

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра Фізичної і біомедичної електроніки та комплексних інформаційних технологій

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Проректор з науково-педагогічної
роботи

Антон ПАНТЕЛЕЙМОНОВ



20 21 р.

Робоча програма навчальної дисципліни

Масспектроскопія

(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти _____ другий (магістерський) _____

галузь знань _____ 1 5 Автоматизація та приладобудування _____
(шифр і назва)

спеціальність _____ 153 Мікро- та наносистемна техніка _____
(шифр і назва)

освітня програма _____ Фізична та біомедична електроніка _____
(шифр і назва)

спеціалізація _____ _____
(шифр і назва)

вид дисципліни _____ за вибором _____
(обов'язкова / за вибором)

факультет _____ радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем _____

2020 / 2021 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження вченою радою факультету Радіофізики, біомедичної електроніки і комп'ютерних систем

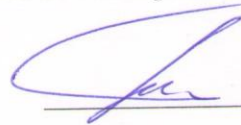
“22” січня 2021 року, протокол № 1

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: **Косевич Марина Вадимівна**, д. ф.-м. н., професор кафедри молекулярної та медичної біофізики

Програму схвалено на засіданні кафедри Фізичної і біомедичної електроніки та комплексних інформаційних технологій

Протокол від “19” січня 2021 року № 11

Завідувач кафедри фізичної і біомедичної електроніки та комплексних інформаційних технологій



Сергій БЕРДНИК

Програму погоджено з гарантом про освітньо-професійної програми “Фізична та біомедична електроніка”

Гарант освітньо-професійної програми “Фізична та біомедична електроніка”

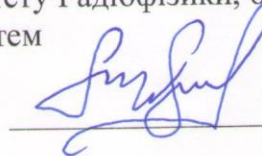


Микола МУСТЕЦОВ

Програму погоджено методичною комісією факультету Радіофізики, біомедичної електроніки і комп'ютерних систем

Протокол від “20” січня 2021 року № 1

Голова методичної комісії факультету Радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем



Леонід ЧОРНОГОР

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «**Масспектроскопія**» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки магістрів, другий (магістерський) рівень вищої освіти, спеціальності 153 Мікро- та наносистемна техніка (освітньо-професійна програма "Фізична та біомедична електроніка"

(назва рівня вищої освіти, освітньо-кваліфікаційного рівня)

1. Опис навчальної дисципліни

- 1.1. **Метою викладання навчальної дисципліни** є освоєння фундаментальних основ та техніки експерименту сучасного методу медико-біологічних та біофізичних досліджень – мас-спектрометрії, вивчення конструкції мас-спектрометричних приладів, відповідної електроніки та автоматизації експерименту, опанування методів обробки та інтерпретації експериментальних даних, ознайомлення з колом наукових та практичних проблем, які вирішуються за допомогою мас-спектрометрії.
- 1.2. **Основними завданнями вивчення дисципліни** є надання обсягу знань з теоретичних основ та техніки експерименту мас-спектрометрії, необхідного для планування і проведення експериментів та удосконалення мас-спектрометричної техніки, інтерпретації мас-спектрів; засвоєння методів отримання інформації стосовно фізико-хімічних властивостей біомолекул та методології застосування цього методу до вирішення медико-біологічних проблем.

Основними завданнями вивчення дисципліни є сформувати у здобувачів вищої освіти наступні загальні та фахові компетентності:

Загальні

1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу. (ЗК-1)
2. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово. (ЗК-2)
3. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел. (ЗК-5)

Фахові компетентності

1. Здатність аргументувати вибір методів розв'язання складних задач і проблем мікро- та наносистемної техніки, критично оцінювати отримані результати та аргументувати прийняті рішення. (СК-5)
2. Здатність користуватися сучасними системами пошуку та аналізу науково-технічної інформації, проводити патентний пошук і дослідження та здійснювати захист інтелектуальної власності. (СК-6)
3. Здатність розробляти і реалізовувати наукові та/або інноваційні проекти у сфері мікро- та наносистемної техніки, а також дотичні до неї міждисциплінарні проекти. (СК-7)
4. Здатність аналізувати отримані результати біомедичних досліджень, презентувати їх фахівцям, оформлювати наукові статті та науково-технічні звіти. (СК-8).

1.3. . Кількість кредитів - 3

1.4. . Загальна кількість годин - 90

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
Нормативна / за вибором	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
1-й	-й
Семестр	
1-й	-й
Лекції	
32 год.	год.
Практичні, семінарські заняття	
-	год.
Лабораторні заняття	
год.	год.
Самостійна робота	
58 год.	год.
Індивідуальні завдання	
год.	год.
Контрольні роботи	
год.	год.

1.6. Заплановані результати навчання

Згідно з вимогами освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми, студенти мають досягти таких результатів навчання:

У результаті вивчення навчальної дисципліни «Фізика нанорозмірних си» здобувачі вищої освіти повинні досягти таких результатів навчання.

Програмні результати навчання

- 1.1. Визначати напрями, розробляти і реалізовувати проекти модернізації виробництва мікро- та наносистемної техніки з урахуванням технічних, економічних, правових, соціальних та екологічних аспектів. (Р-2)
2. Оптимізувати конструкції систем, пристроїв та компонентів мікро- та наносистемної техніки, а також технології їх виготовлення. (Р-3)
3. Застосовувати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки, а також критичне осмислення сучасних проблем у сфері мікро- та нанoeлектроніки, для розв'язування складних задач професійної діяльності. (Р-4)
4. Вільно спілкуватися державною та іноземною мовами усно і письмово для обговорення професійних проблем і результатів діяльності у сфері мікро- та нанoeлектроніки, презентації результатів досліджень та інноваційних проектів. (Р-5)
5. Розробляти вироби та компоненти мікро- та наносистемної техніки, враховуючі вимоги до їх характеристик, технологічні та ресурсні обмеження; використовувати сучасні інструменти автоматизації проектування. (Р-6)
6. Розв'язувати задачі синтезу та аналізу приладів та пристроїв мікро- та наносистемної техніки (Р-7)
7. Збирати необхідну інформацію, використовуючи науково-технічну літературу, бази даних та інші джерела, аналізувати і оцінювати її. (Р-8)

8. Забезпечувати якість виробництва; обирати технології, що гарантують отримання необхідних характеристик твердотільних пристроїв; застосовувати сучасні методи контролю мікро- та наносистемної техніки (Р-9)
9. Досліджувати процеси у мікро- та нанoeлектронних системах, приладах й компонентах з використанням сучасних експериментальних методів та обладнання, здійснювати статистичну обробку та аналіз результатів експериментів (Р-11)
10. Будувати і досліджувати фізичні, математичні і комп'ютерні моделі об'єктів та процесів мікро- та нанoeлектроніки (Р-12)
11. Координувати роботу колективів виконавців для проведення наукових досліджень, проектування, розроблення, аналізу, розрахунку, моделювання, виробництва та тестування мікро- та наносистемної техніки (Р-14)
12. Коректно подавати результати біомедичних досліджень, апробувати їх та доносити до аудиторії різного фахового рівня (Р-16)

У результаті вивчення навчальної дисципліни «Фізика нанорозмірних систем»

здобувачі вищої освіти повинні, при подальшому навчанні та професійній діяльності, бути здатними осмислювати та використовувати нову інформацію в контексті набутих знань про процеси в системах зі зниженою розмірністю; будову, технологічну реалізацію та механізми функціонування приладів нанoeлектроніки.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати: фізичні принципи методу мас-спектрометрії, будову мас-спектрометричної експериментальної установки, методи іонізації/десорбції органічних молекул, типи мас аналізаторів, методи ручної та комп'ютерної обробки та інтерпретації мас-спектрів, досягнення мас-спектрометрії у вирішенні біофізичних та біомедичних проблем та перспективи подальшого розвитку методу.

вміти: здійснювати інтерпретацію мас-спектрів та на її основі робити ідентифікацію біомолекул, проводити розрахунки ізотопних співвідношень, планувати мас-спектрометричні експерименти для встановлення фізичних параметрів міжмолекулярних взаємодій біомолекул, розробляти мас-спектрометричні методики для біомедичних аналітичних застосувань, отримувати інформацію стосовно фізико-хімічних та структурних параметрів біомолекул з відповідної спеціалізованої мас-спектрометричної літератури.

2. 2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Фізичні основи та техніка мас-спектрометричного експерименту

Тема 1. Історія розвитку та основні поняття мас-спектрометрії

Зміст. Предмет мас-спектрометрії. Історія винаходу та розвитку. Ключові поняття: фізичні величини, що вимірюються. Поняття маси. Одиниці вимірювання маси. Будова атома, дефект маси. Інформація про хімічні елементи, що міститься у таблиці Менделєєва. Ізотопи, ізотопні співвідношення, внесок мас-спектрометрії у ядерно-фізичні дослідження. Електронні параметри атомів та молекул: енергія (потенціал) іонізації, спорідненість до електрона. Принципова схема мас-спектрометра.

Тема 2. Методи іонізації/десорбції молекул

Зміст. Методи іонізації/десорбції атомів та молекул як приклад розвитку наукової думки – історія створення, класифікація, фізичні принципи. Сучасні науковці, які вирішували проблему переведення біомолекул до газової фази; внесок українських науковців з Києва, Харкова, Сум. Внесок науковців Харківського національного університету у розвиток вторинно-емісійної мас-спектрометрії та ФТІНТ НАНУ у розвиток польової іонізації та польової десорбції, низькотемпературної мас-спектрометрії. Нобелівська премія за розробку мас-спектрометричних методів дослідження біополімерів (матрично-активована лазерна десорбція/іонізація, електророзпилення розчинів. Джерела іонів – принципові схеми, принципи роботи.

Тема 3. Мас-аналізатори.

Зміст. Методи розділення молекул за співвідношенням їх маси до заряду. Види мас-аналізаторів, вади та переваги, сфери застосування. Фізичні принципи, історія розробки. Ідеальний мас-аналізатор – факт чи фікція? Історія успіху – створення мас-аналізатору «Орбітреп». ТанDEMна мас-спектрометрія (МСⁿ). Гігантські та мініатюрні мас-аналізатори. Історія наукового приладобудування в Україні: інженерні розробки ФТІНТ НАНУ, історія виробничого об'єднання «Електрон»/«SELMi» (Суми). Огляд сучасних фірм – виробників мас-спектрометричного обладнання.

Тема 4. Будова мас-спектрометричного приладу (лекція у лабораторії)

Зміст. Загальна будова мас-спектрометричної установки з демонстрацією лабораторного приладу у мас-спектрометричній лабораторії біофізичного відділу ФТІНТ НАНУ. Системи вводу зразку. Поєднання мас-спектрометра з іншими аналітичними приладами – газовим та рідинним хроматографами (ГХ/МС, РХ/МС). Система отримання вакууму. Електронні керуючі блоки. Поєднання мас-спектрометра з керуючим комп'ютером. Детектори іонів. Система реєстрації та обробки даних. Пробопідготовка для аналізу.

Розділ 2. Інтерпретація мас-спектрометричних даних

Тема 5. Обробка та інтерпретація мас-спектрів.

Зміст. Вигляд типових мас-спектрів. Одиниці представлення маси молекул. Одиниці вимірювання інтенсивності іонного струму. Базові прийоми обробки оригінальних мас-спектрів. Калібрування шкали мас. Діапазон мас. Поняття чутливості та роздільної здатності приладу. Можливості, що надає мас-спектрометрія з високою роздільною здатністю: встановлення брутто-формули речовини. Типи молекулярних іонів. Молекулярні іон-радикали. Протоновані молекули. Катіонізовані молекули. Позитивні та негативні іони. Багатозарядні іони. Стабільні та метастабільні іони. Фрагментація молекулярних іонів – фізичні засади.

Тема 6. Базові правила фрагментації основних класів органічних сполук

Зміст. Базові правила інтерпретації мас-спектрів відомих та невідомих сполук. Аналіз групи піків молекулярного іону. Брутто-формула. Встановлення елементного складу іонів на базі ізотопного розподілу піків. Азотне правило. Концепції локалізації заряду та неспареного електрону у іонах. Закономірності фрагментації основних класів органічних сполук: аліфатичні вуглеводні, спирти, кетони, альдегіди, кислот, ароматичні сполуки. Бібліотеки мас-спектрів.

Тема 7. Особливості інтерпретації мас-спектрів біомолекул.

Зміст. Особливості інтерпретації мас-спектрів біомолекул, отриманих за допомогою різних методів іонізації; взаємодоповнення даних. Стабільність біомолекул в газовій фазі. Використання тандемної мас-спектрометрії для встановлення структури органічних та біомолекул. Прийоми дисоціації, індукованої зіткненнями. Дослідження молекулярно-біологічних процесів у режимі реального часу.

Розділ 3. Застосування мас-спектрометрії до вирішення біофізичних та медико-біологічних проблем

Тема 8. Основи протеоміки. Дослідження властивостей білків у газовій фазі.

Зміст. Визначення протеоміки: предмет та задачі. Мас-спектри мономерів білків – амінокислот. Мас-спектри пептидів. Мас-спектри білків. Рівні структурної організації білків: первинна, вторинна, третинна, четвертинна структури. Мас-спектрометрія ультра-високих мас. Багатозарядні іони білків. Принципові питання переводу біополімерів до газової фази. Питання стабільності білкових молекул у газовій фазі. Визначенні конформації білків у газовій фазі: прийом дейтерозаміщення. Мас-спектрометрія іонної рухливості для встановлення конформації.

Тема 9. Застосування мас-спектрометрії у протеомних дослідженнях

Зміст. Визначальна роль мас-спектрометрії у бурхливому становленні протеоміки. Використання даних стосовно фрагментації білків для встановлення їх первинної структури. Номенклатура пептидних фрагментів Ропсторфа та Бимана. Секвенування пептидів. Прийоми «зверху вниз» та «знизу догори» для ідентифікацій білків. Біофізичні дослідження взаємодії/асоціації білків. Сучасні пошукові методи протеоміки. Обробка великих масивів даних, застосування новітніх комп'ютерних та інформаційних технологій. Розробка прийомів кількісного протеомного аналізу.

Тема 10. Мас-спектрометричний іміджинг (візуалізація)

Зміст. Основи іміджингових технологій. Мас-спектрометричні методики іміджингу з використанням вторинно-емісійної та лазерно-десорбційної мас-спектрометрії. Інформація стосовно розподілу іонів, молекул, біополімерів у біологічних об'єктах – клітинах, зрізах тканин, рослинах, мікроскопічних організмах. Перспективні дослідження злоякісних новоутворень на основі аналізу розподілу біомаркерів у здорових та злоякісних тканинах.

Тема 11. Застосування мас-спектрометрії у медико-біологічних дослідженнях

Зміст. Приклади використання мас-спектрометрії до медичних аналізів на молекулярному рівні. Діагностика амінокислотного профілю новонароджених. Діагностика за аналізом складу видихаємого повітря. Пошук біомаркерів онкологічних захворювань. Нові напрямки в нейрохімії. Розробка новітніх приладів для *on line* контролю під час хірургічних втручань.

Тема 12. Біомедичні, екологічні, космічні дослідження

Зміст. Геноміка, метаболоміка, ліпідоміка. Розробка мініатюрних мобільних мас-спектрометричних приладів для екологічного контролю (забруднювачі, токсичні викиди при катастрофах). Розробка методів експрес-ідентифікації патогенних мікроорганізмів. Мас-спектрометрія у космічних дослідженнях. Аналіз складу метеоритів у земних умовах для пошуку органічних речовин у рамках проблеми походження життя. Ксенобіотики. Мас-спектрометричні прилади для установки на космічних апаратах. Застосування мас-спектрометрії у криміналістиці, виявленні наркотиків та вибухових речовин.

Тема 13. Біофізика нуклеїнових кислот та мас-спектрометрія

Зміст. Будова нуклеїнових кислот, рівні структурної організації. Гідратація та денатурація ДНК. Характеристичні мас-спектри азотних основ, нуклеозидів, нуклеотидів, олігонуклеотидів, синтетичних та нативних ДНК та РНК, отримані за допомогою різних методів іонізації/десорбції. Кореляції між біофізичними спектроскопічними дослідженнями плавлення ДНК та мас-спектрометричними експериментами методом електророзпилення для моделювання цього процесу. Внесок науковців ФТІНТ НАНУ: розробка методу температурно-залежної польової мас-спектрометрії для вимірювання термодинамічних параметрів невалентних міжмолекулярних взаємодій азотних основ, азотних основ з водою (гідратація), амінокислотами (білково-нуклеїнове розпізнавання), протипухлинними препаратами (молекулярні механізми хіміотерапії). Вимірювання потенціалів іонізації азотних основ. Нуклеїнові кислоти у газовій фазі.

Тема 14. Низькотемпературна мас-спектрометрія, кріобіофізика та фізика кластерів

Зміст. Низькотемпературна мас-спектрометрія: фізичні принципи та приборне втілення. Розвиток вторинно-емісійної низькотемпературної мас-спектрометрії у ФТІНТ НАНУ. Фазові діаграми води та водних розчинів, кріопротектори. Приклади вирішення проблем кріобіофізики за допомогою низькотемпературної мас-спектрометрії. Фізика кластерів у зв'язку з моделюванням не валентної асоціації біомолекул і біологічно активних речовин.

Тема 15. Застосування мас-спектрометрії у фармакології, нанотехнології, нанобіофізиці

Зміст. Застосування мас-спектрометрії у фармакології: ідентифікація фармпрепаратів, промисловий контроль. Фундаментальні дослідження молекулярних механізмів дії фармакологічних препаратів. Мас-спектрометрія для вирішення нанотехнологічних задач та нанотехнологій для розвитку техніки мас-спектрометричних експериментів. Внесок науковців ФТІНТ НАНУ, ІХП НАНУ.

Тема 16. Заключний огляд курсу

Зміст. Узагальнення лекційних матеріалів. Література з мас-спектрометричної тематики. Спеціалізовані наукові журнали з мас-спектрометрії. Науково-організаційні питання. Наукові мас-спектрометричні товариства, наукові конференції та школи. Інтернет-ресурси.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин											
	Денна форма						Заочна форма					
	Усього	у тому числі					Усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р.		л	п	лаб	інд	ср
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Розділ 1. Фізичні основи та техніка мас-спектрометричного експерименту												
Тема 1. Історія розвитку та основні поняття мас-спектрометрії.	2	2				5						
Тема 2. Методи іонізації/десорбції молекул.	2	2				4						
Тема 3. Мас-аналізатори.	2	2				3						
Тема 4. Будова мас-спектрометричного приладу.	2	2				4						
Разом за розділом 1	8	8				16						
Розділ 2. Інтерпретація мас-спектрометричних даних												
Тема 5. Обробка та інтерпретація мас-спектрів.	2	2				7						
Тема 6. Базові правила фрагментації основних класів органічних сполук.	2	2				7						
Тема 7. Особливості інтерпретації мас-спектрів біомолекул.	2	2				5						
Разом за розділом 2	6	6				19						
Розділ 3. Застосування мас-спектрометрії до вирішення біофізичних та медико-біологічних проблем												
Тема 8. Основи протеоміки. Дослідження властивостей білків у газовій фазі.	2	2				3						
Тема 9. Застосування мас-спектрометрії у протеомних дослідженнях.	2	2				3						

Тема 10. Мас-спектрометричний іміджинг (візуалізація).	2	2				3						
Тема 11. Застосування мас-спектрометрій у медико-біологічних дослідженнях.	2	2				4						
Тема 12. Біомедичні, екологічні, космічні дослідження.	2	2				3						
Тема 13. Біофізика нуклеїнових кислот та мас-спектрометрія.	2	2				2						
Тема 14. Низькотемпературна мас-спектрометрія, кріобіофізика та фізика кластерів.	2	2				2						
Тема 15. Застосування мас-спектрометрії у фармакології та нанотехнології.	2	2				2						
Тема 16. Заключний огляд курсу.	2	2				1						
Разом за розділом 3	18	18				23						
Усього годин	90	32				58						

4. Теми семінарських занять

Не передбачено

5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин	Форма контролю
1	Дослідження історії розвитку методу мас-спектрометрії (за матеріалами історичних оглядів)	15	Перевірка домашніх завдань, поточне тестування, залік
2	Розрахунок ізотопних співвідношень, пошук та порівняння можливостей сучасних комп'ютерних програм	4	Перевірка графічної розрахункової роботи, залік
3	Обробка та аналіз мас-спектрів органічних сполук та біомолекул	6	Перевірка домашніх завдань, поточне тестування, залік
4	Аналіз будови різноманітних мас-спектрометричних приладів за матеріалами фірм-виробників експериментальної техніки	3	Перевірка домашніх завдань, поточне тестування, залік
6	Медико-біологічні застосування мас-спектрометрії – аналіз літератури та матеріалів	6	Перевірка домашніх завдань, поточне

	з Інтернет		тестування, залік
7	Іміджинг та візуалізація біоматеріалу за допомогою мас-спектрометричних та спектроскопічних методик	3	Перевірка домашніх завдань, поточне тестування, залік
8	Аналіз актуальних оглядів з мас-спектрометричної тематики, опублікованих у закордонних журналах	5	Перевірка домашніх завдань, тестування знання змісту оглядів, залік
9	Пошук та перегляд Інтернет-ресурсів з демонстрацією роботи сучасних мас-спектрометричних приладів	6	Перевірка домашніх завдань, вибіркового перегляду Інтернет-ресурсів, залік
10	Підготовка презентаційних матеріалів для виступів на семінарах та практичних заняттях	5	Поточне тестування, залік
11	Написання реферативного огляду за заданою тематикою, оформлення мультимедійної презентації, підготовка до виступу, виступ	15	Представлення та захист реферату на відкритому семінарі
	Разом	58	

6. Індивідуальні завдання

Реферативна робота (30 год. самостійної роботи)

№ етапу	Найменування етапу
1.	Вибір теми роботи у співпраці із викладачем. Аналіз предметної області та ознайомлення з літературними джерелами.
2.	Постановка задачі. Вибір і обґрунтування методу розв'язання.
3.	Аналіз вивчених літературних даних.
4.	Написання тексту реферату та створення мультимедійної презентації.
5.	Коригування тексту і змісту презентації після перевірки керівником змісту, опису результатів, оформлення посилань і запозичень із метою запобігання плагіату.
6.	Представлення реферату на відкритому семінарі із використанням мультимедійної презентації.

Орієнтовні теми рефератів:

1. Таблиця Менделєєва та мас-спектрометрія
2. Ізотопна мас-спектрометрія та ізотопний аналіз
3. Манхеттенський проект та роль мас-спектрометрії
4. Нобелівської премії у наукових галузях, пов'язаних з мас-спектрометрією
5. Орбітреп – історія успіху
6. Біомедицинські застосування мас-спектрометрії
7. Застосування сучасних методів мас-спектрометрії в протеомних дослідженнях
8. Мас-спектрометричні методики, які використовуються для аналізу біомолекул
9. Застосування мас-спектрометрії до аналізу об'єктів оточуючого середовища
10. Застосування мас-спектрометрії у космічних дослідженнях

11. Візуалізація (іміджинг) біооб'єктів на молекулярному рівні
12. Застосування мас-спектрометрії у фармакології та криміналістиці

Студенти заохочуються до вибору індивідуальних тем робіт з урахуванням порад викладача.

7. Методи навчання

1. Словесні методи: лекція, пояснення; бесіда; дискусія;
2. Робота з навчальною та науковою літературою (підручниками, науковими журналами), самостійна робота.
3. Методи спостереження: методи ілюстрацій, методи візуалізації, методи демонстрацій. Лекції передбачають викладення теоретичного матеріалу та присвячені загальним питанням функціонування окремих елементів та приладів наноелектроніки, основним фізичним ефектам, що лежать в основі їх роботи. Побудовані за принципом проблемної лекції та за принципами лекції-інформації.

Лекції ілюстровані таблицями, наочним матеріалом у вигляді рисунків, схем, фотографій та представлені у формі мультимедійних презентацій, що дає можливість проводити заняття у дистанційній формі.

4. При вивчення фізичних ефектів, процесів та технологій приводяться їх іноземні(англомовні) аналоги відповідно до публікацій і іноземній літературі.
5. Методи проблемного навчання: виклад з елементами проблемності, пізнавальний проблемний виклад, проблемний виклад під час діалогу

Практичні завдання полягають у розв'язанні задач проблемного характеру за темами, що обговорюються на лекціях, числових оцінках ступеню прояву фізичних ефектів, оцінках можливості врахування або знехтування ефекту в конкретних умовах. Під час практичних занять обговорюються конкретні питання застосування теорій і відповідних формул та співвідношень до систем з реальними параметрами та обговорюються проблемні питання їх застосування.

8. Методи контролю

Самоконтроль здійснюється студентами при виконанні завдань для самопідготовки та самоконтролю по кожному розділу курсу.

Поточний контроль знань студентів включає поточне експрес-опитування, дві контрольні роботи, перевірку виконання домашніх завдань, представлення презентацій та рефератів.

Підсумковий семестровий контроль проводиться у формі заліку і передбачає письмову відповідь на поставлені питання та їх усну доповідь.

9. Схема нарахування балів

Умовою допуску до заліку є виконання всіх домашніх завдань, що виносяться на практичні заняття, оцінених на позитивну оцінку, та виконання двох контрольних робіт з оцінкою не нижче 3. Умовою також є виконання реферативної роботи та її електронної презентації, захист реферату на семінарі (максимум 15 балів).

Заліковий білет складається з 4 питань; вичерпна відповідь на перше оцінюється в 4 бали, на три наступні зараховується як 12 балів, що дає в сумі максимальні 40 балів за залік. Часткова відповідь на кожне питання знижує максимальну оцінку до меншої кількості балів

пропорційно тому, яку частину від повної відповіді на це питання містить письмова робота студента та її усне викладення.

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання						Залік	Сума балів
Оцінка виконання домашніх завдань та самостійних робіт Розділ 1-3	Контрольна робота №1	Результати опитування та тестування впродовж практичних занять Розділ 1-3	Контрольна робота №2	Індивідуальне завдання (реферативна робота)	Разом		
T1-T15	Розділ 1	T1-T15	Розділ 2	T1-T15	T1-T16	T1-T16	
18	5	17	5	15	60	40	100

T1, T2 ... – теми розділів.

Схема нарахування балів за контрольну роботу. Контрольні роботи №1 та №2, в яких перевіряються теоретичні знання та практичні навички обробки та інтерпретації мас-спектрів і розрахунків ізотопних співвідношень у молекулярних іонах біомолекул, оцінюються за п'ятибальною шкалою. Вичерпна відповідь на кожне завдання зараховується як 5 балів. Часткова відповідь на кожне питання знижує максимальну оцінку з 5 балів до меншої кількості балів пропорційно тому, яку частину від повної відповіді на це питання містить виконана робота студента, або пропорційно кількості суттєвих помилок у роботі студента.

За виконання домашніх завдань студент отримує максимальні 3 бали, якщо результати належно оформлені і студент вичерпно відповів на 70% питань. Якщо студент дав відповіді менше ніж на 30% питань або результати оформлені неналежним чином, тоді робота повинна бути здана повторно.

Реферативна робота

Пояснювальна записка (друкований текст реферату)	Ілюстративна частина, мультимедійна презентація	Захист роботи на семінарі, доповідь, відповіді на запитання за темою роботи, участь у семінарській дискусії	Сума
до 5	до 5	до 5	15

Три складові частини реферативної роботи оцінюються окремо за критеріями традиційної п'ятибальної системи, але робота виноситься на повторний захист, якщо хоча б

одна із частин набрала менше 2 балів.

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка	
	для чотирирівневої шкали оцінювання	для дворівневої шкали оцінювання
90 – 100	відмінно	зараховано
70 – 89	добре	
50 – 69	задовільно	
1 – 49	незадовільно	не зараховано

Письмова відповідь на теоретичні питання.

Вичерпна відповідь на кожне завдання зараховується як 5 балів. Часткова відповідь на кожне питання знижує максимальну оцінку з 5 балів до меншої кількості балів пропорційно тому, яку частину від повної відповіді на це питання містить виконана робота студента, або пропорційно кількості суттєвих помилок у роботі студента.

5 балів – вичерпна та повна відповідь;

4 бали – відповідь правильна та містить усю необхідну інформацію, логічно побудована, але є неточності та/або упущення;

3 бали – відповідь задовільна, містить правильну інформацію, але не має пояснень, ілюстрацій, студент не може аргументувати (прокоментувати) свою думку;

2 бали – студент виявляє поверхневі, загальні знання без аналізу змісту питання, хоча загальний напрямок роздумів правильний;

1 бал – відповідь містить поодинокі елементи правильної інформації; .

0 балів – відповідь неправильна або відсутня.

Письмова відповідь (розв'язок задачі).

Оцінюється за шкалою від 0 до 5 балів.

5 балів – студент правильно розв'язує задачу, наводячи вихідні формули та проводячи правильні розрахунки зі вказівкою відповідних розмірностей результату;

4 бали – студент правильно розв'язує задачу, наводячи вихідні формули та проводячи правильні розрахунки, але не вказує відповідні розмірності результату;

3 бали – студент правильно розв'язує задачу, наводячи вихідні формули, але робить помилку при розрахунках;

1 бал – студент орієнтується у співвідношенні, проте не в змозі провести розрахунки;

0 балів – відповідь неправильна або відсутня.

Схема нарахування балів за тему

Тема оцінюється за шкалою від 0 до 5(4) балів. Кількість балів за тему:

$$K = \frac{\text{сума балів за відповіді на теоретичні питання} + \text{сума балів за виконані практичні завдання}}{\text{кількість теоретичних та практичних завдань}}$$

Орієнтовні критерії оцінювання підсумкового семестрового контролю

До підсумкового семестрового контролю (іспиту) допускаються студенти, які виконали всі види навчальних завдань, передбачені навчальною програмою, та при вивченні розділу набрали за поточну навчальну діяльність кількість балів, не меншу за мінімальну.

Максимальна кількість балів, яку може набрати студент за результатами підсумкового семестрового контролю – 40, мінімальна кількість балів – 20.

Критерії оцінювання дисципліни Оцінку «відмінно» (5 балів – за завдання; 90-100 балів за курс у цілому) отримує студент, якщо він:

- самостійно, грамотно, послідовно, з вичерпною повнотою, використовуючи дані додаткової літератури, відповів на запитання;
- чітко та правильно дає визначення та розкриває зміст кожного питання;
- вміє аналізувати, оцінювати та розкривати суть усіх процесів;
- вміє розв'язувати практичні завдання за темами курсу.

Оцінку «добре» (4 бали за завдання; 70-89 балів за курс у цілому) отримує студент, якщо він:

- самостійно, грамотно відповів на запитання допускаючи незначні помилки при застосуванні наукових термінів та загальноприйнятих у сучасній анатомії;
- розкриває основний зміст навчального матеріалу, допускаючи незначні порушення у послідовності викладення;
- нечітко формулює висновки при оцінці суті процесів;
- вміє розв'язувати практичні завдання за темами курсу, але допустив неточності у їх виконанні.

Оцінку „задовільно” (3 бали – за завдання; 50-69 балів за курс у цілому) студент отримує, якщо:

- коли студент орієнтується в основному матеріалі, але не може самостійно послідовно сформулювати відповідь, допускає суттєві помилки;
- показує початкову уяву про предмет вивчення;
- не може сформулювати висновки при оцінці суті процесів;
- фрагментарно орієнтується у розв'язанні практичних завдань.

Оцінку „незадовільно” (менше 50 балів) студент отримує, якщо:

- погано орієнтується в навчальному матеріалі;
- виявляє незнання змісту навчального матеріалу;
- виявляє невміння розв'язати практичне завдання.

10. Рекомендована література

Основна література

1. Лебедев А.Т. Масс-спектрометрия в органической химии. М.: БИНОМ, 2003. – 493 с.
2. Лебедев А.Т., Артеменко К.А., Самгина Т.Ю. Основы масс-спектрометрии белков и пептидов. М.: Техносфера, 2012. – 176 с.
3. Экман Р., Зильберинг Е., Вестман-Бринкмальм Э., Край А. Масс-спектрометрия: аппаратура, толкование и приложения. М.: Техносфера, 2013. – 368 с. (ISBN: 978-5-94836-364-6)
4. Вульфсон Н.С., Заикин В.Г., Микая А.И. Масс-спектрометрия органических соединений. – М.: Химия, 1986. – 312 с.
5. Терентьев П.Б., Станквячус А.П. Масс-спектрометрический анализ биологически активных азотистых оснований. – Вильнюс: Мокслас, 1987. – 280 с.

6. Заикин В.Г., Микая А.И. Химические методы в масс-спектрометрии органических соединений. – М.: Наука, 1987. – 200 с.
7. Чепмен Дж. Практическая органическая масс-спектрометрия. – М.: Мир, 1988. – 216 с.
8. Kaltashov I.A. Mass spectrometry in structural biology and biophysics: architecture, dynamics, and interaction of biomolecules / I.A. Kaltashov, S.J. Eyles Edts, 2nd edition – Hoboken: John Wiley, 2012. – 289 p.
9. Gross J.H. Mass spectrometry. *A Textbook*. 3rd edition. – Springer, 2017. – 968 p.

Допоміжна література

1. Косевич М.В., Шелковский В.С. Прогресс техники биомедицинского масс-спектрометрического эксперимента как пример влияния потребностей общества на развитие науки // Вісник Харківського університету N 497, Біофізичний вісник, вип. 2. 2000. С. 84-99.
2. Покровський В.О. Десорбційна мас-спектрометрія: фізика, фізична хімія, хімія поверхні // Вісник НАН України. – 2012. №12. – С. 28-49.
3. Лебедев А.Т. Задачник по масс-спектроскопии органических соединений. –М.: МГУ, 1991. – 103 с.
4. Хмельницкий Р.А., Бродский Е.С. Хроматомасс-спектрометрия. – М.: Химия, 1984. – 216 с.

10. Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення

1. <http://www.spectroscopynow.com> – безкоштовний сайт спектроскопічного товариства, який містить розділ Base Peak, присвячений мас-спектрометрії
2. http://www.asms.org/whatisms/page_index.html - Сайт Американського мас-спектрометричного товариства; сторінка з питаннями-відповідями для починаючих користувачів
3. www.ionsourcw.com - інформаційний сайт з корисними посиланнями
4. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/literature> пошукова машина публікацій
5. https://www.youtube.com/watch?v=Vdh6WNB_Pj0 - Масс-спектрометрия - лекция профессора МГУ А.Т. Лебедева.