



Основи метрології та теорії похибок

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>16 Хімічна та біоінженерія</i>
Спеціальність	<i>161 Хімічні технології та інженерія</i>
Освітня програма	<i>Промислова екологія та ресурсоефективні чисті технології</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>заочна(денна)/дистанційна/змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5,0 кредитів (150 годин)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен</i>
Розклад занять	<i>26 годин (20 годин лекцій+6 годин практичних занять)</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: https://eco-paper.kpi.ua/pro-kafedru/vykladachi/vizytky/Ploskonos-Victor-Grigorovych.html Практичні /Семінарські: https://eco-paper.kpi.ua/pro-kafedru/vykladachi/vizytky/Ploskonos-Victor-Grigorovych.html</i>
Розміщення курсу	<i>https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=4395</i>

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Знання, набуті в процесі вивчення навчальної дисципліни, дають можливість отримати навички основ метрології та підтримки у відповідному стані засобів виміральної техніки (ЗВТ) для належного метрологічного забезпечення технологічних процесів переробки рослинної сировини. Дозволять оцінювати за допомогою моделей стан складних технологічних систем виробництва паперу та картону, пояснювати природу похибок, які виникають в процесі проведення експериментів, застосовувати методи теорії похибок для аналізу випадкових явищ; ідентифікувати та використовувати довірчий інтервал для прогнозування стану систем; розраховувати мінімально можливі похибки експериментальних досліджень з лабораторних та промислових умов.

Предмет навчальної дисципліни «Основи метрології та теорії похибок» – це вимірювані фізичні величини, принципи та методи вимірювань фізичних величин; основні поняття теорії ймовірностей та статистики; засоби виміральної техніки (ЗВТ), їх класифікація та призначення; метрологія як наукова основа єдності та точності вимірювань; метрологічна атестація ЗВТ: методи повірки (калібрування) ЗВТ; оцінка похибок у випадку багаторазових прямих вимірювань; відносні похибки; формули розрахунку суми, різниці, добутку і частки вимірюваних величин у випадку незалежних похибок; похибки за використання задовільної функції однієї змінної; оцінювання характеристик похибки та розрахунок невизначеності вимірювань; порівняльний аналіз двох підходів до визначення характеристик точності вимірювань;

класифікація складних технологічних систем; системний аналіз; процедури, методи та прийоми системного аналізу; ідентифікація характеристик складних систем з використанням принципів самоорганізації та топологічного методу аналізу. У значній мірі вирішення поставлених задач буде визначатись рівнем підготовки фахівців, які вирішують питання ресурсозбереження, включаючи наукові установи та організації, підприємства.

Для успішного вирішення завдань фахівці мають вільно володіти інформацією, вміти вирішувати складні задачі моделювання ситуацій на найвищому науковому рівні.

Мета навчальної дисципліни «Основи метрології та теорії похибок»

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів **компетентностей**:

–Здатність до організації робіт, пов'язаних з оцінкою екологічного стану, захистом довкілля та оптимізацією природокористування;

- Здатність проводити оцінку стану складних систем виробництва картону та паперу з використанням математичних моделей, робити висновки щодо надійності таких оцінок та надавати інженерну оцінку точності вимірювань за використання ЗВТ;

- Здатність використовувати довірчий інтервал для прогнозування стану систем виробництва картонно-паперової продукції на етапах їх розробки та експлуатації.

1.2. Згідно з вимогами програми навчальної дисципліни **«Основи метрології та теорії похибок»**, студенти після її засвоєння мають продемонструвати такі **програмні результати навчання**:

- Знати сучасні підходи до організації екологічно чистих виробництв, реорганізації та реконструкції діючих виробництв з позицій ресурсозбереження;

- Уміти аналізувати, аргументувати, приймати рішення на основі аналізу складних технологічних систем виробництва картонно-паперової продукції з використанням комп'ютерних технологій, базових положень теорії похибок, закономірностей нормального закону розподілу випадкових величин та відповідного математичного апарату теорії похибок;

- Уміти обирати умови проведення експериментальних досліджень в лабораторії (виробництві) з мінімально можливими похибками; обґрунтовувати довірчий інтервал процесів, які досліджуються, в умовах лабораторії і виробництва.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Вивчення дисципліни **«Основи метрології та теорії похибок»** базується на засадах інтеграції різноманітних знань, отриманих студентами протягом бакалаврату та 1-го семестру навчання в магістратурі під час вивчення дисциплін інженерно-технічного спрямування. Дисципліна **«Основи метрології та теорії похибок»** є основою, що має забезпечити розв'язання технічних проблеми та спрямована на глибоке переосмислення наявних та створення нових цілісних знань та професійної практики.

3. Зміст навчальної дисципліни

РОЗДІЛ 1. МЕТРОЛОГІЯ

Тема 1 Сутність метрології. Завдання та функції метрології

Системи фізичних величин та їх одиниць. Принципи та методи вимірювань фізичних величин.

Тема 2 Засоби вимірювальної техніки

Засоби вимірювальної техніки (ЗВТ), класифікація ЗВТ та їх призначення. Структура та параметри засобів вимірювальної техніки. Показники точності та форми подання результатів вимірювань.

Тема 3 Державна метрологічна служба України

Структура та функції метрологічної служби України. Закон про метрологію: основні поняття та визначення.

Тема 4 Метрологічне забезпечення єдності та точності вимірювань

Метрологічне забезпечення єдності та точності вимірювань. Державний метрологічний контроль і нагляд. Державна метрологічна служба підприємства. Метрологія як наукова основа єдності та точності вимірювань. Державний метрологічний контроль і нагляд.

Тема 5 Метрологічна атестація, повірка та калібрування засобів вимірювальної техніки

Метрологічна атестація, повірка та калібрування засобів вимірювальної техніки (ЗВТ). Методи повірки ЗВТ. Метрологічна атестація засобів вимірювальної техніки. Методи повірки (калібрування). Повірочні схеми. Метрологічна повірка засобів вимірювальної техніки. Види метрологічних повірок. Організація і порядок проведення метрологічної повірки.

Тема 6 Міжнародні та регіональні організації з метрології

Міжнародні організації з метрології. Міжнародна організація мір і ваг. Міжнародна організація законодавчої метрології. Регіональні організації з метрології. Метрологія в країнах Західної Європи. Метрологія в США. Метрологія в деяких країнах східної та центральної Європи.

Метрологічна експертиза технічної документації. Загальні положення та завдання метрологічної експертизи. Організація і порядок проведення метрологічної експертизи. Метрологічна експертиза конструкторської документації. Метрологічна експертиза технологічної документації.

РОЗДІЛ 2. ОСНОВИ ТЕОРІЇ ПОХИБОК

Тема 1 Вимірювані фізичні величини. Принципи і методи вимірювань фізичних величин

Вимірювані фізичні величини. Принципи і методи вимірювань фізичних величин. Основні поняття теорії ймовірностей та статистики.

Тема 2 Попереднє знайомство з точністю вимірювань

Помилки – як похибки. Неминучість похибок. Як важливо знати похибки. Оцінка похибки при відліку зі шкали. Оцінка похибок у випадку багаторазових прямих вимірювань.

Тема 3 Основні положення забезпечення точності вимірювань

Найкраща оцінка \pm відхилення. Значущі цифри при визначенні відхилення. Відмінність між результатами вимірювань. Порівняння двох значень: виміряного і теоретично відомого. Порівняння двох виміряних значень. Множення двох виміряних значень.

Тема 4 Статистичний аналіз багаторазових вимірювань з випадковими відхиленнями

Сума та різниця виміряних величин. Множення та ділення виміряних величин. Множення виміряної величини на точне число. Піднесення виміряної величини до ступеня. Узагальнюючі формули розрахунку суми, різниці, добутку і частки виміряних величин. Точність вимірювань за використання задовільної функції однієї змінної. Метод розрахунку точності методом "крок за кроком". Загальна формула для розрахунку точності вимірювань в непрямих вимірюваннях.

Тема 5 Статистичний аналіз багаторазових вимірювань

Випадкові та систематичні похибки. Середнє значення і стандартне відхилення. Стандартне відхилення – як похибка одиничного виміру. Стандартне відхилення середнього. Систематичні похибки для експериментальних досліджень в учбових лабораторіях.

Тема 6 Нормальний розподіл статистичної величини

Гістограми і розподіл випадкових величин. Гранічний розподіл випадкових величин. Нормальний розподіл випадкової величини.

Тема 7 Обґрунтування формул розрахунку похибок на базі закону нормального розподілу

Стандартне відхилення як 68% довірчий інтервал. Обґрунтування середнього як найкращої оцінки та - ширини граничного розподілу.

Тема 8 Розрахунок та обґрунтування довірчого інтервалу

Розрахунок та обґрунтування довірчого інтервалу.

Тема 9 Проблема відсіювання та об'єднання результатів вимірювань

Проблема відсіювання даних. Критерій Шовене. Проблема об'єднання результатів різних вимірювань.

Тема 10 Критерій χ^2 для граничних розподілів

Поняття критерію χ^2 . Ступені свободи і приведені значення χ^2 . Ймовірності для χ^2 .

Тема 11 Методи оцінювання точності вимірювань на основі поняття невизначеності

Загальні поняття і визначення поняття невизначеності. Приклад оцінювання характеристик похибки та розрахунок невизначеності вимірювань. Порівняльний аналіз двох підходів до визначення характеристик точності вимірювань.

Тема 12 Моделювання складних технологічних систем

Поняття моделювання складних технологічних систем в інженерній і науковій діяльності. Об'єкт дослідження. Види параметрів оптимізації і вимоги до них. Вибір моделі. Регресійний аналіз - один з методів моделювання процесів. Основні терміни та поняття регресійного аналізу. Метод найменших квадратів. Складання системи нормальних рівнянь (множинна регресія). Статистична обробка рівнянь регресії. Кореляційний аналіз. Множинна лінійна кореляція.

Тема 13 Принципи математичної самоорганізації складних технологічних систем

Принципи математичної самоорганізації складних технологічних систем. Метод групового врахування аргументів (МГУА). Критерії максимальної інформативності та шумостійкості експерименту. Методика обробки результатів експериментальних досліджень.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Нестерчук Д.М., Квітка С.О., Галько С.В.. Основи метрології та засоби вимірювань: навчальний посібник / – Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2017. - 256 с.
2. Боженко Л.І. Метрологія, стандартизація, сертифікація та акредитація. – Львів: Афіша, 2016. - 324 с.
3. Васілевський О. М., Кучерук В.Ю., Володарський Є.Т. Основи теорії невизначеності вимірювань : Підручник / – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 230 с.
4. Єрмілова Н.В., Кислиця С.Г. «Основи стандартизації та метрології" : Навчальний посібник / – Полтава: ПолтНТУ, 2017. - 141 с.

Додаткова література

5. Закон України про метрологію та метрологічну діяльність, № 1765, м.Київ, 15.06. 2004 р.
6. ДСТУ 3410-96 Система сертифікації УкрСЕПРО. Основні положення.
7. Володарський Є.Т., Кухарчук В.В., Поджаренко В.О., Сердюк Г.Б. Метрологічне забезпечення вимірювань і контролю. Навч.посібник для студентів техн.спеціал. ВНЗ. – Вінниця:, Видав. Держ,Технічн.Університету, 2011.-220 с.
8. ДСТУ 3651.2-97 Метрологія. Одиниці фізичних величин. Основні одиниці фізичних величин. Міжнародні системи величин. Основні положення, назви та позначення.
10. Примаков С.П., Барбаш В.А. Технологія паперу і картону. К.: ЕКМО, 2002.-396 с.
11. ДСТУ 2926-94 Системи якості. Комплекси керування якістю системні технологічні. Основні положення.

Інформаційні ресурси в Інтернеті

Електронні ресурси з курсу «Основи метрології та теорії похибок», а саме:

- силабус кредитного модуля,
- методичні вказівки до виконання лабораторних практикумів та виконання самостійної роботи

розміщено за адресою <http://www.eco-paper.kpi.ua/for-student>, а також у електронному кампусі

Асоціація українських підприємств целюлозно-паперової галузі "УкрПапір" - ukrbum@naverex.kiev.ua

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

Лекційні заняття спрямовані на:

- надання сучасних, цілісних, взаємозалежних знань з дисципліни «Основи метрології та теорії похибок», рівень яких визначається цільовою установкою до кожної конкретної теми;
- забезпечення в процесі лекції творчої роботи студентів спільно з викладачем;
- виховання у студентів професійно-ділових якостей і розвиток у них самостійного творчого мислення;
- формування у студентів необхідного інтересу та надання напрямку для самостійної роботи;
- визначення на сучасному рівні розвитку науки в області метрології та точності вимірювань;
- відображення методичної обробки матеріалу (виділення головних положень, висновків, рекомендацій, чітке і адекватне їх формулювання);
- використання для демонстрації наочних матеріалів, поєднання, по можливості їх з демонстрацією результатів досліджень;
- викладання матеріалів досліджень чіткою і якісною мовою з дотриманням структурно-логічних зв'язків, роз'яснення всіх нововведених термінів і понять;
- доступність для сприйняття даною аудиторією.

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)	Годин
1	Розділ I МЕТРОЛОГІЯ Тема 1 Сутність метрологічного забезпечення оцінки відповідності продукції. Завдання та функції метрологічного забезпечення оцінки відповідності продукції. Лекція № 1. Завдання та функції метрології. Закон про метрологію: основні поняття та визначення. Література: [1] с.10-23; [2] с.6-14, [3] с.7-19, [4] с.128-134. Завдання на СРС Принципи та методи вимірювань фізичних величин.	1
2	Тема 2. Засоби вимірювальної техніки (ЗВТ), класифікація ЗВТ та їх призначення Лекція № 2. Засоби вимірювальної техніки, їх класифікація та призначення. Структура та параметри засобів вимірювальної техніки. Література: [1] с.30-43; [2] с.16-34, [4] с.137-149, [14] с.28-44. Завдання на СРС Показники точності та форми подання результатів вимірювань.	1

3	<p>Тема 3 Державна метрологічна служба України <i>Лекція № 3. Структура та функції метрологічної служби України. Література: [1] с.48-63; [2] с.36-44, [4] с.152-164, [14] с.48-64. Завдання на СРС Закон про метрологію: основні поняття та визначення.</i></p>	1
4	<p>Тема 4 Метрологічне забезпечення єдності та точності вимірювань. Державний метрологічний контроль і нагляд. Метрологічна служба підприємства <i>Лекція № 4. Метрологія як наукова основа єдності та точності вимірювань. Державний метрологічний контроль і нагляд. Література: [2] с.48-66; [3] с.56-74, [4] с.166-184, [14] с.68-86. Завдання на СРС Державна метрологічна служба підприємства (організації).</i></p>	1
5	<p>Тема 5 Метрологічна атестація, повірка та калібрування засобів вимірювальної техніки (ЗВТ). Методи повірки ЗВТ <i>Лекція № 5. Метрологічна атестація засобів вимірювальної техніки. Методи повірки (калібрування). Повірочні схеми. Література: [2] с.68-96; [3] с.76-94, [4] с.186-199, [14] с.88-106. Завдання на СРС Метрологічна повірка засобів вимірювальної техніки. Види метрологічних повірок. Організація і порядок проведення метрологічної повірки.</i></p>	1
6	<p>Тема 6 Міжнародні організації з метрології. Метрологія в іноземних країнах <i>Лекції № 6-7. Міжнародна організація з метрології. Міжнародна організація мір і ваг. Міжнародна організація законодавчої метрології. Регіональні організації з метрології. Метрологія в країнах Західної Європи. Метрологія в США. Метрологія в деяких країнах східної та центральної Європи. Література: [2] с.98-126; [3] с.96-124, [4] с.202-249, [14] с.108-136. Завдання на СРС Метрологічна експертиза технічної документації. Загальні положення та завдання метрологічної експертизи. Організація і порядок проведення метрологічної експертизи. Метрологічна експертиза конструкторської документації. Метрологічна експертиза технологічної документації.</i></p>	1
7	<p>РОЗДІЛ 2. ОСНОВИ ТЕОРІЇ ПОХИБОК Тема 1 Вимірювані фізичні величини. Принципи і методи вимірювань фізичних величин <i>Лекція № 1. Вимірювані фізичні величини. Принципи та методи вимірювань фізичних величин. Основні поняття теорії ймовірностей та статистики.. Література: [5] с.12-19; [7] с.6-14; [8] с.5-17. Завдання на СРС. Системи фізичних величин та їх одиниць. Показники точності та форми подання результатів вимірювання. Загальні положення та класифікація похибок.</i></p>	1
8	<p>Тема 2 Попереднє знайомство з точністю вимірювань <i>Лекція № 2. Помилки – як похибки. Неминучість похибок. Як важливо знати похибки. Оцінка похибки при відліку зі шкали. Оцінка похибок у випадку багаторазових прямих вимірювань. Література: [5] с.21-29; [7] с.16-21; [8] с.25-37. Завдання на СРС. Загальні положення та класифікація похибок.</i></p>	1

9	<p>Тема 3 Основні положення точності вимірювань</p> <p>Лекція № 3. Найкраща оцінка \pm точність. Відмінність між результатами вимірювань. Порівняння двох значень: виміряного і теоретично відомого. Порівняння двох виміряних значень.</p> <p>Лекція № 4. Порівняння двох значень: виміряного і теоретично відомого. Порівняння двох виміряних значень.</p> <p>Лекція № 5. Відносні похибки. Значущі цифри у відносних похибках. Множення двох виміряних значень</p> <p>Література: [5] с.31-57; [7] с.23-54; [8] с.39-68.</p> <p>Завдання на СРС. Порівняння двох значень: виміряного і теоретично відомого. Порівняння двох виміряних значень.</p>	1
10	<p>Тема 4 Точність в непрямих вимірюваннях</p> <p>Лекція № 6. Похибки суми та різниці виміряних величин. Множення та ділення виміряних величин. Множення виміряної величини на точне число. Піднесення виміряної величини до ступеня.</p> <p>Лекція № 7. Незалежні похибки при обчисленні суми виміряних величин. Узагальнюючі формули розрахунку суми, різниці, добутку і частки виміряних величин при незалежних похибках.</p> <p>Лекція № 8. Похибки при використанні задовільної функції однієї змінної. Метод розрахунку похибки "крок за кроком". Загальна формула для розрахунку похибок в непрямих вимірюваннях.</p> <p>Література: [5] с.61-77; [7] с.63-85; [8] с.69-88.</p> <p>Завдання на СРС. Загальні відомості про похибки в непрямих вимірюваннях. Розуміння похибок в непрямих вимірюваннях на прикладах. Принцип арифметичної середини.</p>	2
11	<p>Тема 5 Статистичний аналіз багаторазових вимірювань з випадковими похибками</p> <p>Лекція № 9. Випадкові та систематичні похибки. Середнє значення і стандартне відхилення.</p> <p>Лекція № 10. Стандартне відхилення – як похибка одиничного виміру. Стандартне відхилення середнього. Систематичні похибки для експериментальних досліджень в учбових лабораторіях.</p> <p>Література: [5] с.106-130, [10] с.54-72, [6] с. 88-101.</p> <p>Завдання на СРС. Визначення гарантійного інтервалу результатів вимірювань. Підсумовування похибок вимірювань. Похибки прямих рівноточних вимірювань. Обробка і оцінка точності рівноточних вимірювань. Стандартне відхилення середнього на прикладах.</p>	1
12	<p>Тема 6 Нормальний розподіл статистичної величини</p> <p>Лекція № 11. Гістограми і розподіл випадкових величин. Граничний розподіл випадкових величин. Нормальний розподіл випадкової величини.</p> <p>Література: [5] с.136-155, [3] с.54-72, [10] с. 88-101.</p> <p>Завдання на СРС. Закон розподілу ймовірностей при багаторазових вимірюваннях. Випадкові величини. Використання елементів теорії ймовірностей до результатів вимірювань. Повторення випробувань – біноміальний розподіл.</p>	1
13	<p>Тема 7 Обґрунтування формул розрахунку похибок на базі закону нормального розподілу</p> <p>Лекція № 12. Стандартне відхилення як 68% довірчий інтервал. Обґрунтування середнього \bar{x} як найкращої оцінки та σ - ширини граничного розподілу.</p> <p>Лекція № 13. Обґрунтування розрахунку похибок в непрямих вимірюваннях. Обґрунтування стандартного відхилення середнього.</p> <p>Література: [5] с. 148-172; [7] с. 78-95.</p> <p>Завдання на СРС. Квадратична сума похибок і її обґрунтування. Загальний випадок. Визначення середньої квадратичної похибки.</p>	1

14	Тема 8 Розрахунок та обґрунтування довірчого інтервалу Лекція № 14. Розрахунок та обґрунтування довірчого інтервалу. Література: [6] с. 123-155; [7] с. 108-123. Завдання на СРС. Довірчі інтервали. Необхідна кількість вимірювань випадкової величини.	1
15	Тема 9 Проблема відсіювання та об'єднання результатів вимірювань Лекція № 15. Проблема відсіювання даних. Критерій Шовене. Проблема об'єднання результатів різних вимірювань. Література: [5] с. 178-192; [13] с. 98-137. Завдання на СРС. Проблема відсіювання даних з використанням критерію Шовене на прикладах. Проблема об'єднання результатів різних вимірювань на прикладах.	1
16	Тема 10 Критерій χ^2 для граничних розподілів Лекція № 16. Поняття критерію χ^2 . Ступені свободи і приведені значення χ^2 . Ймовірності для χ^2 . Лекція № 17. Приклад розроблення типової методики виконання вимірювань для визначення масової долі каоліну у водній суспензії. Література: [5] с. 198-222; [7] с. 218-141. Завдання на СРС. Коефіцієнт лінійної кореляції. кількісний критерій значимості r .	1
17	Тема 11 Методи оцінювання точності вимірювань на основі поняття невизначеності Лекція № 18. Загальні поняття і визначення поняття невизначеності. Приклад оцінювання характеристик похибки та розрахунок невизначеності вимірювань. Порівняльний аналіз двох підходів до визначення характеристик точності вимірювань. Література: [6] с. 168-182. Завдання на СРС. Порівняльний аналіз двох підходів до визначення характеристик точності вимірювань.	1
18	Тема 12 Моделювання складних технологічних систем Лекція № 19. Поняття моделювання складних технологічних систем в інженерній і науковій діяльності. Об'єкт дослідження. Види параметрів оптимізації і вимоги до них. Вибір моделі. Регресійний аналіз - один з методів моделювання процесів. Основні терміни та поняття регресійного аналізу. Метод найменших квадратів. Складання системи нормальних рівнянь (множинна регресія). Статистична обробка рівнянь регресії. Кореляційний аналіз. Література: [4] с. 65-82. Завдання на СРС. Множинна лінійна кореляція.	1
19	Тема 13 Принципи математичної самоорганізації складних технологічних систем Лекція № 20. Принципи математичної самоорганізації складних технологічних систем. Метод групового врахування аргументів (МГУА). Критерії максимальної інформативності та шумостійкості експерименту. Література: [4] с. 88-102. Завдання на СРС. Методика обробки результатів експериментальних досліджень..	1
	Всього	20

Практичні заняття

У системі професійної підготовки студентів по даній дисципліні практичні заняття займають 15 % аудиторного навантаження. Вони закладають і формують основи кваліфікації студентів. Зміст цих занять і методика їх проведення повинні забезпечувати розвиток творчої активності особистості. Вони розвивають наукове мислення і здатність користуватися спеціальною термінологією, дозволяють перевірити знання, Тому даний вид роботи виступає важливим засобом оперативного зворотного зв'язку. Практичні заняття повинні виконувати не тільки пізнавальну і виховну функції, але й сприяти зростанню студентів як творчих працівників.

Основні завдання циклу практичних занять та лабораторних практикумів:

- допомогти студентам систематизувати, закріпити і поглибити знання теоретичного характеру в області стандартизації, метрології та точності вимірювань;
- навчити їх працювати з науковою та довідковою літературою;
- формувати вміння вчитися самостійно, тобто опанувати методами, способами і прийомами самонавчання, саморозвитку і самоконтролю.

№ з/п	Назва теми практичного заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)	Годин
<u>1</u>	<u>Практичне заняття 1-2.</u> Загальні поняття фізичних величин. Системи фізичних величин. Вияснення причин виникнення похибок. Основні положення точності вимірювань. Вирішення задач з метою загальної оцінки похибок у випадку багаторазових вимірювань. Відносні похибки та значущі цифри. Література: [5] с.12-21; [7] с.6-14; [8]с. 16-23. Завдання на СРС. Вирішення задач з метою загальної оцінки похибок у випадку багаторазових вимірювань в лабораторних умовах.	1
2	<u>Практичне заняття 3-4.</u> Похибки при непрямих вимірюваннях. Визначення похибок при використанні результатів вимірювань в операціях суми, різниці, множення та ділення Література: [5] с. 49-64; [7] с.16-22. Завдання на СРС. Похибки при непрямих вимірюваннях в лабораторних умовах.	1
3	<u>Практичне заняття 5-6.</u> Статистичний аналіз випадкових похибок. Розрахунок середнього та стандартного відхилення. Література: [5] с.87-91, [7] с.34-43, [8] с. 49-54. Завдання на СРС. Розрахунок середнього та стандартного відхилення в лабораторних умовах.	1
4	<u>Практичне заняття 7.</u> Статистичний аналіз випадкових похибок. Розрахунок стандартного відхилення середнього. Систематичні похибки. Література: [5] с.92-101, [10] с.44-63, [13] с. 55-64. Завдання на СРС. Розрахунок стандартного відхилення середнього в лабораторних умовах.	1
5	<u>Практичне заняття 8-9.</u> Вирішення задач на відсіювання та об'єднання результатів вимірювання. Література: [5] с. 148-152; [8] с. 18-58. Завдання на СРС. Відсіювання та об'єднання результатів вимірювання в лабораторних умовах в лабораторних умовах.	2
	Всього	6

9. Самостійна робота студента/студентки

Самостійна робота займає 52 % часу вивчення кредитного модуля, включаючи і підготовку до екзамену. Головне завдання самостійної роботи студентів – це опанування наукових знань в областях, що не увійшли у перелік теоретичних основ шляхом особистого пошуку інформації, формування активного інтересу до творчого підходу у навчальній роботі. У процесі самостійної роботи в рамках освітнього компоненту студент повинен навчатися аналізувати сучасні методи оцінки точності метрологічних вимірювань та розробки математичних моделей.

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
Розділ 1 Метрологія		
1	<p>Тема 1 Сутність метрологічного забезпечення оцінки відповідності продукції. Завдання та функції метрологічного забезпечення оцінки відповідності продукції. СРС до теми 1 Принципи та методи вимірювань фізичних величин. Література: [1] с.10-23; [2] с.6-14, [3] с.7-19, [4] с.128-134.</p> <p>Тема 2. Засоби вимірювальної техніки (ЗВТ), класифікація ЗВТ та їх призначення СРС до теми 2 Показники точності та форми подання результатів вимірювань. Література: [1] с.30-43; [2] с.16-34, [4] с.137-149, [14] с.28-44.</p> <p>Тема 3 Державна метрологічна служба України СРС до теми 3 Закон про метрологію: основні поняття та визначення.</p> <p>Тема 4 Метрологічне забезпечення єдності та точності вимірювань. Державний метрологічний контроль і нагляд. Метрологічна служба підприємства СРС до теми 4 Державна метрологічна служба підприємства (організації). Література: [2] с.48-66; [3] с.56-74, [4] с.166-184, [14] с.68-86.</p> <p>Тема 5 Метрологічна атестація, повірка та калібрування засобів вимірювальної техніки (ЗВТ). Методи повірки ЗВТ СРС до теми 5 Метрологічна повірка засобів вимірювальної техніки. Види метрологічних повірок. Організація і порядок проведення метрологічної повірки. Література: [2] с.68-96; [3] с.76-94, [4] с.186-199, [14] с.88-106.</p> <p>Тема 6 Міжнародні організації з метрології. Метрологія в іноземних країнах СРС до теми 6 Метрологічна експертиза технічної документації. Загальні положення та завдання метрологічної експертизи. Організація і порядок проведення метрологічної експертизи. Метрологічна експертиза конструкторської документації. Метрологічна експертиза технологічної документації. Література: [2] с.98-126; [3] с.96-124, [4] с.202-249, [14] с.108-136.</p>	40
Розділ 2. Основи теорії похибок		
2	<p>Тема 1 Вимірювані фізичні величини. Принципи і методи вимірювань фізичних величин СРС до теми 1 Системи фізичних величин та їх одиниць. Показники точності та форми подання результатів вимірювання. Загальні положення та класифікація похибок. Література: [5] с.12-19; [7] с.6-14; [8] с.5-17.</p> <p>Тема 2 Попереднє знайомство з точністю вимірювань СРС до теми 2 Загальні положення та класифікація похибок. Література: [5] с.21-29; [7] с.16-21; [8] с.25-37.</p> <p>Тема 3 Основні положення точності вимірювань СРС до теми 3 Порівняння двох значень: виміряного і теоретично відомого. Порівняння двох вимірних значень. Література: [5] с.31-57; [7] с.23-54; [8] с.39-68.</p> <p>Тема 4 Похибки в непрямих вимірюваннях СРС до теми 4 Загальні відомості про похибки в непрямих вимірюваннях. Розуміння похибок в непрямих вимірюваннях на прикладах. Принцип арифметичної середини. 3. Література: [5] с.61-77; [7] с.63-85; [8] с.69-88.</p>	50

	<p>Тема 5 Статистичний аналіз багаторазових вимірювань з випадковими похибками СРС до теми 5 Визначення гарантійного інтервалу результатів вимірювань. Підсумовування похибок вимірювань. Похибки прямих рівноточних вимірювань. Обробка і оцінка точності рівноточних вимірювань. Стандартне відхилення середнього на прикладах. Література: [5] с.106-130, [10] с.54-72, [6] с. 88-101.</p> <p>Тема 6 Нормальний розподіл статистичної величини СРС до теми 6 Закон розподілу ймовірностей при багаторазових вимірюваннях. Випадкові величини. Використання елементів теорії ймовірностей до результатів вимірювань. Повторення випробувань – біноміальний розподіл. Література: [5] с.136-155, [3] с.54-72, [10] с. 88-101.</p> <p>Тема 7 Обґрунтування формул розрахунку похибок на базі закону нормального розподілу СРС до теми 7 Квадратична сума похибок і її обґрунтування. Загальний випадок. Визначення середньої квадратичної похибки. Література: [5] с. 148-172; [7] с. 78-95.</p> <p>Тема 8 Розрахунок та обґрунтування довірчого інтервалу СРС до теми 8 Довірчі інтервали. Необхідна кількість вимірювань випадкової величини. Література: [6] с. 123-155; [7] с. 108-123.</p> <p>Тема 9 Проблема відсіювання та об'єднання результатів вимірювань СРС до теми 9 Проблема відсіювання даних з використанням критерію Шовене на прикладах. Проблема об'єднання результатів різних вимірювань на прикладах. Література: [5] с. 178-192; [13] с. 98-137.</p> <p>Тема 10 Критерій χ^2 для граничних розподілів СРС до теми 10 Коефіцієнт лінійної кореляції. кількісний критерій значимості r. Література: [5] с. 198-222; [7] с. 218-141.</p> <p>Тема 11 Методи оцінювання точності вимірювань на основі поняття невизначеності СРС до теми 11 Порівняльний аналіз двох підходів до визначення характеристик точності вимірювань. Література: [6] с. 168-182.</p>	
4	<p>Тема 12 Моделювання складних технологічних систем СРС до теми 12 Множинна лінійна кореляція. Література: [4] с. 65-82</p> <p>Тема 13 Принципи математичної самоорганізації складних технологічних систем СРС до теми 13 Методика обробки результатів експериментальних досліджень. Література: [4] с. 108-123</p>	11
5	Підготовка до МКР	3
6	Підготовка до екзамену	20
	Всього годин	124

10. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Правила відвідування занять та поведінки на заняттях

Відвідування занять є обов'язковим компонентом оцінювання. Студенти зобов'язані брати активну участь в навчальному процесі, не спізнюватися на заняття та не пропускати їх без поважної причини, не заважати викладачу проводити заняття, не відволікатися на дії, що не пов'язані з навчальним процесом.

Правила призначення заохочувальних та штрафних балів

- заохочувальні бали можуть нараховуватись викладачем виключно за виконання творчих робіт з дисципліни або додаткового проходження он-лайн профільних курсів з отриманням відповідного сертифікату:
- <https://www.coursera.org/learn/research-methods>;
- <https://ru.coursera.org/learn/metodologiya-nauchnyh-issledovanij-kotiki>.

Але їхня сума не може перевищувати 10 % від рейтингової шкали.

- штрафні бали в рамках навчальної дисципліни не передбачені.

Політика дедлайнів та перескладань

У разі виникнення заборгованостей з навчальної дисципліни або будь-яких форс-мажорних обставин, студенти мають зв'язатися з викладачем по доступних (наданих викладачем) каналах зв'язку для розв'язання проблемних питань та узгодження алгоритму дій для відпрацювання.

Політика академічної доброчесності

Плагіат та інші форми недоброчесної роботи неприпустимі. До плагіату відноситься відсутність посилань за використання друкованих та електронних матеріалів, цитат, думок інших авторів. Неприпустимі підказки та списування під час написання тестів, проведення занять; здачі заліку за іншого студента; копіювання матеріалів, захищених системою авторського права, без дозволу автора роботи.

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>

Політика академічної поведінки і етики

Студенти мають бути толерантним, поважати думку оточуючих, заперечення формулювати в коректній формі, конструктивно підтримувати зворотний зв'язок на заняттях.

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Розподіл навчального часу за видами занять і завдань з дисципліни згідно з робочим навчальним планом:

Семестр	Навчальний час		Розподіл навчальних годин				Контрольні заходи		
	Кредити	акад. год.	Лекції	Практичні	Лаб. практи.	СРС	МКР	ДКР	Семестровий контроль
3	5,0	150	20	6	-	124	1	-	екзамен

Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, що він отримує за:

Рейтинг з кредитного модуля складається з балів, що він отримує за роботу на практичних заняттях та виконання МКР.

Семестровим контролем є екзамен.

Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання

Система рейтингових балів та критерії оцінювання:

Виконання завдань на практичних заняттях.

Таким чином, **ваговий бал** відповіді на практичному занятті (r_n) = 4 бали. Максимальна кількість балів на всіх практичних заняттях дорівнює:

$$4 \text{ бали} \times 9 = 36 \text{ балів.}$$

Ваговий бал МКР-1 та МКР-2 ($r_{\text{МКР}}$) = 7 балів кожна. Максимальна кількість балів за всі контрольні роботи дорівнює: **7 балів \times 2 = 14 балів.**

Максимальна сума балів стартової складової протягом семестру дорівнює:

$$(4 \times 9) + (2 \times 7) = 50 \text{ балів}$$

За умови гарної підготовки і активної роботи на практичному занятті (або лаб.практикумі) – 1 бал. Одному або двом кращим студентам на кожному практичному занятті може додаватися як заохочування 1 бал.

Необхідною умовою допуску до екзамену є стартовий рейтинг не менше 23 бали.

За результатами навчальної роботи за перші 7 тижнів «ідеальний студент» має набрати 16 балів. На першій атестації (8-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше $0,5 \times 16 = 8$ балів.

За результатами 13 тижнів «ідеальний студент» має набрати 32 бали. На другій атестації (14-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше $0,5 \times 32 = 16$ балів.

Розмір екзаменаційної шкали складає $R_E = 50$ балів (50% від R)

Умови допуску до екзамену: стартовий рейтинг не менше 23 балів ($r_c \geq 23$ бали, не менше 50% від R_c).

Критерії екзаменаційного оцінювання

Екзаменаційний білет містить одне теоретичне питання, яке має **ваговий бал – 30**, та одне практичне завдання, яке має **ваговий бал – 25**. Максимальна кількість балів $30 + 25 = 55$ балів.

Система оцінювання теоретичних питань:

– «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 30-28 балів;

- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності) – 23-22 бали;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 18-16 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь – 0 балів.

Система оцінювання практичних занять (або лаб.практикумів):

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 23-22 бали;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності) – 19-17 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 15-13 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь – 0 балів.

Сума стартових балів і балів за відповіді на питання екзаменаційного білету переводиться до екзаменаційної оцінки згідно з таблицею:

Кількість балів	Оцінка
95...100	відмінно
85...94	дуже добре
75...84	добре
65...74	задовільно
60...64	достатньо
RD < 60	незадовільно
Не виконані умови допуску	не допущено

11. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік питань модульних контрольних робіт

Модульна контрольна робота (МКР-1)

1. Дати визначення метрології як науки.
2. Які основні завдання поставлені перед метрологією ?
3. Показати, на вирішення яких проблем націлені завдання метрології ?
4. У відповідності із завданнями та функціями які види метрології можна назвати ?
5. У відповідності із законом «Про метрологію та метрологічну діяльність» дати визначення єдності вимірювань.
6. Назвати головну організацію із забезпечення єдності вимірювань в Україні.
7. Навести, що відноситься до відомчих метрологічних служб України ?
8. Дати визначення засобу вимірювальної техніки.
9. Навести види засобів вимірювальної техніки (ЗВТ) ?
10. Показати, з якої причини всі ЗВТ підлягають обов'язковій державній відомчій повірці ?
11. Навести, що становить основу державної системи забезпечення єдності вимірювань ?
12. Дати визначення, що називається метрологічним забезпеченням ?
13. Навести за рахунок чого досягається єдність вимірювань та дати визначення одностайності ЗВТ?
14. Показати, що становить технічну основу метрологічного забезпечення ?
15. Навести, що є об'єктами Державного контролю та нагляду ?

Модульна контрольна робота (МКР-2)

1. Дати визначення терміну «теорія похибок».
2. Дати визначення, що таке відмінність результатів вимірювання? Значима/незначима відмінність.
3. Дати визначення, що таке відносна похибка? Надати формулу відносної похибки.
4. Навести правило похибки добутку і ділення результатів непрямих вимірювань.
5. Навести правило похибки добутку результату непрямих вимірювань на точне число.
6. Навести узагальнюючі формули розрахунку добутку і частки виміряних величин за незалежних похибок.
7. Навести формулу розрахунку похибки в задовільній функції однієї змінної.
8. Показати на прикладі як змінюється довірчий інтервал в залежності від числа паралельних дослідів?
9. Дати визначення проблеми відсіювання аномальних результатів. Навести критерій Шовене?
10. Дати визначення проблеми об'єднання результатів n –вимірювань. Навести правило об'єднання та формули для розрахунку $x_{i \text{дод.}}$ та $\omega_{x_{i \text{дод.}}}$?

Приблизний перелік питань, які виносяться на семестровий контроль:

1. Обґрунтувати поняття та надати формулу для розрахунку відносної похибки.
2. Обґрунтувати поняття точності вимірювання через відносну похибку.
3. Обґрунтувати використання поняття відносної похибки у формулі розрахунку похибки здобутку результатів вимірювань.
4. Проаналізувати та надати правило розрахунку похибки суми та різниці двох незалежних виміряних величин.
5. Проаналізувати правила розрахунку похибки, які використовуються під час вимірювання незалежних виміряних величин.
6. Проаналізувати та надати правило розрахунку похибки суми та різниці величин, правило похибки добутку і ділення результатів вимірювань, а також правило добутку результату вимірювань на точне число.
7. Обґрунтувати використання правила розрахунку похибки при піднесенні виміряної величини до ступеня.
8. Проаналізувати та надати формулу оцінювання похибки за використання задовільної функції однієї змінної у випадках непрямих вимірювань.
9. Обґрунтувати використання загальної формули для розрахунків похибок в непрямих вимірюваннях та методу «крок за кроком».
10. Обґрунтувати суть проблеми об'єднання результатів експерименту та визначитися із формулами розрахунку середнього зваженого.
11. Дати визначення, що таке відмінність між результатами вимірювань, дати оцінку значимості (незначимості) відмінності, базуючись на понятті найкращої оцінки та похибки.
12. Проаналізувати та надати формулу розрахунку стандартного відхилення середнього.
13. Проаналізувати та надати правило розрахунку похибки різниці результатів вимірювань.
14. Проаналізувати і надати формули для розрахунку значення критерія χ^2 .
15. Обґрунтувати суть проблеми об'єднання результатів експерименту та визначитися із формулами розрахунку середнього зваженого.
16. Проаналізувати і надати послідовність формул для розрахунку довірчого інтервалу.

17. Обґрунтувати схему використання критерію Шовене.
18. Обґрунтувати суть проблеми об'єднання результатів експерименту та визначитися із формулами розрахунку середнього зваженого.
19. Проаналізувати та надати формули статистичної обробки результатів вимірювань, а саме: розрахунку середнього значення і стандартного відхилення середнього.
20. Проаналізувати формулу оцінювання похибки за використання задовільної функції однієї змінної у випадках непрямих вимірювань.
21. Обґрунтувати схему використання критерію Шовене.
22. Проаналізувати та надати формули і визначити послідовність (алгоритм) використання формул для доказу, чи відповідає нормальному розподілу Гауса певна вибірка спостережень.
23. Проаналізувати і надати формули для розрахунку значення критерія χ^2 .
24. Проаналізувати та надати формули статистичної обробки результатів вимірювань, а саме: розрахунку середнього значення і стандартного відхилення середнього.

Задачі

1. Застосувати формулу розрахунку відносної похибки (у відсотках) для п'яти вимірювань:
 - виміряна висота = $5,03 \pm 0,04$ м;
 - вимірний час = $19,5 \pm 1$ с;
 - вимірний заряд = $(-3,2 \pm 0,3) \cdot 10^{-19}$ Кл);
 - виміряна довжина хвилі = $(0,56 \pm 0,07) \cdot 10^{-6}$ м);
 - вимірний імпульс = $(3,27 \pm 0,04) \cdot 10^3$ г*см/с).

2. Використати поняття точності вимірювання через відносну похибку для випадку, а саме: припустимо, що потрібно виміряти довжину 2 см з точністю 1%. З допомогою дерев'яної лінійки можна провести відлік з точністю до 1мм, а з допомогою мікроскопа – до 0,1 мм.
Чи можливо це зробити з допомогою дерев'яної лінійки? З допомогою мікроскопа?

3. Використати формулу розрахунку похибки здобутку результатів вимірювань у випадку, коли вимірюються дві величини **a** і **b** (довжина та ширина паперової смужки для випробування на міцність). Отримуємо: **a**= $11,5 \pm 0,2$ см і **b**= $25,4 \pm 0,2$ см.
Потрібно розрахувати значення площі смужки **S**=**a*****b**, абсолютне та відносне значення похибки в **S**, а також відносне значення похибок вимірних величин ?

4. Використати правило розрахунку похибки суми та різниці двох незалежних вимірних величин у випадку:
Лаборант змішує розчини хімічних реагентів із двох бутлів, попередньо вимірявши окремо маси цих наповнених і потім порожніх бутлів і одержавши в результаті:
 - M_1 - маса першого бутля і його вмісту = 540 ± 10 г;
 - m_1 = маса першого порожнього бутля = 72 ± 1 г;
 - M_2 = маса другого бутля і його вмісту = 940 ± 20 г;
 - m_2 = маса другого порожнього бутля = 97 ± 1 г.
 Необхідно визначити повну масу хімічних реагентів, розрахувати похибку повної маси та записати кінцевий результат.

5. Використати правила розрахунку похибки, які використовуються під час вимірювання незалежних вимірних величин у випадку:
Спеціаліст отримав наступні результати вимірювань:
 - $a=5 \pm 1$ см; $b=18 \pm 2$ см; $c=12 \pm 1$ см; $t=3,0 \pm 0,5$ с; $m=18 \pm 1$ г.
 Використовуючи правила похибки суми (різниці) результатів вимірювань та добутку і ділення результатів вимірювань, розрахуйте похибки та відносні похибки (в %):
 а) $a+b+c$; б) $a+b-c$; в) $c*t$; г) $4a$; д) $b/2$ (де цифри 4 і 2 не мають похибки), е) $m*b/t$.

6. Скористатися правилами розрахунку: похибки суми та різниці величин, похибки добутку і ділення результатів вимірювань, добутку результату вимірювань на точне число під час розрахунку наступних виразів:

а) $(5 \pm 1) + (8 \pm 2) - (10 \pm 4)$; б) $(5 \pm 1) * (8 \pm 2)$;

в) $(10 \pm 1) / (20 \pm 2)$; г) $2\pi * (10 \pm 1)$ (цифри π і 2 не мають похибки).

7. Використати правило розрахунку похибки при піднесенні вимірюваної величини до ступеня у випадку, коли експериментатор визначає прискорення вільного падіння g , вимірюючи час t падіння каменю з висоти h (h визначається відомою формулою $h = \frac{1}{2} g * t^2$).

Після декількох вимірювань часу він знаходить:

$t = 1,6 \pm 0,1$ с і вимірює висоту h як $h = 14,1 \pm 0,1$ м.

8. Використати формулу оцінювання похибки за використання задовільної функції однієї змінної у випадку: кут ϑ виміряли як 125 ± 2 град. Потім це значення використовується для розрахунку $\sin(\vartheta)$.

Необхідно розрахувати $\sin(\vartheta)$ та похибку.

9 Використати загальну формулу для розрахунків похибок в непрямих вимірюваннях та методу «крок за кроком» на прикладі розрахунку певної величини $c = a * v$:

$a = 10,0 \pm 0,5$ Н; $v = 15 \pm 1$ см.

10. Експериментатор вимірює густину рідини п'ять разів і отримує результати (в $г/см^3$): 1,8; 2,0; 2,0; 1,9; 1,8.

Що можна сказати про найкращу оцінку і похибку, базуючись на його вимірах?

11. Необхідно точно виміряти площу (S) прямокутного зразка паперу, призначеного для випробування розміром 2,5 см * 5,0 см.

В табл. наведені результати 10-ти вимірювань ширини (l) та довжини (v) зразка.

Вимір. велич.	Виміряні значення
L	24,25; 24,26; 24,22; 24,28; 24,24; 24,25; 24,22; 24,26; 24,23; 24,24.
V	50,36; 50,35; 50,41; 50,37; 50,36; 50,32; 50,39; 50,38; 50,36; 50,38.

Для того, щоб виміряти площу (S) прямокутного зразка паперу, необхідно, відповідно, розрахувати середнє значення обох величин, стандартне відхилення σ_x та стандартне відхилення середнього $\sigma_{\bar{x}}$ з використанням відповідних формул.

12. Розрахувати похибки різниці результатів вимірювань з метою порівняння двох виміряних величин та використати його для випадку:

В експерименті з перевірки закону збереження моменту імпульсу студент отримав для початкового і кінцевого моментів (L і L') значення, що надані в таблиці.

Потрібно додати до таблиці додаткові стовбці для різниці ($L - L'$) і похибки і перевірити, чи узгоджуються результати студента із законом збереження моменту імпульсу?

Початковий (L)	Кінцевий L'
3,0 \pm 0,3	2,7 \pm 0,6
7,4 \pm 0,5	8,0 \pm 1,0
14,3 \pm 1,0	16,5 \pm 1,0
25 \pm 2	24 \pm 2
32 \pm 2	31 \pm 2
37 \pm 2	41 \pm 2

13. Визначити (з заповненнями вільних граф в таблиці), чи відповідає нормальному розподілу Гауса вибірка спостережень за ростом 200 аборигенів на деякому острові, що наведені у таблиці:

Номер біна	Ріст в біні	Число спостережень O_k в біні	Очікуване число E_k	$P_k, \%$
1	менше $X-1,5\sigma$	14		
2	між $X-1,5\sigma$ і $X-\sigma$	29		
3	між $X-\sigma$ і $X-0,5\sigma$	30		
4	між $X-0,5\sigma$ і X	27		
5	між X і $X+0,5\sigma$	28		
6	між $X+0,5\sigma$ і $X+\sigma$	31		
7	між $X+\sigma$ і $X+1,5\sigma$	28		
8	більше $X+1,5\sigma$	13		

14. Розрахувати довірчий інтервал у випадку, коли експериментатор багатократно вимірює величину g , прискорення вільного падіння, і отримує результат $9,5 \text{ м/с}^2$ та стандартне відхилення, що дорівнює $0,1$.

Якщо вважати, що результати його вимірювань розподілені нормально з центром, рівним прийнятому значенню $9,8 \text{ м/с}^2$ та шириною $0,1$, то яка ймовірність отримання результату, який вирізняється від $9,8 \text{ м/с}^2$ так же (або більше), як результат експериментатора?

Приймаючи, що експериментатор фактично не зробив помилок, чи можна сказати, що, ймовірно, його експеримент підпав під вплив деяких невиявлених систематичних похибок?

15. Два вимірювання руйнівного зусилля P дають результати: 334 ± 1 і 336 ± 2 .

Чи можна вважати ці два результати несуперечливими?

Якщо так, то потрібно розрахувати найкращу оцінку показника P і його похибку.

16. Визначитися, чи потрібно відкидати сумнівний результат вимірювання у випадку:

Спеціаліст проводить вимірювання товщини картону H десять разів і отримує результати (у мм):

$0,86; 0,83; 0,87; 0,84; 0,82; \mathbf{0,95}; 0,83; 0,85; 0,89; 0,88$.

а) Потрібно розрахувати середнє значення \bar{H} і стандартне відхилення σ_H цих результатів.

б) Якщо спеціаліст вирішить використати критерій Шовене, то чи повинен він відкинути результат $\mathbf{0,95}$ мм? Потрібно аргументувати поступок.

17. Використати формули розрахунку середнього значення і стандартного відхилення середнього для випадку:

Спеціаліст проводить вимірювання величини x п'ять раз і отримує результати: $5, 7, 9, 7, 8$.

Необхідно розрахувати \bar{x} та стандартне відхилення σ_x . Порівняти два варіанти (з N і $N-1$) під час розрахунку σ_x .

18. Використати формулу оцінювання похибки за використання задовільної функції однієї змінної у випадках непрямих вимірювань: кут ϑ виміряли як $\theta = 20 \pm 3$ град. Потім це значення використовується для розрахунку $\text{Cos } \theta$.

Необхідно розрахувати $\text{Cos } \theta$ та похибку.

19. Визначитися, чи потрібно відкидати сумнівний результат вимірювання у випадку:

Спеціаліст проводить 14 вимірювань періоду коливань генератора і отримує результати (в долях секунди): $7, 3, 9, 3, 6, 9, 8, 7, 8, \mathbf{12}, 5, 9, 9, 3$

Відчуваючи, що результат ($\mathbf{12}$) завеликий, спеціаліст вирішує використати критерій Шовене. Чи відкине він цей результат? Скільки результатів, таким же чином відмінних від середнього, як $\mathbf{12}$, йому слід очікувати?

20. Використати формулу оцінювання похибки за використання задовільної функції однієї змінної у випадках непрямих вимірювань: кут ϑ виміряли як $\theta = 20 \pm 3$ град. Потім це значення використовується для розрахунку $\text{Cos } \theta$.

Необхідно розрахувати $\text{Cos } \theta$ та похибку.

21. Визначити значення критерію χ^2 для вибірки із 40 вимірювань x_1, x_2, \dots, x_{40} довжини траєкторії x кулі, що вилітає із деякої рушниці (результати наведені в таблиці).

731	772	771	681	722	688	653	757	733	742
739	780	709	679	760	748	672	687	766	645
678	748	689	810	805	778	764	753	709	675
698	770	754	830	725	710	738	638	787	712

22. Виконати розрахунок середнього значення та стандартного відхилення результатів десяти вимірювань одного із показників, що характеризує якість паперу (наприклад, гладкість паперу): **86, 85, 84, 89, 86, 88, 88, 85, 83, 85**.

23. Розрахувати довірчий інтервал у випадку, коли експериментатор хоче перевірити закон збереження енергії для певної ядерної реакції. З цією метою він проводить експеримент і отримує результати початкової та кінцевої енергії, відповідно, $E_p = 75 \pm 3$ MeV і $E_k = 60 \pm 9$ MeV, де в якості похибок наведені стандартні відхилення результатів.

Чи є ця різниця значимою (на 5%-му рівні)? Необхідно аргументовано дати відповідь на запитання.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Склад доцент, к.т.н., Плосконос В.Г.

Ухвалено кафедрою Е та ТРП (протокол № 14 від 18.05.2023)

Погоджено Методичною комісією ІХФ (протокол №10 від 26.05.2023 р.)