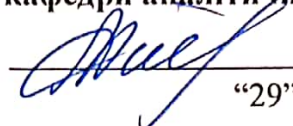


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені ІВАНА ФРАНКА
Кафедра аналітичної хімії

“ЗАТВЕРДЖУЮ”
Завідувачка кафедри аналітичної хімії


Л.О. Дубенська
“29” серпня 2022 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ХІМІЧНА МЕТРОЛОГІЯ

освітній рівень	магістр
галузь знань:	10 Природничі науки
спеціальність:	102 Хімія
освітня програма	Хімія, освітньо-наукова програма
факультет:	хімічний

Робоча програма навчальної дисципліни **“Хімічна метрологія”** для студентів спеціальності 102 Хімія.

Розробник програми:

доцент кафедри аналітичної хімії Пацай І.О.

Робочу програму схвалено на засіданні кафедри аналітичної хімії.

Протокол № 1 від "29" серпня 2022 року.

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, освітній рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
Кількість кредитів – 3	Галузь знань: <i>10 Природничі науки</i>	денна форма здобуття освіти	заочна форма здобуття освіти
		<i>Нормативна</i>	
Модулів – 1	Освітній рівень: <i>магістр</i>	Рік підготовки	
Змістових модулів – 1		<i>другий</i>	–
Індивідуальне науково-дослідне завдання		Семестр	
Загальна кількість годин – 90	Спеціальність: <i>102 Хімія</i>	Лекції	
		16 год	–
Лабораторні роботи			
16 год		–	
Самостійна робота			
58 год		–	
Вид контролю			
Тижневих годин: аудиторних – 2 самостійної роботи студента – 3,625		<i>залік</i>	–

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної та індивідуальної роботи становить 55 %,

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета – формування системних знань з основ хімічної метрології, набуття вмінь та практичних навичок з математичного опрацювання та представлення результатів вимірювань, виконання метрологічних досліджень.

Завдання – засвоїти основні терміни та поняття метрології, ознайомитись із завданнями та структурою міжнародних та вітчизняних метрологічних організацій, вивчити основні системи фізичних величин та одиниць, засвоїти принципи та методи вимірювань у практиці хімічних лабораторій, ознайомитись із видами та засобами вимірювальної техніки, навчитись виконувати математичне опрацювання та представлення результатів вимірювань, ознайомитись із методами підвищення точності вимірювань.

В результаті вивчення даного курсу студент повинен

знати: основні терміни та поняття метрології, структуру та завдання міжнародних та вітчизняних метрологічних організацій, системи фізичних величин та одиниць, принципи та методи вимірювань, засоби вимірювальної техніки;

вміти: виконувати математичне опрацювання результатів вимірювань, виявляти та оцінювати систематичні похибки вимірювань, коректно представляти результати вимірювань, здійснювати вибір оптимальних вимірювальних засобів з врахуванням завдань та вимог хімічних досліджень, орієнтуватись у питаннях законодавчої метрології та діяльності метрологічних служб.

У результаті успішного вивчення курсу студент набуде **загальних компетентностей**:

ЗК 2. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК 3. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК 4. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК 8. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

ЗК 12. Здатність працювати автономно.

та **спеціальних (фахових) компетентностей**:

СК 1. Здатність використовувати закони, теорії та концепції хімії у поєднанні із вищого рівня математичними інструментами для опису природних явищ.

СК 2. Здатність будувати адекватні моделі хімічних явищ, досліджувати їх для отримання нових висновків та поглиблення розуміння природи, в тому числі з використанням методів молекулярного, математичного і комп'ютерного моделювання.

СК 3. Здатність організовувати, планувати та реалізовувати хімічний експеримент.

СК 4. Здатність інтерпретувати, об'єктивно оцінювати і презентувати результати свого дослідження.

Програмні результати навчання:

ПРН 2 Глибоко розуміти основні факти, концепції, принципи і теорії, що стосуються предметної області, опанованої у ході магістерської програми, використовувати їх для розв'язання складних задач і проблем, а також проведення досліджень з відповідного напрямку хімії.

ПРН 6 Знати методологію організації наукового дослідження.

ПРН 10 Планувати, організовувати та здійснювати експериментальні дослідження з хімії з використанням сучасного обладнання, грамотно обробляти їх результати та робити обґрунтовані висновки.

3. Програма навчальної дисципліни

МОДУЛЬ 1

Змістовий модуль 1. Хімічна метрологія.

Тема 1. ВСТУП ДО ДИСЦИПЛІНИ. МЕТРОЛОГІЯ ЯК НАУКА ПРО ВИМІРЮВАННЯ

1.1. Коротка історична довідка про зародження та розвиток метрології

Зв'язок вимірювань із розвитком людської цивілізації. Вимірювання у торгівлі, будівництві, навігації. Перші міри – дюйм, фут, лікоть і ін. Поширені міри у Київській Русі. Основні історичні дати метрології: створення Комісії мір і ваг при Петербургській Академії (1736), Комітет еталонних мір (1747), указ "Про систему руських мір і ваги" (1835), Міжнародна нарада з прототипів мір (1870), Метрична конвенція (1875), I Генеральна конференція з мір і ваги (1889)

1.2. Основні терміни, поняття та визначення у метрології

Визначення метрології як науки про вимірювання. Поняття єдності вимірювань, похибок, точності. Основні завдання метрології. Законодавча метрологія, система державних стандартів у галузі метрології. ДСТУ 2681-94 "Метрологія. Терміни та визначення".

1.3. Значення метрології для науково-технічного прогресу та промисло-вості

Підвищення надійності вимірювань та точності результатів – одна з вимог науково-технічного прогресу. Приклади нових відкриттів та досягнень в науці, зумовлених розвитком метрології. Зв'язок метрології із розвитком сучасного наукового експерименту. Сучасні вимоги та завдання метрології з огляду на інтенсифікацію та автоматизацію сучасних технологічних процесів.

1.4. Міжнародні та вітчизняні метрологічні організації

Міжнародна метрична конвенція – головний орган міждержавного рівня в галузі метрології. Генеральна конференція з мір і ваги, її структура. Міжнародні комітети, їхні основні завдання. Міжнародне бюро мір і ваги (Севр, Франція). Міжнародна організація законодавчої метрології, міжнародні нормативні документи в галузі метрології. Вітчизняні метрологічні організації. Центри стандартизації і метрології в Україні. Державні метрологічні підприємства у структурі Міністерства економічного розвитку і торгівлі України. Метрологічні установи Львова: Державне підприємство “Львівський науково-виробничий центр стандартизації, метрології та сертифікації” (вул. Князя Романа, 38) та Державне підприємство “Науково-дослідний інститут метрології вимірювальних і управляючих систем”, м. Львів (вул. Кривоноса, 6). Діяльність метрологічних організацій та законодавчі зміни у галузі метрології у світлі євроінтеграційного шляху України. вступ України до Світової організації торгівлі (СОТ). Система Державних еталонів одиниць фізичних величин. Еталонна база України.

1.5. Актуальні проблеми метрології

Уніфікація та широке впровадження Міжнародної системи одиниць (СІ). Зростання вимог до засобів вимірювання. Нові уточнені формулювання одиниць фізичних величин. Проблеми передачі розміру одиниці фізичної величини від еталона до зразкових засобів вимірювання. Проблеми точних вимірювань надмалих значень фізичних величин – тиску, температури, частоти, витрат та інших параметрів. Комп'ютеризації вимірювальних засобів, цифрова обробка результатів вимірювань. Проблеми, пов'язані із розробкою інтелектуальних датчиків і на їх базі систем автоматичного контролю, прогнозування та діагностики складних технологічних процесів та наукових досліджень.

Тема 2. ФІЗИЧНІ ВЕЛИЧИНИ ТА ЇХНІ ОДИНИЦІ

2.1. Види та класифікація фізичних величин та їх одиниць

Поняття "фізична величина", "одиниці фізичних величин", "розмір фізичної величини". Види фізичних величин. Вимірювальні та оцінювальні фізичні величини. Пасивні та активні фізичні величини. Основні, похідні та позасистемні фізичні величини. Розмірність фізичних величин.

2.2. Системи фізичних одиниць величин

Система СГС. Система МКГСС. Система МТС. Абсолютна практична система електричних величин. Позасистемні одиниці. Переваги та недоліки зазначених систем.

2.3. Міжнародна система одиниць СІ

Передумови розробки та затвердження Міжнародної системи СІ. Переваги системи СІ: універсальність, уніфікованість одиниць, когеретність та ін. Основні величини системи СІ: довжина, маса, час, струм, термодинамічна температура, сила світла, кількість речовини.. Визначення основних одиниць системи СІ: метр, кілограм, секунда, ампер, кельвін, кандела, моль. Похідні одиниці системи СІ, кратні та частинні одиниці.

Тема 3. ПРИНЦИПИ ТА МЕТОДИ ВИМІРЮВАННЯ. ЗАСОБИ ВИМІРЮ-ВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

3.1. Основні поняття про вимірювання. Класифікація вимірювань

Визначення поняття "вимірювання" як процесу експериментального визначення розміру (значення) фізичної величини. Числове значення вимірювальної величини – відношення вимірювальної величини до одиниці вимірювання. Основне рівняння вимірювань. Види вимірювань. Статичні та динамічні вимірювання. Повний час встановлення значення вимірювальної величини, постійна часу. Прямі, посередні, сукупні та сумісні вимірювання. Вимірювання з максимально можливою точністю, контрольні-повірочні вимірювання, технічні вимірювання. Абсолютні та відносні вимірювання.

3.2. Принципи та методи вимірювання

Способи використання принципів і засобів вимірювальної техніки. Визначення понять "принцип вимірювання", "засіб вимірювальної техніки", "метод вимірювання", "вимірювальна інформація". Прямі та непрямі методи вимірювання. Метод безпосередньої оцінки. Метод порівняння з мірою. Метод протиставлення. Нульовий (компенсаційний) та диференціальний (різницевий) методи вимірювання. Метод збіжності. Електричні методи вимірювання неелектричних величин.

3.3. Засоби вимірювань. Класи точності вимірювальних приладів, їхні характеристики

Визначення понять "сигнал", "параметр сигналу", "інформативний параметр", "вихідний сигнал", "сигнал вимірювальної інформації", "вимірювальний пристрій". Характеристики засобів вимірювання. Класи точності вимірювальних приладів. Вимірювальні системи. Діапазон вимірювань, градувальна характеристика. Точність, чутливість, правильність та інші характеристики засобів вимірювання.

3.4. Основні фізичні величини, які вимірюють в практиці хімічних досліджень

Особливості вимірювання напруги (потенціалу), струму, часу, інтенсивності електромагнітного випромінювання, маси, об'єму. Перетворювачі сигналів: "струм – напруга", "інтенсивність електромагнітного випромінювання – фотострум" та інші. Вимірювання оптичної густини, електропровідності, температури, теплоти та інших величин.

Тема 4. ПОХИБКИ ВИМІРЮВАНЬ

4.1. Джерела похибок вимірювання. Види похибок, їх оцінювання

Істинне значення вимірювальної величини. Похибки вимірювань, як наслідок недосконалості методів вимірювання, технічних засобів та органів сприйняття спотерігача. Абсолютна та відносна похибки. Випадкові та систематичні похибки, промахи. Опис випадкових похибок. Функція (крива) розподілу результатів вимірювання. Диференціальна та інтегральна функції. Математичне сподівання результатів вимірювання.

4.2. Класифікація похибок вимірювання за причиною виникнення та характером впливу на результат вимірювання

Адитивна та мультиплікативна складові основної похибки засобу вимірювальної техніки. Додаткова похибка, спричинена зміною умов експлуатації вимірювального приладу. Вплив випадкових та систематичних похибок на результат вимірювання. Причини виникнення систематичних похибок.

4.3. Обчислення похибок прямого, непрямого та багатократного вимірювань

Оцінка похибки прямого однократного вимірювання в залежності від класу точності вимірювального приладу. Оцінка похибки непрямих вимірювань. Оцінка похибки прямих багатократних вимірювань. Теоретично-ймовірнісна модель прямих багатократних вимірювань.

4.4. Метрологічна оцінка непевності (невизначеності) вимірювань

Непевність вимірювання як альтернатива поняттю "похибка вимірювання". Причини недосконалості істинного значення вимірювальної величини. Кількісна оцінка якості остаточного результату вимірювань. Основні поняття теорії невизначеності згідно міжнародних стандартів ISO: "невизначеність вимірювання", "стандартна невизначеність", "компоненти категорії A і B", "розширена невизначеність". Алгоритм розрахунку компонентів невизначеності вимірювань.

4.5. Математична обробка результатів вимірювань. Оцінка істинного значення вимірювальної величини

Послідовність розрахунку отриманих результатів при багаторазових рівноточних вимірюваннях. Результат вимірювання як випадкова величина, оцінка істинного значення як математичного очікування вимірювальної величини. Виявлення промахів вимірювань. Правила представлення результатів вимірювань.

Тема 5. ЕТАЛОНИ. ЗРАЗКОВІ ЗАСОБИ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

5.1. Загальні поняття про еталони. Класифікація еталонів

Еталони, як засоби забезпечення єдності вимірювань та чіткої тотожності одиниць фізичних величин. Відтворення та зберігання одиниць фізичних величин за допомогою міжнародних еталонів. Періодичність звірки еталонів. Первинні та вторинні еталони. Спеціальні еталони. Державні еталони. Класифікація вторинних еталонів: еталони-копії, еталони передавання, еталони-свідки, робочі еталони. Комплекс засобів вимірювань, поодиноких та групових еталонів та еталонних приладів.

5.2. Еталони одиниць основних фізичних величин

Еталон одиниці довжини – метр. Еталон одиниці маси – кілограм. Еталон одиниці часу – секунда. Еталон одиниці електричного струму – ампер. Еталон одиниці температури – кельвін. Еталон одиниці сили світла – кандела. Сучасні формулювання еталонів основних одиниць фізичних величин.

5.3. Зразкові засоби вимірювань

Призначення зразкових засобів вимірювань. Основні вимоги до зразкових засобів вимірювань. Класифікація зразкових засобів вимірювань за точністю. Зразкові та робочі міри. Метрологічна послідовність передачі розмірів фізичних одиниць від еталонів до робочих вимірювальних приладів.

5.4. Повірочні засоби. Способи перевірки засобів вимірювальної техніки

Повірочна схема – спосіб правильної передачі розміру одиниць фізичних величин. Державна система забезпечення єдності вимірювань. Види методів перевірки. Структура повірочної схеми. Способи перевірки засобів вимірювальної техніки. Метод вимірювання величини. Метод звіряння робочого та зразкового приладу.

Тема 6. МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ

6.1. Структура похибок засобів вимірювання. Способи стабілізації параметрів статичних характеристик

Аналіз похибок засобів вимірювання. Статичні характеристики окремих ланок засобу вимірювання. Метод стабілізації параметрів статичних характеристик. Конструктивні (технологічні) методи підвищення точності результатів вимірювань.

6.2. Метод структурної надмірності

Введення у процес вимірювання структурної (тимчасової) надмірності. Особливість структурних методів – забезпечення високоточного вимірювання на звичайних засобах вимірювання.

6.3. Методи зменшення випадкової та систематичної складових похибок

Зменшення випадкової складової похибки завдяки математичному опрацюванню результатів багатократних вимірювань. Багатоканальні вимірювання – альтернативний спосіб зменшення випадкової похибки. Паралельне вимірювання фізичної величини за допомогою зразкових засобів вимірювання і мір.

6.4. Структурні методи зменшення мультиплікативних і адитивних похибок

Суть структурних методів для зменшення похибок. Диференціальна схема структурних методів зменшення адитивних похибок. Компенсаційна схема структурних методів. Від’ємний зворотній зв’язок – спосіб усунення мультиплікативних похибок.

Тема 7. ДЕРЖАВНА МЕТРОЛОГІЧНА СЛУЖБА УКРАЇНИ

7.1. Метрологічна служба України, її структура. Метрологічне забезпечення єдності вимірювань

Метрологічне забезпечення єдності вимірювань в Україні. Структура метрологічної служби. Основні завдання державного метрологічного забезпечення. Закон України "Про метрологію та метрологічну діяльність". Державні наукові метрологічні центри.

7.2. Державна та відомча метрологічні служби

Завдання державної метрологічної служби. Метрологічні служби центральних органів виконавчої влади, підприємств і організацій. Відомча метрологічна служба.

7.3. Державний метрологічний контроль і нагляд, випробування засобів вимірювальної техніки

Контроль за виконанням Закону України "Про метрологію та метрологічну діяльність". Види державного метрологічного контролю. Повірка, ревізія та експертиза засобів вимірювальної техніки. Первинна, періодична та інспекційна повірки засобів вимірювальної техніки. Метрологічна ревізія. Державна служба стандартних зразків складу і властивостей речовин та матеріалів, атестація зразків. Державна служба стандартних довідкових даних про фізичні сталі та властивості речовин і матеріалів.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	К-сть год (денна форма)				
	Усього	в тому числі			
		лк	пр	лб	ср
Модуль 1					
Тема 1. Вступ до дисципліни. Метрологія як наука про вимірювання		2	2	–	4
Тема 2. Фізичні величини та їхні одиниці		2	2	–	4
Тема 3. Принципи та методи вимірювання. Засоби вимірювальної техніки		4	4	–	18
Тема 4. Похибки вимірювань		2	4	–	16
Тема 5. Еталони. Зразкові засоби вимірювальної техніки		2	1	–	4
Тема 6. Методи підвищення точності вимірювань		2	2	–	8
Тема 7. Державна метрологічна служба України		2	1	–	4
РАЗОМ		16	16	–	58

5. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	К-сть годин
1	Оцінювання точності фотометричного визначення нікелю у сталі статистичним методом	4
2	Приготування розчину первинного стандарту із забезпеченням необхідної точності концентрації	2
3	Оцінювання точності непрямих вимірювань	4
4	Визначення метрологічних характеристик потенціостату-гальваностату МТесh SPG-500F	4
5	Калібрування рН-метра за стандартними розчинами із відомим рН	2
	Разом	16

6. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	К-сть годин
1	Вступ до дисципліни. Метрологія як наука про вимірювання	4
2	Фізичні величини та їхні одиниці	4
3	Принципи та методи вимірювання. Засоби вимірювальної техніки	18
4	Похибки вимірювань	16
5	Еталони. Зразкові засоби вимірювальної техніки	4
6	Методи підвищення точності вимірювань	8
7	Державна метрологічна служба України	4
	Разом	58

7. Методи навчання

Методи навчання під час викладання курсу “Хімічна метрологія”: пояснення, розповідь, лекція, бесіда, робота з друкованими та електронними навчальними матеріалами; ілюстрування, демонстрування, самостійне спостереження, вправи, лабораторні роботи, навчальна дискусія, створення проблемної ситуації у процесі викладання, створення ситуації новизни.

8. Методи контролю

Контроль вивчення курсу ведеться за результатами п'яти лабораторних робіт та письмової підсумкової модульної контрольної роботи.

Типові питання до підсумкової модульної роботи:

1. Структурні методи зменшення мультиплікативних і адитивних похибок результатів вимірювань.
2. Методи зменшення випадкових і систематичних похибок результатів вимірювань.
3. Метод структурної надмірності як спосіб підвищення точності вимірювань.
4. Аналіз похибок засобів вимірювання. Метод стабілізації параметрів статичних характеристик засобів вимірювання.
5. Основні характеристики вимірювань. Класифікація вимірювань.
6. Принципи та методи вимірювання. Особливості вимірювань у хімічній промисловості.
7. Електричні методи вимірювання неелектричних величин.
8. Засоби вимірювальної техніки, їхні характеристики.
9. Похибки засобів вимірювальної техніки. Класи точності вимірювальних засобів.
10. Класифікація засобів вимірювальної техніки, їхні метрологічні характеристики.
11. Види фізичних величин та їх одиниць. Класифікація фізичних величин.
12. Системи фізичних одиниць величин.
13. Міжнародна система одиниць СІ. Основні одиниці системи СІ.
14. Значення метрології для науково-технічного прогресу та промисловості.
15. Міжнародні та вітчизняні метрологічні організації.
16. Актуальні проблеми метрології.

9. Розподіл балів, які отримують студенти

Навчальний курс є одним модулем, що оціненим у 100 балів.

Рейтингова оцінка знань студентів (у балах):

№	Вид контролю	Кількість форм контролю	Макс. к-сть балів	Сумарний бал
1	Письмова модульна робота	1	50	50
2	Виконання і захист лабораторних робіт	5	10	50
Загальна сума балів				100

Шкала оцінювання: національна та ЄКТС

Оцінка ЄКТС	Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка за національною шкалою
A	90-100	<i>зараховано</i>
B	81-89	
C	71-80	
D	61-70	
E	51-60	
FX	21-50	<i>не зараховано із можливістю повторного складання</i>
F	0-20	<i>не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни</i>

10. Рекомендована література**Базова**

1. Корсун В.І., Белан В.Т., Глухова Н.В. Метрологія, стандартизація, сертифікація, акредитація: навч. посібник. – Д.: Національний гірничий університет, 2011. – 147 с.
2. Полішко С.П., Трубенко О.Д. Точність засобів вимірювання. – К.: ВШ, 1992. – 171 с.
3. ДСТУ 2681-94 "Метрологія. Терміни та визначення".
4. Ігнаткін В. У., Томашевський О. В., Матюшин В. М. Основи метрології. - Запоріжжя: ЗНТУ, 2017. - 120 с.
5. Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність». (Відомості Верховної Ради (ВВР), 1998, № 30-31, ст. 194) (Із змінами, внесеними згідно із Законом № 762-IV (762-15) від 15.05.2003, ВВР, 2003, № 30, ст. 247).

Допоміжна:

1. Дворкин В.И. Метрология и обеспечение качества количественного химического анализа. – М.: Химия, 2001. – 263 с.
2. Чарыков А.К. Математическая обработка результатов химического анализа: Учеб. пособие для вузов. – Л.: Химия, 1984. – 168 с.
3. Шараф М.А., Иллман Д.Л., Ковальски Б. Р. Хемометрика. – Л.: Химия, 1989. – 272 с.
4. Основные термины в области метрологии: Словарь-справочник. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 212 с.
5. Сергеев А.Г. Метрология: Учебник. – М.: Логос, 2005. – 272 с.
6. Ушаков И.Е., Шишкин И.Ф. Прикладная метрология: Учеб. для вузов. Изд. 4-е. перераб. и доп. – СПб.: СЗТУ, 2002. – 116 с.

Інформаційні ресурси:

1. <https://kc.pnu.edu.ua/wp-content/uploads/sites/11/2018/02/1-2.pdf>.
2. <http://chemistry.univer.kharkov.ua/KXM>.
3. <https://er.chdtu.edu.ua/bitstream/ChSTU/2648/1/4033-20-3-12-175.pdf>.
4. <https://www.uzhnu.edu.ua/uk/infocentre/get/8958>.