

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

СИЛАБУС
нормативної навчальної дисципліни
Фізичні методи дослідження речовини

Підготовки БАКАЛАВРА

Галузі знань 10 Природничі науки
Спеціальності 102 Хімія
Освітньо-професійної програми Хімія
Форма навчання: денна

Силабус навчальної дисципліни «Фізичні методи дослідження речовини» підготовки бакалавра, галузі знань 10 Природничі науки, спеціальності 102 Хімія, освітньо-професійної програми Хімія, форма навчання – денна за навчальним планом, затвердженим 2020 р.

Розробники: Юрченко О.М., доцент кафедри хімії та технологій,
кандидат фізико-математичних наук, доцент
Кормош Ж.О., професор кафедри хімії та технологій
кандидат хімічних наук, доцент

Силабус навчальної дисципліни затверджено на засіданні кафедри хімії та технологій,
протокол № 1 від 9 вересня 2021 р.

Завідувач кафедри
д.х.н., професор



(Олексеюк І.Д.)

© Юрченко О.М.,
Кормош Ж.О.
2021

I. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітньо-професійна програма, освітній рівень	Характеристика навчальної дисципліни
Денна форма навчання	10 Природничі науки 102 Хімія Хімія бакалавр	Вибіркова
Кількість годин/кредитів 90/3		Рік навчання 3
		Семестр 5
		Лекції 20 год.
		Практичні (семінарські) __год. Лабораторні 26 год. Індивідуальні год.
		Самостійна робота 38 год.
ІНДЗ: немає		Консультації 6 год.
	Форма контролю: залік	

II. Інформація про викладача

Юрченко Оксана Миколаївна
Кандидат фізико-математичних наук
Доцент
Доцент кафедри хімії та технологій
0951752486, Yurchenko.Oksana@vnu.edu.ua
<http://194.44.187.20/cgi-bin/timetable.cgi>

III. Опис дисципліни

1. Анотація курсу. Навчальна дисципліна «**Фізичні методи дослідження речовини**» передбачена як нормативна навчальна дисципліна циклу професійної підготовки бакалавра, галузі знань 10 Природничі науки, спеціальності 102 Хімія, освітньо-професійної програми Хімія. При вивченні дисципліни «**Фізичні методи дослідження речовини**» студенти отримують уявлення фізичні методи дослідження, що використовуються для встановлення складу та будови речовин, особливості їх застосування.

2. Пререквізити: Вивчення теоретичного курсу базується на знаннях, отриманих студентами при вивченні курсів фундаментальної підготовки „Загальна хімія”, „Неорганічна хімія”, „Фізика”.

3. Метою вивчення навчальної дисципліни “Фізичні методи дослідження речовини” є засвоєння студентами основних теоретичних положень методів ЯМР, ІЧ, електронної, ЕПР спектроскопії і мас-спектрометрії, одержання практичних навичок з інтерпретації відповідних спектрів і їх використання для встановлення складу і будови хімічних сполук.

Основними завданнями вивчення дисципліни “Фізичні методи дослідження речовини” є:

- ознайомлення студентів з основами фізичних методів дослідження;
- навчити проводити інтерпретацію УФ, ІЧ, ЯМР, ЕПР та мас-спектрів: визначати основні спектральні характеристики і робити на їх підставі висновки про хімічний склад і будову сполук.

До кінця навчання студенти будуть компетентними у таких питаннях:

- знання теоретичних основи окремих методів фізичних досліджень хімічного складу та будови речовини;

- знання основних характеристик, що використовуються при інтерпретації результатів;
- знання сфери застосування окремих методів;
- вміння передбачати будову речовини за властивостями та властивості речовин за їх будовою;
- вміння інтерпретувати дані УФ, ІЧ, ЯМР, ЕПР та мас-спектрів;
- вміння проводити самостійний теоретичний прогноз спектрів;
- вміння здійснювати самостійну інтерпретацію результатів комплексного дослідження структури органічних сполук кількома методами

4. Результати вивчення курсу (компетентності та програмні результати навчання).

Інтегральна компетентність

ІК. Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми хімії або у процесі навчання, що передбачає застосування певних теорій та методів природничих наук і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

Загальні компетентності

ЗК 1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК 2. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК 10. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

Фахові компетентності

ФК1. Здатність застосовувати знання і розуміння математики та природничих наук для вирішення якісних та кількісних проблем в хімії.

ФК2. Здатність розпізнавати і аналізувати проблеми, застосовувати обґрунтовані (чи доцільні) методи вирішення проблем, приймати обґрунтовані рішення в області хімії.

ФК3. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт виходячи із вимог хімічної метрології та професійних стандартів в галузі хімії.

ФК5. Здатність здійснювати сучасні методи аналізу даних.

ФК6. Здатність оцінювати ризики.

ФК7. Здатність здійснювати типові хімічні лабораторні дослідження.

ФК8. Здатність здійснювати кількісні вимірювання фізико-хімічних величин, описувати, аналізувати і критично оцінювати експериментальні дані.

ФК9. Здатність використовувати стандартне хімічне обладнання.

ФК10. Здатність до опанування нових областей хімії шляхом самостійного навчання.

ФК11. Здатність формулювати етичні та соціальні проблеми, які стоять перед хімією, та здатність застосовувати етичні стандарти досліджень і професійної діяльності в галузі хімії (наукова доброчесність).

Програмні результати навчання

ПРН 08. Знати принципи і процедури фізичних, хімічних, фізико-хімічних методів дослідження, типові обладнання та прилади.

ПРН 09. Планувати та виконувати хімічний експеримент, застосовувати придатні методики та техніки приготування розчинів та реагентів.

ПРН 13. Аналізувати та оцінювати дані, синтезувати нові ідеї, що стосуються хімії та її прикладних застосувань.

ПРН 14. Здійснювати експериментальну роботу з метою перевірки гіпотез та дослідження хімічних явищ і закономірностей.

ПРН 15. Спроможність використовувати набуті знання та вміння для розрахунків, відображення та моделювання хімічних систем та процесів, обробки експериментальних даних.

ПРН 16. Виконувати комп'ютерні обчислення, що мають відношення до хімічних проблем, використовуючи стандартне та спеціальне програмне забезпечення, навички аналізу та відображення результатів.

ПРН 18. Демонструвати знання та розуміння основних фактів, концепцій, принципів та теорій з хімії.

- ПРН 19.** Використовувати свої знання, розуміння, компетенції та базові інженерно-технологічні навички на практиці для вирішення задач та проблем відомої природи.
- ПРН 20.** Інтерпретувати експериментально отримані дані та співвідносити їх з відповідними теоріями в хімії.
- ПРН 23.** Грамотно представляти результати своїх досліджень у письмовому вигляді державною та іноземною мовами з урахуванням мети спілкування.
- ПРН 24.** Використовувати сучасні інформаційно-комунікаційні технології при спілкуванні, а також для збору, аналізу, обробки, інтерпретації даних.

5. Структура навчальної дисципліни.

Назви змістових модулів і тем	Усього	Лек.	Лабор.	Сам. роб.	Поточний контроль бали
Змістовий модуль 1. Фізичні методи дослідження в хімії. Основні положення мас-спектрометрії.					
Тема 1. Поняття про фізичні методи дослідження в хімії.	4	2	2		3
Тема 2. Основні принципи мас-спектрометрії та галузі її застосування.	4	2	2		3
Тема 3. Характеристика мас-спектрів. Характеристичні йони та характерні фрагментації.	10	2	4	2	3
Разом за модулем 1	18	6	8	2	9
Змістовий модуль 2. Електронна спектроскопія. Основні положення теорії ІЧ спектроскопії.					
Тема 4. Загальна характеристика електронної спектроскопії. Електронні переходи та електронні спектри. Поглинання та люмінесценція. Практичні аспекти вимірювання спектрів поглинання.	10	2	2	6	3
Тема 5. Спектри поглинання основних класів органічних сполук.	4	2	2		3
Тема 6. Коливальна спектроскопія як метод дослідження хімічних сполук. Теорія коливальних спектрів.	8		2	6	3
Тема 7. Використання ІЧ спектроскопії для ідентифікації органічних сполук	4	2	2		3
Тема 8. ІЧ спектри основних класів органічних сполук.	12	2	2	6	3
Разом за модулем 2	38	8	10	18	15
Змістовий модуль 3. ЯМР-спектроскопія. Спектроскопія електронного парамагнітного резонансу.					
Тема 9. Характеристика методу ЯМР. Способи реєстрації сигналу ЯМР.	8	2		6	3
Тема 10. Основні характеристики ЯМР спектрів. Хімічний зсув.	4	2	2		3
Тема 11. Основні характеристики ЯМР спектрів. Константа спин-спінової взаємодії.	8		2	6	3
Тема 12. Загальна характеристика електронного парамагнітного резонансу.	4	2	2		3
Тема 13. Надтонка взаємодія. Характеристика спектрів ЕПР.	10		2	6	4
Разом за модулем 3	34	6	8	18	16
Всього:	90	20	26	38	40

6. Завдання для самостійного опрацювання.

№ з/п	Тема	Кількість годин
1	Характеристичні йони та характерні фрагментації (на прикладі основних класів органічних сполук – вуглеводнів, галогенпохідних вуглеводнів, спиртів, етерів, альдегідів, кетонів, карбонових кислот, нітрילів, естерів, амінів, гетероциклічних сполук). Характеристичні перегрупування йонів. Перегрупування Мак-Лаферті.	2
2	Принцип Франка - Кондона. Інтенсивність вібронних переходів. Форма смуг поглинання та випромінювання. Флуоресценція та фосфоресценція. Стоксів зсув. Діаграма Яблонського. Типи електронних переходів. Поляризаційні спектри поглинання та люмінесценції. Поняття про синглетний і триплетний стани. Практичні аспекти вимірювання спектрів поглинання. Принципи будови спектрометрів. Кювети. Підбір розчинників та концентрації. Розрахунок екстинції. Аналіз двокомпонентних сумішей. Аналіз кето-енольної рівноваги. Чутливість електронної спектроскопії.	6
3	Спектрофотометри. Матеріали для кювет, розчинники. Методика одержання спектрів твердих, рідких і газуватих речовин. Умови виникнення ІЧ-спектра молекули. Коливання двохатомних молекул у наближенні гармонічного осцилятора. Ангармонічний осцилятор в квантовій механіці. Фундаментальні переходи у коливальних спектрах хімічних сполук. Їх число. Відображення в спектрах ангармонізму реальних молекул. Силові стани. Їх фізичне тлумачення. Співвідношення між силовими сталими та енергіями дисоціації хімічних зв'язків. Імовірність переходів в ІЧС. Правила відбору пов'язані з симетрією коливань. Спектри комбінаційного розсіювання (СКР). Природа спектрів комбінаційного розсіювання. Правило альтернативної заборони. Коливання багатоатомних молекул. Нормальні коливання, їх число. Коливальні спектри трьохатомних лінійних молекул. Вироджені коливання.	6
4	ІЧ спектри основних класів органічних сполук. Поглинання нітрогенвмісних сполук: аліфатичних та ароматичних амінів, нітрилів, нітросполук. Поглинання амідів карбонових кислот, амінокислот та пептидів.	6
5	Способи реєстрації сигналу ЯМР – метод повільного проходження та Фур'є-спектроскопія. Вплив радіочастотного імпульсу на макроскопічну ядерну намагніченість. Спад вільної індукції (СВІ). Фур'є перетворення кривої спаду вільної індукції. Переваги Фур'є ЯМР-спектроскопії над методом повільного проходження. Блок-схема спектрометра ЯМР. Характеристики приладів ЯМР – чутливість та роздільна здатність, робоча частота. Обертання зразка та його наслідки. Розчинники в ЯМР та вимоги до них.	6
6	Природа надтонкої взаємодії. Системи з $S = \frac{1}{2}$ і $I = \frac{1}{2}$ та $S = \frac{1}{2}$ і $I = \frac{3}{2}$. Інтерпретація ізотропних спектрів ЕПР. Спектри ЕПР органічних радикалів, які містять одну групу еквівалентних ядер. Спектри ЕПР органічних радикалів, які містять кілька груп еквівалентних ядер. Деякі правила інтерпретації ЕПР спектрів радикалів. Поняття про спіновий гамільтоніан (СГ). Спектри ЕПР сполук перехідних металів в заморожених розчинах. Анізотропія надтонкої структури. Залежність анізотропних параметрів від	6

симетрії найближчого оточення іона металу. Додаткова надтонка структура і її використання для встановлення способу координації лігандів і для дослідженні процесів комплексоутворення в розчинах.	
Разом	38

IV. Політика оцінювання

У разі пропуску студентом лабораторних занять та модульних контрольних з поважних причин передбачається їх відпрацювання.

Підсумкова оцінка за 100-бальною шкалою складається із сумарної кількості балів за:

1. поточне оцінювання з відповідних тем (лабораторне заняття 2 – 4 бали, лабораторне заняття 3 – 6 балів, лабораторні заняття 4-13 - по 3 бали за кожне; максимум 40 балів);
2. три модульні контрольні роботи (по 20 балів за кожну, максимум 60 балів).

Поточний контроль (макс = 40 балів)												Модульний контроль (макс = 60 балів)			Загальна кількість балів
Модуль 1												Модуль 2			
Змістовий модуль 1		Змістовий модуль 2					Змістовий модуль 3					МКР 1	МКР 2	МКР 3	
Т 2	Т 3	Т 4	Т 5	Т 6	Т 7	Т 8	Т 9	Т 10	Т 11	Т 12	Т 13	20	20	20	100
4	6	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	20	20	

V. Підсумковий контроль

Формою підсумкового контролю успішності навчання є іспит, який проводиться в усній формі. Якщо підсумкова оцінка (бали) з дисципліни є сумою поточного і модульного контролю і становить не менше 75 балів то, за згодою студента, вона може бути зарахована як підсумкова оцінка з навчальної дисципліни.

VI. Шкала оцінювання

Оцінка в балах за всі види навчальної діяльності	Оцінка
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. Драго Р. Физические методы в химии. Т. 1 / Р. Драго. - М.: Мир, 1981. - 422 с.
2. Драго Р. Физические методы в химии. Т.2 / Р. Драго. - М.: Мир, 1981. - 456 с.
3. Вилков Л.В. Физические методы исследования в химии. Структурные методы и

- оптическая спектроскопия. / Л. В Вилков, Ю.А. Пентин. - М.: Высшая школа, 1987. - 367 с.
4. Вилков Л.В. Физические методы исследования в химии. Резонансные и электрооптические методы. / Л. В Вилков, Ю.А. Пентин. - М.: Высшая школа, 1989. - 288 с.
 5. Лебедев А.Т. Масс-спектрометрия для анализа объектов окружающей среды / А.Т. Лебедев. – Москва : Техносфера, 2013. – 632 с.
 6. Иоффе Б.В. Физические методы определения строения органических соединений. / Б.В. Иоффе, Р.Р.Костиков, В.В. Разин. - М.: Высшая школа, 1984. - 336 с.
 7. Казицина Л.А. Применение УФ-, ИК-, ЯМР- и масс-спектропии в органической химии / Л.А. Казицина, Н.Б. Куплецкая - М.: Изд-во Моск. ун-та, 1979. - 240 с.
 8. Воловенко Ю.М., Туров О.В. Ядерный магнитный резонанс. – К.: Перун, 2007, –480 с.
 9. Х.Гюнтер, Введение в курс спектроскопии ЯМР. М. "Мир", 1984.
 10. Э.Дероум. Современные методы ЯМР для химических исследований. М., "Мир", 1992.
 11. Спектроскопия ЯМР в органической химии. Часть I. Общая теория ЯМР. Химические сдвиги ^1H и ^{13}C : Учебное пособие/ Ф.Х. Каратаева, В.В. Клочков. – Казань: Казанский федеральный университет, 2013. - 129 с.
 12. Керрингтон А., Мак-Лечлан Э. Магнитный резонанс и его применение в химии. - М.: Мир, 1970. - 448 с.
 13. Ионин Б.И., Ершов Б.А., Кольцов А.И. ЯМР-спектроскопия в органической химии. - Л.: Химия, 1983. - 272 с.
 14. Дероум Э. Современные методы ЯМР для химических исследований. - М: Мир, 1992. - 403 с.
 15. Скоробогатий Я.П. Фізико-хімічні методи аналізу. Підручник. Львів: „Каменяр”, 1993. 164 с. 10. Зінчук В.К., Левицька Г.Д., Дубенська Л.О. Фізико-хімічні методи аналізу. – Львів.: Видавн. центр ЛНУ ім. І. Франка, – 2008 – 363 с.
 16. Фізичні методи дослідження в хімії: навчальний посібник для самостійної роботи (для студентів спеціальності «Хімія» хімічного факультету) / уклад.: М. М. Олійник, М. В. Горічко, О. М. Швед та ін. – Вінниця: ДонНУ, 2015. – 198 с.
 17. Корнілов М. Ю., Туров О. В., Борсдорф Р., Клейнпетер Е. Ядерный магнитный резонанс. – К.: Вища шк.. 1995. – 288 с.
 18. Юрченко О.М. Електронна спектроскопія : методичні рекомендації до вивчення теми / О.М. Юрченко, Ж.О. Кормош, Т.І. Савчук, С.І. Корольчук - Луцьк : ПП “Іванюк В.П.”, 2021. - 52 с.
 19. Юрченко О.М. Інфрачервона спектроскопія: методичні рекомендації до вивчення теми / О.М. Юрченко, Ж.О. Кормош, Т.І. Савчук, С.І. Корольчук - Луцьк : ПП “Іванюк В.П.”, 2021. - 80 с.
 20. Юрченко О.М. Спектроскопія ЯМР : методичні рекомендації до вивчення теми / О.М. Юрченко, Ж.О. Кормош, Т.І. Савчук, С.І. Корольчук - Луцьк : ПП “Іванюк В.П.”, 2021. - 104 с.
 21. Мас-спектрометрія: підручник / О. В. Іщенко, С. В. Гайдай, О. А. Беда ; Київ. нац. ун-т ім. Тараса Шевченка. - Київ : Київ. ун-т, 2018. - 244 с.
 22. Лабораторний практикум із фізичних основ мас-спектрометрії [Текст] : навч. посіб. / [Лобода В. Б. та ін.]; за заг. ред. проф. В. Б. Лободи ; Сум. держ. ун-т. - Суми : Сумський державний університет, 2016. - 223 с.
 23. <https://chem.lnu.edu.ua/course/fizichni-metody-doslidzhennya>

VII. ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ ДО ЕКЗАМЕНУ

1. Поняття про фізичні методи дослідження в хімії. Спектроскопічні, дифракційні методи дослідження, та методи, що базуються на перетворенні речовин, що досліджуються, в йони. Пряма та обернена спектральні задачі.
2. Діапазони частот (довжин хвиль) для різних спектроскопічних методів дослідження (гама-резонансної спектроскопії, рентгенівській, фотоелектронній, електронній, коливальній, обертальній спектроскопії, методах ЕПР, ЯМР та ЯКР).
3. Основні принципи мас-спектрометрії та області її застосування. Одиниці виміру і форми представлення мас-спектрів.
4. Типи йонізації в мас-спектрометрії.
5. Йонізація в мас-спектрометрії електронним ударом (ЕУ). Принципова блок-схема мас-спектрометра. Особливості руху зарядженої частинки в мас-спектрі.
6. Йонізація ЕУ. Типи йонів в мас-спектрах. Залежність інтенсивності йонів від енергії йонізуючих електронів.
7. Мас-спектрометрія. Основні правила розшифрування мас-спектрів (азотне правило, правило формальної ненасиченості, правила фрагментації йонів).
8. Мас-спектрометрія. Ізотопний склад і характеристичні групи йонів.
9. Правила інтерпритації мас-спектрів сполук.
10. Основні закономірності фрагментації органічних сполук в мас-спектрометрії ЕУ.
11. Мас-спектрометрична характеристика різних класів органічних сполук. Алкани, циклоалкани, алкени, алкіни.
12. Мас-спектрометрична характеристика різних класів органічних сполук. Спирти, етери, альдегіди і кетони, карбонові кислоти та їх похідні, ароматичні сполуки.
13. Загальна характеристика електронної спектроскопії. Електронні спектри. Діапазон спектру, що відповідає за електронні переходи (а саме за переходи валентних електронів). Природа УФ та видимого спектру.
14. Класифікація електронних переходів. Положення і інтенсивність смуг поглинання різних типів електронних переходів в УФ-спектрах. Батохромний та гіпсохромний зсув.
15. Практичні аспекти вимірювання спектрів поглинання. Принципи будови спектрометрів. Кювети. Підбір розчинників та концентрації.
16. Електронні спектри основних класів органічних сполук. Алкани та їх похідні. Циклоалкани.
17. Електронні спектри основних класів органічних сполук. Ненасичені вуглеводні та їх похідні. Полієни.
18. Правила Вудворда і Фізера про положення смуг поглинання спряжених дієнів і ненасичених спряжених кетонів.
19. Електронні спектри основних класів органічних сполук. Карбонільні та карбоксильні сполуки.
20. Електронні спектри основних класів органічних сполук. Нітрогенвімісні сполуки. Нітросполуки.
21. Електронні спектри основних класів органічних сполук. Ароматичні сполуки.
22. ІЧ спектроскопія. Загальна характеристика методу. Практичні аспекти вимірювання ІЧ спектрів.
23. ІЧ спектроскопія. Типи коливань молекул. Деформаційні та валентні коливання.
24. Загальна характеристика ІЧ спектрів. Діапазон ІЧ спектра. Область відбитків пальців. Область внутрішньомолекулярних взаємодій. Область характеристичних смуг.
25. ІЧ спектри основних класів органічних сполук. Алкани. Циклоалкани.
26. ІЧ спектри основних класів органічних сполук. Алкени. Вплив геометрії алкена на частоту поглинання.
27. ІЧ спектри основних класів органічних сполук. Дієни. Алкіни.
28. ІЧ спектри основних класів органічних сполук. Гідроксилвімісні сполуки. Етери.
29. ІЧ спектри основних класів органічних сполук. Карбонільні сполуки. Дикарбонільні сполуки.

30. ІЧ спектри основних класів органічних сполук. Похідні карбонових кислот.
31. ІЧ спектри основних класів органічних сполук. Поглинання нітрогенвмісних сполук: амідів, амінів, нітрилів, азосполук, діазосполук, нітросполук.
32. ІЧ спектри основних класів органічних сполук. Ароматичні сполуки.
33. Поглинання амідів карбонових кислот, амінокислот та пептидів.
34. ЯМР спектроскопія. Фізичні основи методу. Характеристика магнітних ядер (спін, магнітний момент, гіромагнітне відношення). Взаємодія магнітних моментів ядер з магнітним полем. Ядерна прецесія.
35. ЯМР спектроскопія. Розподіл ядер між рівнями енергії в зовнішньому магнітному полі (розподілення Больцмана). Умови ядерного магнітного резонансу. Основне рівняння ЯМР.
36. Способи реєстрації сигналу ЯМР.
37. Основні характеристики ЯМР спектрів. Хімічний зсув. Одиниці вимірювання хімічного зсуву в спектроскопії ЯМР. Еталонні речовини в спектроскопії ЯМР та вимоги до них, шкали хімічних зміщень.
38. ЯМР спектроскопія. Екранування ядер. Анізотропія екранування. Діамагнітний та парамагнітний вклади в константу екранування.
39. Вплив різних факторів на величину хімічного зсуву: електронний вплив індуктивного та мезомерного ефектів, гібридизації атомів карбону, розчинника, концентрації, температури, кислотності середовища.
40. Форма сигналу ЯМР. Спін-спінова взаємодія, її прояв в спектрах ЯМР. Мультиплетність сигналів ЯМР. Правила розщеплення ЯМР сигналів першого порядку. Співвідношення інтенсивності сигналів в мультиплетах.
41. Константи спін-спінової взаємодії (КССВ), їх класифікація в залежності від кількості зв'язків між магнітними ядрами.
42. Інтегральна інтенсивність сигналів в спектрі ЯМР.
43. Аналіз спектрів ЯМР першого порядку. Основні закономірності.
44. Позначення спінових систем. Типовий вигляд сигналів ЯМР спінових систем АХ, АВ, АМХ, АВС та інших.
45. Ефекти вищого порядку в спектрах ЯМР.