

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Волинський національний університет імені Лесі Українки**  
**Факультет хімії, екології та фармації**  
**Кафедра хімії та технологій**

**СИЛАБУС**  
**вибіркової навчальної дисципліни**

**Хімічні сенсори**

**Підготовки БАКАЛАВРА**

**Спеціальності 102 Хімія**

**освітньої програми Хімія**

**Луцьк – 2021**

Силабус навчальної дисципліни «Хімічні сенсори» підготовки бакалавра, галузі знань 10  
Природничі науки, спеціальності 102 Хімія, за освітньої програмою Хімія.

**Розробник:** Кормош Ж.О., професор кафедри хімії та технологій

кандидат хімічних наук, професор

Корольчук С.І., доцент кафедри хімії та технологій,

кандидат хімічних наук, доцент

Савчук Т.І., доцент кафедри хімії та технологій,

кандидат хімічних наук, доцент

**Силабус навчальної дисципліни затверджена на засіданні кафедри хімії та технологій**

протокол № 5 від 15 грудня 2020 р.

/ Завідувач кафедри:  (Олексюк І.Д.)

© Кормош Ж.О., 2021  
Савчук С.І.,  
Корольчук С.І.

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітньо-професійна програма, освітній рівень	Характеристика навчальної дисципліни
Денна форма навчання	10 Природничі науки 102 Хімія  Хімія  бакалавр	<b>Вибіркова</b>
Кількість годин/кредитів <u>/ 5</u>		Рік навчання <u> 2 </u>
		Семестр <u> 3 </u>
		Лекції <u> 24 </u> год.
		Практичні (семінарські) _____ Лабораторні <u> 48 </u> год.
		Індивідуальні _____ год.
ІНДЗ: <u> немає </u>		Самостійна робота _____ год.
	Консультації _____ год.	
	Форма контролю: залік	

### I. Опис навчальної дисципліни

#### II. Інформація про викладача

Кормош Жолт Олександрович

Кандидат хімічних наук

професор

Професор кафедри хімії та технологій

0505009468, kormosh@vnu.edu.ua

<http://194.44.187.20/cgi-bin/timetable.cgi?n...>

#### III. Опис дисципліни

**1. Анотація курсу.** Навчальна дисципліна «Хімічні сенсори» передбачена як вибіркова дисципліна для підготовки бакалавра, галузі знань 10 Природничі науки, спеціальності 102 Хімія, за освітньої програмою Хімія.

Вивчення даної дисципліни спрямоване на вивчення питань хімічної сенсорики; добре структурований і широкий спектр умінь та навичок при розробці потрібних сенсорів; вміння порівнювати, класифікувати, грамотно описувати одержанні результати при аналізі; робити належну інтерпретацію, проведення паралелі, можливість попередньо оцінити чи спрогнозувати одержані результати, а також запропонувати власне вирішення тієї чи іншої

проблеми; уміння проаналізувати отримані результати, розвинути, сформулювати, дати їм власну оцінку та обґрунтоване пояснення.

2.Курси, на яких базується вивчення даної дисципліни „Аналітична хімія та інструментальні методи хімічного аналізу”, „Органічна хімія”, «Фізика».

3. Метою навчальної дисципліни “Хімічні сенсори” є поглибити теоретичні знання про «Хімічні сенсори», а також можливості їх застосування при визначенні конкретних об’єктів.

Основними завданнями навчальної дисципліни “Хімічні сенсори” є набуття знань про методологію хімічних сенсорів на основі вивчення більш широкого літературного матеріалу при підготовці фахівців; систематизувати набуті знання з попередніх курсів, які можна застосувати у сенсор-системах; ґрунтовно розглянути хімічну основу та способи застосування кожного типу сенсор-методів;сформувати у студентів вміння, розуміння і навички володіти матеріалом не лише теоретичного плану, але й логічного підходу щодо застосування набутих знань у практиці.

#### 4.Результати навчання (компетентності):

Студент повинен знати: хімічну основу сенсорів, що ґрунтується на хімічних реакціях і способах іммобілізації реагентів; паперові сенсор-смужки, індикаторні порошки, індикаторні трубки, таблетки, ампули і крапельниці. Їх виготовлення та особливості будови; існуючі сенсор-системи реєстрації, що застосовуються у різних сферах людської діяльності.

та вміти: застосувати теоретичні знання на практиці; проводити сенсор-аналіз з допомогою паперових смужок, індикаторних трубок, таблеток та індикаторного порошку; застосовувати індикаторні порошки, індикаторні трубки, таблетки і подібні до них форми, оптичні та електрохімічні сенсори, для визначення якісного, кількісного чи напівкількісного визначення органічних та неорганічних речовин у досліджуваних об’єктах.

#### 5. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	Усього	у тому числі				
		Лек.	Практ. (Семін.)	Лаб.	Конс.	Сам.
<b>Змістовий модуль 1. Загальна характеристика хімічних сенсорів. Електрохімічні сенсори</b>						
Тема 1. Хімічні сенсори. Загальні поняття, термінологія, класифікація. Аналітичні та метрологічні характеристики сенсорів.		2	4			
Тема 2. Електрохімічні сенсори		2	4			
Тема 3. Мембрани для потенціометричних сенсорів, характеристики, застосування.		2	4			
Разом за змістовим модулем 1		6	12			
<b>Змістовий модуль 2. Оптичні та інші сенсори</b>						
Тема 4. Оптичні сенсори.		4	4			
Тема 5. Мас-чутливі сенсори.		4	4			

Сенсори з фізичними і фізико-хімічними перетворювачами. Біохімічні сенсори.							
Тема 6. Нові матеріали і технології створення хімічних сенсорів.		4	4				
Разом за змістовим модулем 2		12	12				
<b>Змістовий модуль 3. Імобілізовані системи</b>							
Тема 7. Хімічні тест-системи спрощеного експресного контролю. Матеріали та середовища для тест-реакцій		2	8				
Тема 8. Способи імобілізації реагентів на твердій матриці		2	8				
Тема 9. Приклади застосування хімічних сенсорів та тест-систем в аналізі об'єктів довкілля, промислових та біологічних об'єктів, лікарських форм.		2	8				
Разом за змістовим модулем 3		6	24				
<b>Усього годин</b>		<b>24</b>	<b>48</b>				

### 6. Завдання для самостійного опрацювання

1. Поясніть основні тенденції розвитку сучасної аналітичної хімії.
2. Сформулюйте основні вимоги, що висуваються до методів та засобів експресного аналізу.
3. Назвіть тенденції та особливості розвитку портативних аналітичних приладів та пересувних лабораторій.
4. Наведіть приклади застосування портативних приладів в експресному аналізі різних об'єктів.
5. Назвіть складові сенсору та дайте їх означення.
6. Класифікація сенсорів за способом реєстрації аналітичного сигналу.
7. Наведіть основні означення та термінологію тестового методу аналізу.
8. Класифікація тест-методів.
9. Якими достоїнствами володіють тест-системи?
10. В чому полягає сутність різних способів імобілізації аналітичних реагентів на твердій матриці?
11. Матеріали та середовища для проведення тест-реакцій. Наведіть приклади їх практичного застосування в аналізі.
12. Які вимоги висуваються до реакцій заміщення у разі застосування реактивних індикаторних паперів для визначення йонів металів?
13. У чому полягає принцип іонометричного методу аналізу?
14. Дайте визначення хімічного сенсора. У чому полягає відмінність між фізичними, хімічними сенсорами і біосенсорами?
15. Що таке активність? Наведіть приклади біохімічних і інших процесів, що залежать від активності іонів.
16. Запропонуйте методи визначення активності іонів у розчині.

17. Які чинники необхідно враховувати при визначенні активності іонів у розчині?
18. Для яких розчинів поняття активності та концентрації співпадають?
19. Які характеристики ІСЕ входять до рівняння Никольського? Чи є відмінності при записі цього рівняння для електрода, селективного до катіонів і аніонів?
20. Запропонуйте класифікацію ІСЕ за типами мембран.
21. Що таке коефіцієнт селективності?
22. Чому для оцінки селективності на практиці не використовують константу селективності, а рекомендується коефіцієнт селективності?
23. Які методи оцінки коефіцієнтів селективності відомі? Чому найчастіше використовують метод змішаних розчинів?
24. Що таке градувальна характеристика? У яких межах вона знаходиться?
25. Що таке крутизна градувальної характеристики? Які чинники впливають на її величину?
26. Дайте поняття межі виявлення. Запропонуйте способи оцінки.
27. Які чинники впливають на величину межі виявлення?
28. Перерахуйте чинники, що впливають на час відгуку ІСЕ.
29. Укажіть джерела погрешностей в іонометрії.
30. Запропонуйте способи оцінки правильності результатів аналізу іонометричного визначення.
31. Поясніть механізм дії скляної мембрани.
32. Дайте схему формування мембранного потенціалу скляного електрода.
33. Чому рН-чутливою є тільки добре вимочена скляна мембрана?
34. Чому результати вимірювань рН у сильнолужних розчинах занижені? Для створення яких електродів використовували цей факт?
35. Чому скляний електрод дає неправильні результати при вимірюванні рН у сильноокислих розчинах? Який електрод можна використовувати в цій ситуації замість скляного?
36. Для визначення яких катіонів металів використовують скляні електроди?
37. Що таке потенціал асиметрії? Які можливі причини його виникнення? Як його можна усунути?
38. Прогнозуйте й експериментально підтвердіть значення рН для деяких біологічних і інших систем: морська вода; кров людини; молоко; слина; столовий оцет; водний розчин харчової солі; водний розчин кальційованої солі; слюзи; дистильована вода; питна вода; молоко; апельсиновий сік; томатний сік.
39. Запропонуйте ЕАР для фторидселективного електрода.

40. Як пояснити електричну провідність кристалічних мембран?
41. Які хімічні речовини використовують як первинний стандартний зразок для визначення рН розчину?
42. Які чинники впливають на величину рН розчину?
43. Що означає термін "робочий зразок порівняння рН"?
44. Наведіть приклади неорганічних солей як основи твердих мембран ІСЕ.
45. Чим зумовлена селективність мембрани на основі  $\text{LaF}_3$  для визначення фторид-іонів?
46. Перерахуйте джерела похибок при вимірюванні рН скляним електродом і причини їх виникнення.
47. Які електродноактивні речовини можна використовувати для виготовлення рідких мембран ІСЕ?
48. Чому рН-метри необхідно калібрувати?
49. Чому дегідратація скляного електрода призводить до похибок у результатах вимірювань?
50. Які іони заважають визначенню фторид-іонів у воді?
51. Чому визначення фторид-іонів рекомендується проводити в слабкислому середовищі?
52. Як усунути вплив  $\text{Fe(III)}$  і  $\text{Al(III)}$  при іонометричному визначенні фторид-іонів у воді?
53. Які вимоги пред'являються до ЕАР рідинних мембран?
54. Поясніть механізм дії газових електродів.
55. Що таке ферментний електрод? Наведіть приклади ферментних електродів.
56. Поясніть механізм дії ІСЕ з рідинними мембранами.
57. Чим зумовлена висока вибірковість ферментних електродів?
58. Що таке іонофор?
59. Наведіть приклади ІСЕ на основі іонофорів і поясніть механізм їх дії.
60. Які чинники впливають на потенціометричну вибірковість іонофорів?
61. Дайте схему формування мембранного потенціалу ІСЕ на наступні компоненти:  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{Ag}^+$ .
62. Які загальні властивості мембран, що використовують для виготовлення ІСЕ?
63. У чому полягають переваги ІСЕ з полімерними мембранами? Який механізм їх дії?
64. Опишіть методику приготування ІСЕ плівкового типу.
65. Наведіть приклади твердоконтактних електродів. Перерахуйте їх переваги і недоліки.
66. Наведіть приклади ІСЕ на аніонні комплекси металів. Поясніть механізм їх дії.

67. Які ЕАР мембран використовують для виготовлення ІСЕ на аніонні комплекси металів?
68. Які переваги та недоліки ІСЕ на аніонні комплекси металів?
69. Наведіть приклади іонометричних методик визначення компонентів у воді, ґрунті, повітрі, харчових продуктах відповідно до міжнародних і державних стандартів. Укажіть інтервал визначуваних концентрацій і методологічні характеристики аналізу.
70. Наведіть приклади визначення компонентів електролітів гальванічних ванн із застосуванням ІСЕ.
71. Опишіть принцип іонометричного визначення жорсткості води.
72. Оцінити можливість потенціометричного визначення кислотності темних сортів пива, гальванічних ванн хромування.
73. Запропонуйте методи визначення аміаку й амонію, сірководню в природних і стічних водах. Опишіть принципи цих методів.
74. Запропонуйте методи визначення загального вмісту рухомих форм фторидів у ґрунтах.
75. Запропонуйте методики іонометричного визначення міді, свинцю, кальцію, паладію, срібла, калія, магнію, хрому(VI), золота в природних і промислових об'єктах. Опишіть склад і механізм дії мембрани для ІСЕ на ці елементи.
76. Запропонуйте методики іонометричного визначення перхлоратів, роданіду, нітратів, бромідів, хлоридів, йодидів, фторидів, хромат-іонов, сульфідів, ціанідів у природних і промислових об'єктах.
77. Запропонуйте методики визначення глюкози, сечовини в біорідинах. Поясніть механізм формування електродного потенціалу з даним ІСЕ.
78. Запропонуйте й обґрунтуйте інтервал рН при визначенні фторидів у воді, ґрунті.

#### IV. Політика оцінювання

У разі пропуску студентом практичних занять та модульних контрольних передбачається їх відпрацювання.

#### V. Підсумковий контроль

Формою підсумкового семестрового контролю є залік і у випадку незадовільної підсумкової оцінки студент може добрати бали, виконавши певний вид робіт (наприклад, усно здати одну із тем, або прездати якусь тему).

#### VI. Шкала оцінювання

Оцінка в балах за всі види навчальної	Оцінка
---------------------------------------	--------



діяльності	
90 – 100	Відмінно
82 – 89	Дуже добре
75 - 81	Добре
67 - 74	Задовільно
60 - 66	Достатньо
1 – 59	Незадовільно

#### VI. Рекомендована література та інтернет-ресурси

1. Проблемы аналитической химии. Т. 13: Внелабораторный химический анализ [Текст] / под ред. Ю.А. Золотова. – М.: Наука, 2010. – 564 с.
2. Нанотехнология в ближайшем десятилетии [Текст] / под ред. М.К. Роко, Р.С. Уильямса, П. Аливасатова. Пер. с англ. – М.: Мир, 2002. – 292 с.
3. Золотов, Ю.А. Химические тест-методы анализа [Текст] / Ю.А. Золотов, В.М. Иванов, В.Г. Амелин. – М.: Едиторал УРСС, 2002. – 304 с.
4. Островская, В.М. Вода. Индикаторные системы [Текст] / В.М. Островская, О.А. Запорожец, Г.К. Будников, Н.М. Чернавская. – М.: ФГУП ВТИИ, 2002. – 266 с.
5. Проблемы аналитической химии. Т. 14: Химические сенсоры [Текст] / под ред. Ю. Власова. – М.: Наука, 2010. – 400 с.
6. Зими́на, Т.М. От сенсоров к микроаналитическим системам [Текст] / Т.М. Зими́на, В.В. Лучинин. – М.: Техносфера, 2005. – 302 с.
7. Шредер, Г. Швидкі аналітичні тести в хімічних дослідженнях довкілля [Текст] / Г. Шредер, А. Ніколаєвський, В. Рибаченко, Л. Опейда. – Донецьк: вид-во Юго-Восток, 2003. – 161 с.
8. Егорова, Л.С. Тест-определение меди(II) с использованием бумаг, пропитанных комплексами цинка и свинца с диэтилдитиокарбаминатом [Текст] / Л.С. Егорова, В.К. Чеботарев, Л.В. Трабер, О.В. Варламова / Известия АГУ. Раздел Химия, 2008. – № 3. – С. 57-61.
9. Набиванець Б.Й. Аналітична хімія природного середовища / Набиванець Б.Й., Сухан В.В., Калабіна Л.В.- К.: Либідь, 1996. - 301 с.
10. Форте́ськю Дж. Геохимия окружающей среды / Форте́ськю Дж. - М.: Прогресе, 1985. - 359 с.
11. Прима́к А.В. Системний аналіз контролю і управління якості повітря і води / Прима́к А.В., Кафаров В.В., Качиашвілі К.І. / - К.: Наук. думка, 1991. - 360 с.
12. Баркер Ф. Компьютеры в аналитической химии / Баркер Ф.- М.: Мир, 1987. - 520 с.
13. Ферсман А.Е. Очерки по минералогии и геохимии / Ферсман А.Е. – М.: Наука, 1977. – 192 с.
14. Яршева Н.Ф. Природа України / Яршева Н.Ф. – К.: Вища шк., 1995. – 335 с.
15. Лейте В. Определение загрязнений воздуха в атмосфере и на рабочем месте / Лейте В. – Л.: Химия, 1980. – 342 с.
16. Фалюш В.В. Методика польового визначення ґрунтів / Фалюш В.В., Олексеюк С.Т. - Луцьк: Надстир'я, 1989. – 70 с.
17. Положин І. Фізико-хімічні методи аналізу стану об'єктів навколишнього середовища / Положин І. - Львів: Львівська політехніка, 1997. - 543 с.
18. Даценко И.И. Химическая промышленность и охрана окружающей среды / Даценко

- И.И., Банах О.С., Баранский Р.И. - К. : Вища шк., 1986. – 1776 с.
14. Беспаятов Г.В. Предельнодопустимые концентрации химических веществ в окружающей среде / Беспаятов Г.В., Кротов Ю.А. – Л. : Химия, 1985.-528 с.
  15. Гусев Н.Г. Радиоактивные выбросы в биосфере / Гусев Н.Г., Беляев В.А. – М. : Энергоатомиздат, 1991. – 256 с.
  16. Муравьева С.И. Руководство по контролю вредных веществ в воздухе рабочей зоны / Муравьева С.И., Буковский М.И., Прохорова Е.К. – М.: Химия, 1991. – 368 с.
  17. Бокриса Дж. Химия окружающей среды / Дж. Бокриса – М. : Химия, 1982. – 672 с.
  18. Бурдян Б.Г. Навколишнє середовище та його охорона / Бурдян Б.Г., Дерев'янку В.О., Кривульченко А.І. - К. : Вища шк., 1993.-227 с.
  19. Аранович Г.И. Справочник по физико-химическим методам исследования объектов окружающей среды / Аранович Г.И., Коршунов Ю.Н., Ляликов Ю.С. – Л. : Судостроение, 1979. – 647 с.
  20. Шпигун О.А. Ионная хроматография и ее применение в анализе вод / Шпигун О.А., Золотов Ю.А. – М. : МГУ, 1990. – 199 с.
  21. Кальвода Р. Электроаналитические методы в контроле окружающей среды / Кальвода Р., Зыка Я., Штулик К. – М. : Химия, 1990. – 240 с.
  22. Демина Л.А. Ионметрия в неорганическом анализе / Демина Л.А., Краснова Н.Б., Юрищева Б.С., Чуяхин М.С. – М. : Химия, 1991. – 192 с.
  23. Хмельницкий Р.А. Масс-спектрокопия загрязнений окружающей среды / Хмельницкий Р.А., Бродский Е.С. - М. : Химия, 1990. – 184 с.