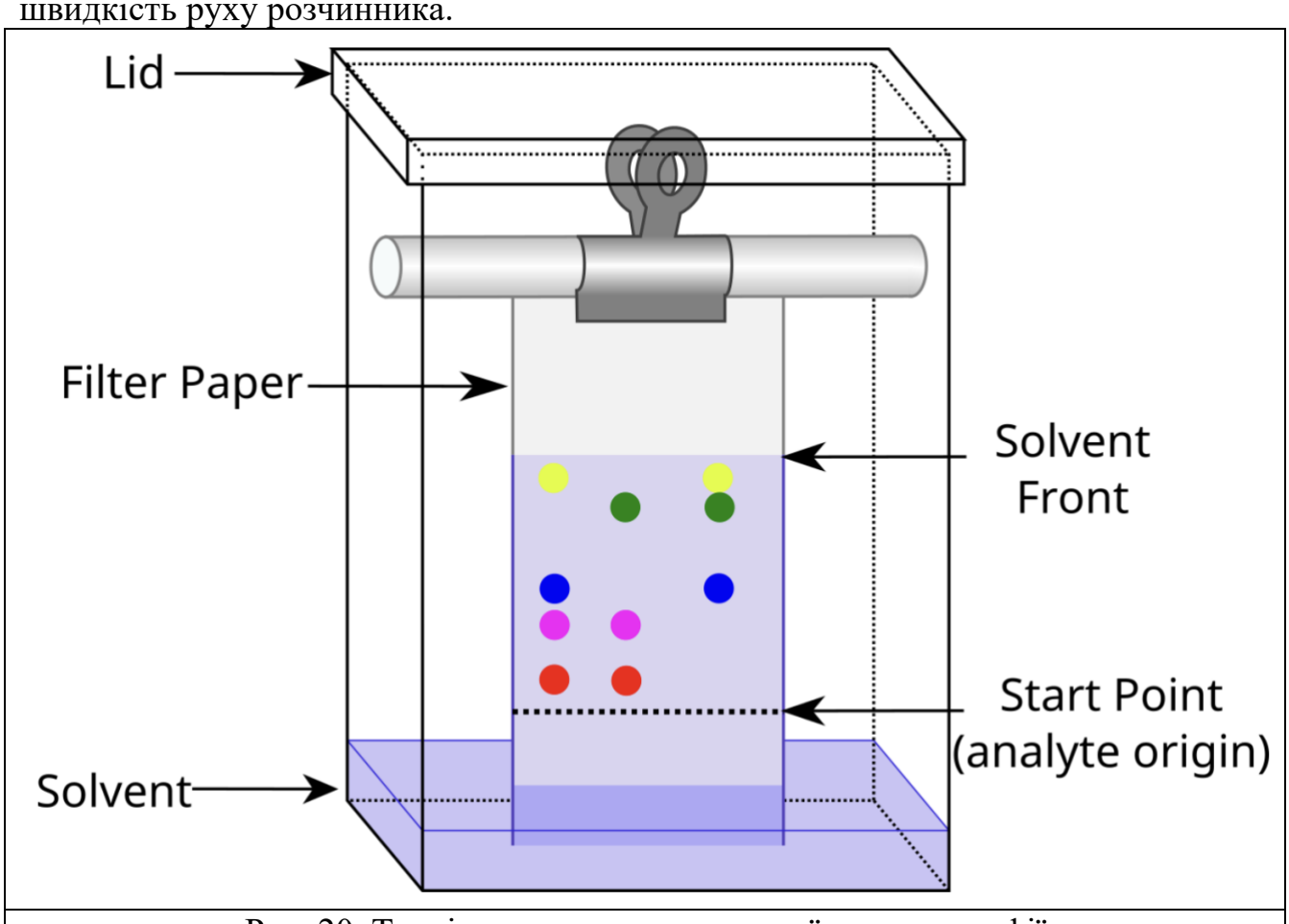
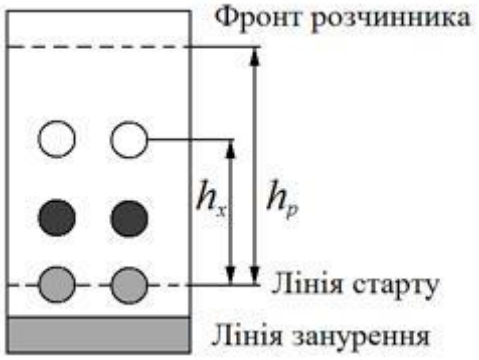


Рис. 20. Техніка виконання паперової хроматографії

Для чіткого поділу при хроматографуванні необхідно, щоб напрямок руху розчинника збігався з напрямком волокон. При проведенні висхідної лінійної паперової хроматографії (рис. 20) на смужку паперу 1 на деякій відстані від нижнього її краю наносять одну або кілька крапель досліджуваного розчину 2. Пляму підсушують, папір занурюють нижнім кінцем у розчинник 3 таким чином, щоб місце, де нанесені краплі розчину (стартова лінія 4 залишається трохи вище поверхні розчинника). Верхній кінець паперу закріплюють.

Для опису переміщення зон, компонентів, які розділяють уведений коефіцієнт R_f , що являє собою відношення шляху, пройденого зоною (плямою) речовини від місця нанесення проби (старта) до центра плями після хроматографування, до відстані пройденої фронтом рухомого розчинника:



$$R_f = \frac{h_x}{h_p},$$

де h_x – відстань, пройдена плямою;

h_p – відстань, пройдена розчинником.

R_f характеризує швидкість переміщення зони компонента по паперу та залежить не від присутності інших речовин, а залежить лише від природи рідкої рухомої та нерухомої фаз.

R_s-показник швидкості хроматуграфування речовин. Визначається як відношення показників R_f цих речовин: $R_s = R_{f1} / R_{f2}$.

Отже, R_f – відстань від стартової лінії хроматограмми до цетра плями речовини, тобто відстань пройдена фронтом рухомої фази

R_s = R_f (досліджувана *речовина* / R_f (стандартизована речовина).

Вважають, що повне розділення двох речовин методом площинної хроматографії відбувається, якщо R_{f1}-R_{f2}=$\Delta R_f \geq 0{,}05$ (хроматографія на папері, довжина пробігу рухомої фази 30-40 см) або при $\Delta R_f \geq 0{,}1$ (тонкошарова хроматографія, довжина пробігу рухомої фази 10 см).

За технікою виконання хроматографії розрізняють такі види: одновимірна (висхідна і спадна), двовимірна, кругова й електрофоретична (рис. 20).

Радіальну хроматографію, при якій використовується паперове коло, можна проводити в чашці Петрі. Окремі зони розташовуються навколо плями у вигляді концентричних кіл (рис. 21).

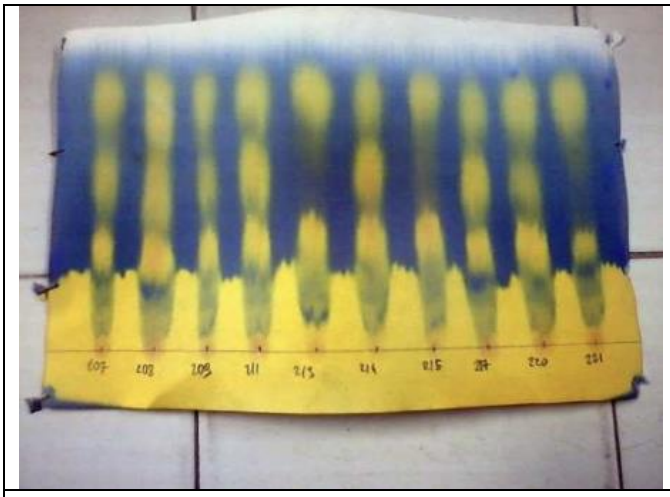


Рис. 20. Види паперової хроматографії



Рис. 21. Радіальна хроматографія

Завдання для самостійної роботи

1. При хроматуванні розчинів глюкози та лактози були отримані відповідні відстані від стартової лінії до верхньої кромки плями кожного з них: 4,6 см та 2,3 см відповідно. Відстань від стартової лінії до лінії фронту розчинника 10 см. Визначте R_f для кожного з цукрів.

Відповідь: R_f для глюкози - 0,46; R_f для лактози – 0,23.

2. При хроматографуванні розчинів фруктози та сахарози були отримані відповідні відстані від стартової лінії до верхньої кромки плями кожного з них: 6,0 см та 4,6 см відповідно. Відстань від стартової лінії до лінії фронту розчинника 12 см. Визначте R_f для кожного з цукрів.

Відповідь: R_f для фруктози - 0,5; R_f для лактози – 0,36.

3. При хроматографуванні розчинів фенобарбіталу та бутадіону були отримані відповідні відстані від стартової лінії до верхньої кромки плями кожного з них: 5,1 см та 6,1 см відповідно. Відстань від стартової лінії до лінії фронту розчинника 10 см. Визначте R_f для кожного з речовин та R_s бутадіону відносно фенобарбіталу.

Відповідь: R_f для фенобарбіталу - 0,51; R_f для бутадіону – 0,61; R_s – 1,19.

4. При хроматографуванні розчинів кофеїну та бутадіону були отримані відповідні відстані від стартової лінії до верхньої кромки плями кожного з них: 7,0 см та 6,1 см відповідно. Відстань від стартової лінії до лінії фронту розчинника 10 см. При хроматографуванні досліджуваного розчину було отримано пляму, верхній край якої на відстані 8,4 см від стартової лінії, а розчинник досяг відстані 12 см. Яка з речовин була в розчині?

Відповідь: R_f = 0,7, кофеїн.

5. Коефіцієнти рухомості малонової, янтарної, глутарової, адипінової та яблучної кислот дорівнюють відповідно 0,23; 0,30; 0,34; 0,40 та 0,19. Яка пара кислот буде розділятися найбільш повно? Які пари кислот неможливо розділити повністю? Довжина пробігу рухомої фази становить 10 см.

Відповідь: адипінова та яблучна – повне розділення; малонова та яблучна, янтарна й глутарова –розділення неповне.

Завдання для самостійної роботи

1. Визначити масову частку (%) компонентів газової суміші, якщо площі хроматографічних піків пропану, бутану і циклогексану та їх поправочні коефіцієнти дорівнюють відповідно 170 мм^2 і 0,68; 205 мм^2 і 0,68; 35 мм^2 і 0,85.
2. Визначити масову частку (%) метану і етану в газовій суміші за наступними даними, отриманими під час хроматографічного аналізу.

Компонент	Метан	Етан
Площа піку, мм^2	207	4
Поправочний коефіцієнт	1,23	1,15

Відповідь: 98,23%, 1,77%.

3. Визначити масову частку динітробензола та бензола в суміші за характеристиками, отриманими при хроматографуванні:

компонент	динітробензол	бензол
Площа піка, мм^2	305	12
Поправочний коефіцієнт	1.22	1.07

Відповідь: 96.66%, 3.34%.

3. Виконайте завдання, спираючись на подані нижче зразки розв'язку.

Зразок. Реакційну масу 12,7500 г після нітрування толуола проаналізували методом газо-рідинної хроматографії з використанням етилбензола в якості внутрішнього стандарту кількістю 1,2500 г. Визначити масову частку (%) толуолу, що не прореагував за такими даними:

Компонент	Толуол	Етилбензол
Площа піка, мм^2	307	352
Поправочный коефіцієнт	1.01	1.02

Розв'язок:

В методі внутрішнього стандарту масову частку компонента (ω) розраховують за формулою:

$$\omega_i(\%) = \frac{K_i \cdot S_i}{K_{ст.} \cdot S_{ст.}} \cdot \frac{m_{ст.}}{m_{пр.}} 100\,(\%)$$

де K_i и $K_{ст.}$ – поправочні коефіцієнти визначуваного компонента й внутрішнього стандарта;

S_i и $S_{ст.}$ – площі хроматографічних піків визначуваного компонента й внутрішнього стандарта;

$m_{ст.}$ – маса внутрішнього стандарту, г.

$m_{пр.}$ – маса визначуваної проби, г.

Тоді,

$$\omega(\text{толуола}) = \frac{1.01 \cdot 307}{1.02 \cdot 352} \cdot \frac{1.25}{12.75} \cdot 100 = 8.47\ (\%)$$

Завдання для самостійної роботи

1.При визначенні метилетилкетона в 15,2600 г суміші методом газо-рідинної хроматографії в якості внутрішнього стандарту використано ацетон у кількості 1,0900 г. Визначити масову частку (%) метилетилкетона за такими експериментальними даними:

Компонент	Метилетилкетон	Ацетон
Площа піка, мм^2	108	128
Поправочний коефіцієнт	1.79	0.82

Відповідь: 13.16 %.

1. При визначенні бензола в суміші масою 25,1600 г методом газо-рідинної хроматографії в якості внутрішнього стандарту використано толуол кількістю 1,2800 г. Визначити масову частку бензола за такими даними:

Компонент	бензол	толуол
Площа піка, мм^2	80	109
Поправочний коефіцієнт	0.79	0.82

Відповідь: 3.60 %.

2. Пробу суміші ароматичних вуглеводнів масою 2,0342 г, проаналізували методом хроматографії. В якості внутрішнього стандарту використали 0,4168 г н-октана. Визначити масову частку ароматичних вуглеводнів у суміші за такими даними:

Компоненти суміші	1	2	3	н-октан
Площа піка, мм^2	120	234	84	146

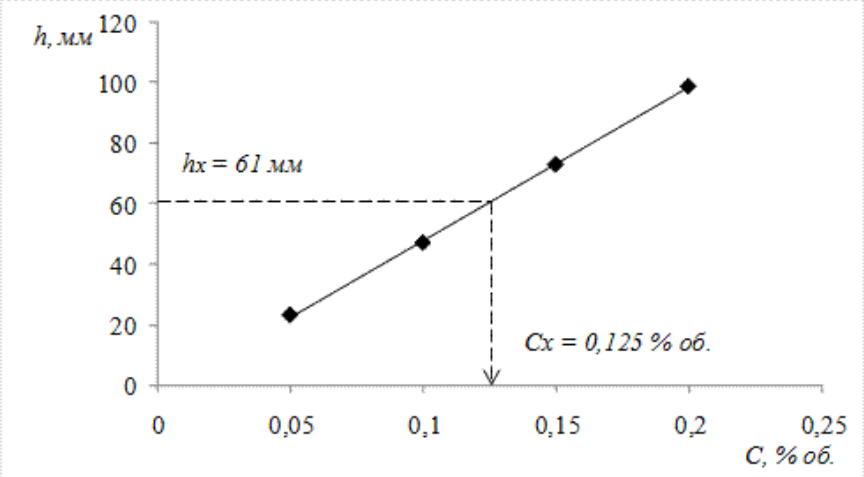
Відповідь: 16.84 %, 32.84 %, 11.79 %.

* Поправочний коефіцієнт для усіх компонентів прийняти рівним одиниці.

4.Виконайте завдання: метод калібрувального графіку

Задача-зразок. При хроматографуванні газових сумішей з вмістом бензолу - 0,05; 0,10; 0,15; та 0,20 *% об*., висоти хроматографічних піків мали значення: 23, 47, 73, 99 *мм* відповідно. Визначте концентрацію бензолу в досліджуваній суміші, якщо висота його хроматографічного піку, одержаного в тих самих умовах, становить 61 *мм.*

Розв'язок. При хроматографуванні газових сумішей використовують метод калібрувального графіку, з якого визначають концентрацію досліджуваної речовини:



Вміст бензолу в досліджуваній суміші – 0,125 *% об.*

Завдання для самостійної роботи

При хроматографуванні газових сумішей з вмістом бензолу - 0,05; 0,10; 0,15; та 0,20 *% об.*, висоти хроматографічних піків мали значення: 20, 47, 75, 90 *мм* відповідно. Визначте концентрацію бензолу в досліджуваній суміші, якщо висота його хроматографічного піку, одержаного в тих самих умовах, становить 51 *мм.*

Список використаних джерел

1. Апостолюк С.О., Джигирей В.С., Апостолюк А.С та ін. Практикум з промислової екології. - К.: Основа, 2005. - 222 с.
2. Базель Я.Р. і ін. Практичний курс аналітичної хімії: Навчальний посібник.- Луцьк: "Вежа" 2004.-Ч.1.-260с.
3. Биденко В. Н., Фещенко В. П., Борисюк Б. В. Экология человека: Учебное пособие. - Коростень: Друк, 2004. - 153 с.
4. Білявський Г. О. та ін. Основи екології: Підручник - К.: Либідь, 2004. - 408 с.
5. Білявський Г. О., Фурдій Р. С., Костіков І. Ю. Основи екології: Підручник. - К.: Либідь. 2004. - 408 с.
6. Білявський Г.О., Бутченко Л.І. Основи екології: теорія та практикум. Навч. Посіб. - К.: Лібра, 2006. - 368 с.
7. Болотов В.В. та ін. Аналітична хімія: Навчальний посібник.-Х.: Оригінал, 2004.-480 с.
8. Войцицький А.П., Скрипниченко С.В. Нормування антропогенного навантаження на природне середовище: Навч. посіб. - Житомир: ЖТДУ, 2007.- 201с.
9. Войцицький А.П., Федишин Б.М., Борисик Б.В. Методи та засоби вимірювання параметрів навколишнього середовища: Навч. посіб. - Херсон: Олді-плюс, 2006. - 363 с.
10. Голдовская Л.Ф. Химия окружающей среды: Учебник. - М.: Мир, 2005.- 296 с.
11. ДНАОП 0.003.-3.14-85. Санітарні норми допустимих рівнів шуму на робочих місцях.
12. Довгань В. П. Хіміко-бактеорологічний аналіз: Підручник. - К.: АСК, 2005. - 320 с.
13. Допустимі рівні вмісту радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr у продуктах харчування та питній воді (Др-97). Державні гігієнічні нормативи. - К., 1997.- 11 с.
14. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Державні стандартні норми.
15. ДСТУ 180 10381-1:2004. Якість ґрунту. Відбирання проб.- К.:, Держспоживстандарт України - 2006.- 32с.
16. ДСТУ 2867-94. Шум. Методи оцінювання виробничого шумонавантаження. Загальні вимоги.
17. ДСТУ 3 831-98. Охорона навколишнього природного середовища. Автоматизовані системи контролю якості природних вод. Типи та основні вимоги.
18. ДСТУ 3013-95. Система стандартів у галузі охорони навколишнього середовища та раціонального використання ресурсів. Гідросфера. Правила контролю за відведенням дощових і снігових стічних вод з території міст і промислових підприємств.
19. ДСТУ 3812-98. Система стандартів у галузі охорони навколишнього середовища та раціонального використання ресурсів. Контроль оперативний

стічних вод для очистки споруд міст і промислових підприємств. Загальні положення.
20. ДСТУ 3832-98. Охорона навколишнього середовища. Автоматизовані системи контролю стічних вод. Типи та основні вимоги.
21. ДСТУ 3913-99. Охорона довкілля та раціональне поводження з ресурсами. Пробовідбірники автоматичні для відбору усереднених проб природних та стічних вод. Загальні технічні умови та методи випробувань.
22. ДСТУ 3980-2000. Ґрунти. Фізико-хімія ґрунтів. Терміни та визначення.
23. Клименко М.О., Прищепа А.М., Вознюк Н.М. Моніторинг довкілля: Підручник.- К.: "Академія", 2006.-360 с.
24. Константінов М. П., Журбенко О. А. Радіаційна безпека: Навч. посіб. – Суми: Університетська книга, 2003. - 151 с.
25. Мітрясова О.М. Практикум з хімічного моніторингу довкілля.-Миколаїв: МДАУ, 2005.- 122 с.
26. Набиванець Б.Й. і ін. Аналітична хімія природного середовища: Підручник.-К.: Либідь, 1996.-304 с.
27. Посудін Ю. І. Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища: Навч. посіб. - К.: Світ, 2003. - 287 с.
28. Сафранов Т. А. Екологічні основи природокористування. - Навч. посіб. - Львів: Новий світ - 2000, 2003. - 247 с.
29. Скиба Ю.А., Лазебна О.М. Моніторинг довкілля: практичний курс. Навчальний посібник для студентів спеціальності «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування». – К.: НПУ ім..М.П.Драгоманова, 2011. – 272 с.
30. Шелудченко Б. А., Бахмат М. І., Войцицький А. П. та ін. Інженерна екологія. Ч. 6. Нормування якості навколишнього середовища: Навч. посіб. - Кам’янець-Подільський: ПП Зволейко Д. Г., 2007. - 172 с.

Навчальне видання
Волошина Наталія Олексіївна, професор кафедри хімії та екології,
професор, доктор біологічних наук

МЕТОДИ ВИВЧЕННЯ ОБ'ЄКТІВ ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

Практикум

Відповідальний за випуск Волошина Н.О.

Підписано до друку 15.09.2026 р. Формат 60×84/16. Папір офсетний.
Друк ротаційний трафаретний. Ум. друк. арк. 5,5.
Наклад 20.

УДУ імені Михайла Драгоманова
вул. Пирогова 9, к.203, м. Київ
Тел.: 234-94-36