



# Основи метрології в прикладній фізиці

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### • Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>10 природничі науки</i>
Спеціальність	<i>105 "Прикладна фізика та наноматеріали"</i>
Освітня програма	<i>Прикладна фізика</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити, 36 лекцій</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Модульна контрольна робота, залік</i>
Розклад занять	<i>На сайті <a href="http://ipt.kpi.ua">ipt.kpi.ua</a></i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: доктор фіз.-мат. наук, ст..н.с., член-кор. НАН України Анатолій Михайлович Негрійко</i>
	<i>Zoom</i>

### • Програма навчальної дисципліни

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

**Метою** навчальної дисципліни «Основи метрології у прикладній фізиці» є оволодіння базовими технологіями та методами науки про вимірювання - основного інструмента експериментальної фізики та ознайомлення з методами та технологіями створення вимірювальних приладів вищого рівня точності на прикладах еталонів основних одиниць системи СІ для подальшого застосування у плануванні та здійсненні експериментальних досліджень, обробці та оформленні результатів експерименту.

Предметом дисципліни є основні поняття та методи метрології, які визначають точність та єдність вимірювань, сучасні фізичні теорії та методи, які лежать у основі створення вимірювальних приладів найвищого (еталонного) рівня точності.

#### Програмні результати навчання:

##### Знання:

- основних понять метрології – науки про вимірювання: точність та єдність вимірювання, невизначеність вимірювання
- принципів побудови систем одиниць фізичних величин
- основних і методів обробки експериментальних даних, оформлення результатів вимірювання

- алгоритмів обчислення невизначеності вимірювань, складових невизначеності вимірювань;
- фізичних принципів роботи еталонів основних одиниць СІ.

#### **Уміння:**

- застосовувати отримані знання у спеціалізованих дисциплінах і при спілкуванні у науковому середовищі, користуватись документами і стандартами, які визначають правила діяльності у галузі метрологічного забезпечення фізичних вимірювань;
- застосовувати у практиці одиниці фізичних величин системи СІ,
- оформляти результати вимірювань з додержанням вимог щодо єдності і точності вимірювань;
- розраховувати значення стандартної, сумарної, розширеної невизначеності вимірювань;
- оцінювати граничну точність вимірювання фізичних величин на основі метрологічних характеристик сучасної еталонної бази;
- пояснювати фізичні принципи роботи унікальних вимірювальних систем - сучасних еталонів основних фізичних величин та розуміти шляхи і перспективи їх розвитку

#### **Досвід:**

- формування бюджету невизначеності вимірювань для модельної задачі із необхідною точністю;
- підготовки аналітичного огляду з сучасних напрямів розвитку еталонів фізичних величин та методів вимірювання .

#### **1. Базові компетентності:**

- Здатність застосовувати набуті знання у практиці
- Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями
- Здатність до пошуку, оброблення та аналізу значних обсягів інформації з фахової літератури, інформаційних мереж, інших джерел.

•

#### **2. Спеціальні (фахові) компетентності:**

- Здатність до комплексного підходу в отриманні, обробці та представленні результатів фізичного експерименту для досягнення необхідної точності та надійності вимірювання
- Здатність до надання кількісної оцінки фізичним величинам у відповідності до метрологічних вимог шляхом вимірювань та обчислень
- Здатність оцінювати граничні можливості сучасних методів вимірювання фізичних величин на основі характеристик сучасних еталонів основних одиниць СІ

#### **3. В результаті вивчення навчальної дисципліни ««Основи метрології у прикладній фізиці»» студенти зможуть:**

- застосовувати отримані знання у спеціалізованих дисциплінах і при спілкуванні у науковому середовищі, користуватись документами і стандартами, які визначають правила діяльності у галузі метрологічного забезпечення фізичних вимірювань;
- використовувати у практиці одиниці фізичних величин системи СІ,
- здійснювати заходи, спрямовані на підвищення точності та забезпечення єдності вимірювань, планувати та здійснювати експериментальні фізичні дослідження у відповідності з вимогами забезпечення точності та єдності вимірювань
- обробляти результати вимірювань, визначати бюджет невизначеності вимірювань, розраховувати значення стандартної, сумарної, розширеної невизначеності вимірювань

у відповідності до існуючих стандартів та вимог нормативно-правових документів, а також для отримання надійних і достовірних наукових результатів

- готувати результати вимірювань для публікації у наукових виданнях, звітах про виконання науково-дослідних робіт, оформленні дипломних та дисертаційних робіт у відповідності до нормативно-правової бази України та вимог відповідних стандартів, у тому числі міжнародних
- розуміти і пояснювати фізичні принципи роботи унікальних вимірювальних систем - сучасних еталонів основних фізичних величин та шляхи і перспективи їх розвитку; використовувати знання щодо фізичних засад, на основі яких розроблені та створені сучасні еталони основних одиниць фізичних величин для підвищення якості вимірювань у ході виконання наукових досліджень та науково-технічних розробок
- оцінювати граничну точність вимірювання фізичних величин на основі метрологічних характеристик сучасної еталонної бази, вибирати та використовувати сучасну вимірювальну апаратуру, необхідну для забезпечення передбаченої технічними завданнями науково-дослідної роботи точності та надійності вимірювань.

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

Дисципліна "Основи метрології в прикладній фізиці" належить до числа базових дисциплін, які входять до курсу підготовки фахівців за спеціальністю "Прикладна фізика". Знання та навички, які студенти одержують при вивченні цієї дисципліни, є необхідною складовою підготовки фахівця, який планує наукові дослідження, розробляє схеми експерименту, безпосередньо здійснює вимірювання, обробляє їх результати, використовує їх у теоретичних моделях та при підготовці наукових публікацій. Оскільки одержання нової наукової інформації експериментальним шляхом з виконанням великого обсягу вимірювань є головним елементом діяльності у галузі прикладної фізики, глибоке засвоєння основних положень метрології як науки про вимірювання є важливим для фахівця цього профілю.

Дисципліна „Основи метрології в прикладній фізиці” служить розширенню світогляду студентів оскільки знайомить з методами здійснення вимірювань у різних галузях науки і техніки. Вона допомагає засвоєнню профілюючих дисциплін фізичного напрямку, зокрема „Фізика твердого тіла”, „Ядерна фізика”, „Квантова механіка”, „Статистична радіофізика і оптика” тощо.

Необхідні знання і навички:

- Знання з фізики у обсязі базових курсів механіки, термодинаміки, електромагнетизму, оптики, ядерної фізики
- Знання основ математичного аналізу, у тому числі методів статистичного аналізу.
- Навички з читання та розуміння технічних текстів англійською мовою
- Навички підготовки презентацій та матеріалів доповідей за темами курсу

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

Надається перелік розділів і тем всієї дисципліни.

### **Розділ 1. Основні поняття метрології**

**Тема 1. Метрологія як наука, законодавство України про метрологію та метрологічну діяльність**

**Тема 2. Поняття про фізичні величини та їх вимірювання.**

**Тема 3. Системи одиниць фізичних величин. Одиниці СІ, історія та сучасний стан**

**Тема 4. Обробка результатів вимірювань, невизначеність вимірювань**

## **Розділ 2. Еталони основних одиниць СІ**

**Тема 1. Еталони основних одиниць фізичних величин системи СІ, еталон одиниці маси - кілограма**

**Тема 2. Вимірювання відстані, еталон одиниці довжини - метра**

**Тема 3. Вимірювання часу, еталони одиниць часу та частоти.**

**Тема 4. Еталони одиниць електричних величин.**

**Тема 5. Термометрія, еталони одиниці термодинамічної температури, одиниці сили світла та кількості речовини, їх відтворення**

## **4. Навчальні матеріали та ресурси**

Базові навчальні матеріали:

1. Основи метрології. Ч. 1: Основні поняття метрології [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів напряму підготовки 6.050201 «Системна інженерія» кафедри автоматики та управління в технічних системах всіх форм навчання / НТУУ «КПІ» ; уклад. Л. Ю. Юрчук. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,06 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2011.
2. Бичківський Р. В., Столярчук П. Г., Гамула П. Р. Метрологія, стандартизація, управління якістю і сертифікація / Підручник для вищих навч. закл. — Національний ун-т "Львівська політехніка". — Л.: Вид-во Національного ун-ту "Львівська політехніка". — 2002. — 560 с
3. Обробка результатів фізичних вимірювань. [Електронний ресурс]: навч. посіб./ І.Ф.Скіцько, О.І.Скіцько; КПІ ім. Ігоря Сікорського. - Електронні текстові дані (1 файл 2,077 Мбайт). Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 88 с..

Факультативні джерела :

1. ЗАКОН УКРАЇНИ Про метрологію та метрологічну діяльність(Відомості Верховної Ради (ВВР), 2014, № 30, ст.1008) <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1314-18#Text>
2. The International System of Units (SI) 9th edition 2019. <https://www.bipm.org/utis/common/pdf/si-brochure/SI-Brochure-9.pdf>
3. NIST Technical Note 1297. Guidelines for evaluating and expressing the uncertainty of NIST measurements results. 1994 Edition.
4. The Science of Timekeeping by David W. Allan, Neil Ashby, Clifford C. Hodge; Hewlett Packard Application Note 1289; 1997 [http://www.allanstime.com/Publications/DWA/Science Timekeeping/TheScienceOfTimekeeping.pdf](http://www.allanstime.com/Publications/DWA/Science%20Timekeeping/TheScienceOfTimekeeping.pdf)
5. Ю.П. Мачехин, А.М. Негрийко, В.С. Соловьев, Л.П. Яценко. Оптические стандарты частоты. Ч.1, Харьков, Коллегиум, 2010.
6. И.М. Дмитренко. В мире сверхпроводимости. Киев, Наукова думка, 1981.

7. Квантовая метрология и фундаментальные физические константы. Сб. статей. Пер. с англ. М.: — 1980.

## 5. Навчальний контент

- **Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)**

<i>Назви змістових модулів і тем</i>	<i>Всього годин</i>	<i>Лекції</i>	<i>Практичні заняття</i>	<i>СРС</i>
<b>Розділ 1. Основні поняття метрології</b>	<b>50</b>	<b>16</b>		<b>34</b>
<b>Тема 1. Метрологія як наука, законодавство України про метрологію та метрологічну діяльність</b>	6	2		4
<i>Лекція 1. Предмет і завдання курсу. Основні поняття метрології як науки про вимірювання. Метрична конвенція, організація метрологічної служби в Україні та світі. Відомі метрологічні центри світу. Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність»</i>	6	2		4
<b>Тема 2. Поняття про фізичні величини та їх вимірювання.</b>	6	2		4
<i>Лекція 2. Основні поняття метрології. Забезпечення точності та єдності вимірювань у прикладній фізиці, техніці. Аксиоми метрології. Фізичні величини, їх вимірювання. Вимірювання як порівняння, шкали вимірювань, їх типи.</i>	6	2		4
<b>Тема 3. Системи одиниць фізичних величин. Одиниці СІ, історія та сучасний стан</b>	16	4		12
<i>Лекція 3. Системи одиниць фізичних величин. Принципи формування систем одиниць, історія розвитку. Метрична система. Світові константи та їх роль у формуванні системи одиниць фізичних величин.</i>	8	2		6
<i>Лекція 4. Міжнародна система одиниць фізичних величин СІ, її структура. Нова редакція СІ 2018 року. Поняття про основні та похідні одиниці. Основні одиниці СІ, їх означення. Похідні одиниці СІ, кратні і частинні одиниці, префікси, граматики СІ.</i>	8	2		6
<b>Тема 4. Обробка результатів вимірювань, невизначеність вимірювань</b>	24	8		16
<i>Лекція 5. Результат вимірювання, його</i>	6	2		4

<i>метрологічні характеристики. Краща оцінка вимірюваної величини. Правила округлення результату обчислень. Апроксимація методом найменших квадратів. Статистичні характеристики результатів вимірювання. Функції густини імовірності, приклади.</i>				
<i>Лекція 6. Поняття про невизначеність результату вимірювання. Невизначеність типу А та типу В. Стандартна, комбінована (сумарна) та розширена невизначеність. Сучасний стан з впровадженням невизначеності вимірювання в метрологічну практику. Форми подання результатів вимірювання.</i>	6	2		4
<i>Лекція 7. Поняття про бюджет невизначеності. Алгоритм обчислення невизначеності вимірювання. Приклади розрахунку невизначеності вимірювань у методичних навчальних настановах та наукових роботах.</i>	6	2		4
<i>Лекція 8. Навчальний вимірювальний експеримент. Практичні розрахунки невизначеності за даними експерименту. Контрольна робота за першим розділом курсу.</i>	6	2		4
<b>Розділ 2. Еталони основних одиниць СІ</b>	<b>70</b>	<b>20</b>		<b>50</b>
<b>Тема 1. Еталони основних одиниць фізичних величин системи СІ, еталон одиниці маси -кілограма</b>	14	4		10
<i>Лекція 8. Еталони, їх класифікація. Еталони основних одиниць фізичних величин системи СІ як вимірювальні прилади вищого рівня. Втілення в еталонах наукових результатів, відзначених Нобелівськими преміями. Роль еталонів в забезпеченні єдності вимірювань. Проблеми розвитку еталонів основних одиниць СІ у зв'язку із рішеннями 26-ї Генеральної конференції мір та ваг 2018 року.</i>	6	2		4
<i>Лекція 9. Еталон кілограма. Сучасний стан. Метрологічні характеристики діючого еталона одиниці маси, проблеми. Основні напрями удосконалення еталона кілограма: ват-ваги Кіббла, проект Авогадро та ін. Принципи роботи сучасних еталонів одиниці маси</i>	8	2		6

<b>Тема 2. Метрологія довжини, еталон одиниці довжини - метра</b>	14	4		10
<b>Лекція 10. Метрологія довжини. Розвиток еталонів одиниці довжини. Метр Архіву. Криптоновий стандарт одиниці довжини. Швидкість світла як фундаментальна фізична константа. Фізичне обґрунтування сучасного означення метра.</b>	6	2		4
<b>Лекція 11. Сучасні методи відтворення метра. Високостабільні лазери як джерела еталонних довжин хвиль. Принцип роботи лазера та генерації еталонних довжин хвиль. Надвузькі оптичні резонанси, нелінійна спектроскопія, ультрахолодні атоми та іони у оптичних пастках. Довжини хвиль, які застосовуються для відтворення одиниці довжини. Державний еталон одиниці довжини України.</b>	8	2		6
<b>Тема 3. Вимірювання часу, еталони одиниць часу та частоти.</b>	14	4		10
<b>Лекція 12. Точні вимірювання часу, історичний огляд. Механічні хронометри, кварцеві, атомні годинники. Метрологія часу еталонної точності, варіація Аллана. Служба часу, всесвітній час, сучасні шкали часу.</b>	6	2		4
<b>Лекція 13. Атомний стандарт часу і частоти. Цезієвий еталон, поняття про принципи роботи та конструкцію цезієвого еталона секунди. Інші типи атомних годинників. Атомний фонтан, ультрахолодні атоми у метрології часу і частоти. Метрологія оптичних частот. Оптичний гребінь, прямі вимірювання оптичних частот.</b>	8	2		6
<b>Тема 4. Еталони одиниць електричних величин.</b>	<b>22</b>	<b>6</b>		<b>16</b>
<b>Лекція 15. Еталони одиниць електричних величин. Еталон ампера. Сучасні тенденції розвитку еталонів електричних величин</b>	6	2		4
<b>Лекція 16. Поняття про надпровідність, ефекти Джозефсона. Співвідношення між напругою та частотою при дії електромагнітного випромінювання на джозефсонівський контакт. Метрологічне значення цього співвідношення. Еталон вольта.</b>	8	2		6

<i>Лекція 17. Поняття про квантовий ефект Холла. Квантування енергетичних рівнів зарядженої частинки у магнітному полі, рівні Ландау. Двовимірний електронний газ. Квантовий ефект Холла та його роль у створенні еталона електричного опору.</i>	8	2		6
<b><i>Тема 5. Термометрія, еталони одиниці термодинамічної температури, одиниці сили світла та кількості речовини, їх відтворення</i></b>	8	2		6
<i>Лекція 18. Температура, її вимірювання. Міжнародні температурні шкали, сучасний стан. Відтворення реперних температурних точок температурних шкал. Основні поняття фотометрії, кандела як одиниця сили світла СІ. Випромінювання абсолютно чорного тіла, його характеристики. Відтворення кандели. Моль як основна одиниця кількості речовини СІ</i>	8	2		6
<b>Всього годин</b>	<b>120</b>	<b>36</b>		<b>84</b>

### **1. Самостійна робота студента/аспіранта**

*Силабус навчальної дисципліни «Основи метрології у прикладній фізиці» розроблено на основі гнучкого підходу до формування навчальних завдань та видів діяльності, які потрібні студентам для досягнення запланованих результатів навчання з подальшим проектуванням навчального досвіду таким чином, щоб максимально підвищити ефективність навчання студентів в подальшому.*

*Силабус побудований таким чином, щоб поєднувати принцип, у якому для виконання кожного наступного завдання студентам необхідно застосовувати навички та знання, отримані у попередньому – у першому розділі курсу, та досить незалежні теми у другому розділі курсу, які у сукупності формують сучасні уявлення про фізичні принципи роботи унікальних фізичних приладів – еталонів основних одиниць фізичних величин, які базуються на вищих досягненнях фізичної наук, у тому числі відзначеними нобелівськими преміями. При цьому особлива увага приділяється принципу заохочення студентів до активного навчання, у відповідності до якого студенти мають виконувати практичні завдання, які дозволять в подальшому вирішувати реальні проблеми та завдання у професійному житті.*

*Під час навчання застосовуються:*

- стратегії активного і колективного навчання;*
- особистісно-орієнтовані розвиваючі технології, засновані на активних формах і методах навчання (командна робота (team-based learning), самостійної роботи та самостійного вивчення окремих тем, що використовуються для виконання нормативної частини дисципліни.*

*Самостійна робота включає в себе підготовку до занять, та написання реферату.*



Приклади завдань, які готуються у формі короткого реферату та доповідаються перед студентською аудиторією, наведені нижче:

№ п/п	Тема реферату
1.	Нові означення основних одиниць СІ на основі фундаментальних фізичних констант.
2.	Національний науковий центр «Інститут метрології» (Харків): головний метрологічний центр України. Історія, сучасний науковий і технічний потенціал, державні еталони одиниць фізичних величин.
3.	Національний інститут стандартів і технологій (США): характеристика, історія, наукові програми, Нобелівські премії вчених NIST.
4.	Експериментальне визначення розміру метра як 1/10 000 000 довжини чверті дуги Паризького меридіану: історія
5.	Метрологія довжини: вимірювання відстаней на астрономічних масштабах. Історія визначення відстані від Землі до інших тіл сонячної системи.;
6.	Метрологія довжини: вимірювання відстаней у наносвіті. Інтерферометри, атомні мікроскопи
7.	Метрологія довжини: детектування над малих переміщень. Прилади для детектування над малих переміщень. Ілюстрація на прикладі системи детектування гравітаційних хвиль LIGO
8.	Земля як еталон одиниці часу: характеристики обертання Землі, причини змін періоду її обертання на основі сучасних уявлень
9.	Космічні еталони часу і частоти: пульсари, білі карлики
10.	Метрологія часу: Світовий час. Історія обчислення часу, шкали часу.
11.	Метрологія часу: Календар. Високосні роки. Вимірювання великих проміжків часу. Радіоізотопний метод.
12.	Годинники: від хронометра Гаррісона до атомного годинника
13.	Національний еталон часу і частоти України Національного наукового центру «Інститут метрології»
14.	Системи GPS та ГЛОНАСС, роль еталонів часу і частоти у створенні навігаційних систем.
15.	Сучасні принципи вимірювання оптичних частот, «частотний гребінь», фемтосекундний лазер та його роль у метрології
16.	Історія метра. Еталони метра від XVIII до XXI століття.
17.	Лазери у метрології. Єдиний еталон часу, частоти і довжини.
18.	Холодні та ультрахолодні атоми. Сучасні еталони на основі холодних атомів та іонів.
19.	Гравіметри – прилади для вимірювання прискорення вільного падіння. Лазерні гравіметри. Гравіметр на основі атомного інтерферометра.
20.	LIGO – лазерний детектор гравітаційних хвиль
21.	Міжнародна практична температурна шкала. Історія та фізичні основи.
22.	Електричний опір: еталони, від платинового еталона до квантового ефекту Холла
23.	Метрологія маси. Як пропонується відтворювати кілограм на нових принципах.
24.	Метрологія маси. Прототип кілограма. Історія створення. Чому існуючий прототип кілограма недосконалий

25	Метрологія маси. Точні ваги для порівнянь еталонів маси.
26	Метрологія електричних величин. Ват-ваги, принципи роботи та параметри
27	Графен: новий матеріал та його перспективи для метрології

## 6. Політика та контроль

### 2. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Семестрова атестація студентів

Обов'язкова умова допуску до заліку		Критерій
1	Поточний рейтинг	
2	Виконання контрольної роботи	$7 \leq RD$

**Необов'язкові умови допуску до заліку:**

- Активність на заняттях.
- Позитивний результат першої та другої атестації.
- Відвідування лекційних занять.

**Таблиця переведення рейтингових балів до оцінок за університетською шкалою<sup>1</sup>**

Рейтингові бали, RD	Оцінка за університетською шкалою	Можливість отримання оцінки «автоматом»
$95 \leq RD \leq 100$	Відмінно	+
$85 \leq RD \leq 94$	Дуже добре	+
$75 \leq RD \leq 84$	Добре	+
$65 \leq RD \leq 74$	Задовільно	+
$60 \leq RD \leq 64$	Достатньо	+
$RD < 60$	Незадовільно	-
Невиконання умов допуску	Не допущено	-

### Співбесіда

На останньому за розкладом занятті викладач проводить семестрову атестацію у вигляді співбесіди зі студентами, які не змогли отримати за рейтингом позитивну оцінку, але були допущені до семестрової атестації.

Студенти, які набрали протягом семестру менше ніж 24 бали ( $RD < 24$ ), зобов'язані проходити співбесіду. У цьому разі рейтингова оцінка складається з результатів, отриманих на протязі семестру, та результатів співбесіди.

<sup>1</sup> Оцінювання результатів навчання здійснюється за рейтинговою системою оцінювання відповідно до рекомендацій Методичної ради КПІ ім. Ігоря Сікорського, ухвалених протоколом №7 від 29.03.2018 року.

Студенти, які протягом семестру отримали більш ніж 24 бали, можуть пройти співбесіду з метою підвищення оцінки. Якщо результати співбесіди є позитивними, студент отримує оцінку за результатами співбесіди. Якщо результати співбесіди є негативними або нижчими за бажаний рівень знань для оцінки, на яку студент претендує, студент отримує оцінку згідно зі своїм рейтингом.

#### **Порушення термінів виконання завдань та заохочувальні бали**

Заохочувальні бали		Штрафні бали	
Критерій	Ваговий бал	Критерій	Ваговий бал
Участь у конференціях за профілем спеціальності, виконання творчих завдань	1-5 балів		
Проектна робота (можлива в групах)	до 30 балів		
Презентації за окремими питаннями	1-5 балів		

#### **Відвідування занять**

Відвідування лекцій та практичних занять, а також відсутність на них, не оцінюється. Однак студентам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для успішного виконання практичних робіт та здачі заліку. Система оцінювання орієнтована на отримання балів за активність студента, а також виконання завдань, які здатні розвинути його практичні уміння та навички. Відсутність на заняттях позбавляє можливості отримати балів за активність, що впливає на підсумкову оцінку.

#### **Пропущені контрольні заходи**

Результат модульної контрольної роботи для студента(-ки), який не з'явився на контрольний захід, є нульовим. У такому разі, студент(-ка) має можливість написати модульну контрольну роботу, при наявності відповідного документу щодо поважної причини відсутності на модульній контрольній роботі. Повторне написання модульної контрольної роботи не допускається.

#### **Календарний рубіжний контроль**

Проміжна атестація студентів (далі – атестація) є календарним рубіжним контролем. Метою проведення атестації є підвищення якості навчання студентів та моніторинг виконання графіка освітнього процесу студентами<sup>2</sup>.

Критерій	Перша атестація	Друга атестація
Термін атестації <sup>3</sup>	8-ий тиждень	14-ий тиждень

<sup>2</sup> Рейтингові системи оцінювання результатів навчання: Рекомендації до розроблення і застосування. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 20 с.

<sup>3</sup> Там само.

Умови отримання атестації	Поточний рейтинг <sup>4</sup>		≥ 13 балів	≥ 30 балів
	Поточний контрольний захід	Контрольна робота 1	+	
	Поточний контрольний захід	Реферат на обрану тему		+

### **Академічна доброчесність**

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>.

### **Норми етичної поведінки**

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>.

### **Процедура оскарження результатів контрольних заходів**

Студенти мають можливість підняти будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто згідно із наперед визначеними процедурами.

Студенти мають право оскаржити результати контрольних заходів, але обов'язково аргументовано, пояснивши з яким критерієм не погоджуються відповідно до оціночного листа та/або зауважень.

### **Інклюзивне навчання**

Навчальна дисципліна «Основи метрології у прикладній фізиці» може викладатися для більшості студентів з особливими освітніми потребами, окрім студентів з серйозними вадами зору, які не дозволяють виконувати завдання за допомогою персональних комп'ютерів, ноутбуків та/або інших технічних засобів.

### **Навчання іноземною мовою**

Враховуючи специфіку навчальної дисципліни, деякі поняття та навчальний матеріал можуть вивчатися англійською мовою (фрагментарно). При викладанні курсу всі основні терміни метрології подаються як державною мовою, так і англійською мовою. Також у процесі викладання навчальної дисципліни можуть використовуватись відеоматеріали англійською мовою.

## **3. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)**

Вказуються всі види контролю та бали за кожен елемент контролю.

Поточний контроль: експрес-опитування, опитування за темою заняття, МКР, тест.

<sup>4</sup> Там само.

*Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силябусу.*

*Семестровий контроль: залік*

*Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, що отримуються за модульну контрольну роботу, підготовлену та зроблену доповідь по реферату та активність на лекційних заняттях.*

*Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання:*

*Виконання контрольної роботи*

- *повне виконання завдань без помилок – 20 балів ;*
- *неправильно виконане одне завдання у пунктах 1 -3 – мінус 2 бали;*
- *неправильно виконані завдання пунктів 4-5 – мінус 5 балів за кожний пункт*
- *при загальній оцінці менше 8 балів контрольна робота вважається не виконаною*

*Написання реферату на обрану тему, підготовка презентації та виступ перед аудиторією :*

- *виконання завдання у відповідності до оголошених вимог (змісту реферату, його оформлення, наданні презентації, доповідь та відповіді на питання) – до 26 балів*
- *неналежне виконання або відсутність одної із згаданих складових – мінус 4 бали*
- *Ненадання оформленого і надрукованого реферату, не зроблена доповідь є підставою вважати, що завдання не виконане*

*Нарахування балів за активність на лекціях*

- *Бали за активність надаються присутнім на заняттях студентам за результатами експрес-опитувань по завершенню кожного заняття - до 3 балів*

*Для отримання студентом відповідної семестрової оцінки його рейтинг має бути:*

<i>Рейтингові бали</i>	<i>Визначення</i>	<i>Традиційна оцінка</i>	
<i>95...100</i>	<i>Відмінно</i>	<i>Відмінно</i>	
<i>85...94</i>	<i>Дуже добре</i>	<i>Добре</i>	
<i>75...84</i>	<i>Добре</i>		
<i>65...74</i>	<i>Задовільно</i>	<i>Задовільно</i>	
<i>60...64</i>	<i>Достатньо</i>		
<i>50...59</i>	<i>Незадовільно</i>		
<i>менше 50</i>	<i>Не допущено (потрібна додаткова робота)</i>		

*Необхідною умовою допуску до заліку є: зарахування контрольної роботи та реферату, а також попередній рейтинг не менше 40% від максимально можливого попереднього*

рейтингу –  $60 \cdot 0,4 = 24$  бали.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

**7. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)**

- Приклади завдань на контрольну роботу, міститься в додатку до силабусу);

**Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

**Складено** доцент кафедри, д.т.н., с.н.с., Негрійко Анатолій Михайлович

**Ухвалено** кафедрою ФЕС (протокол № 2 від 04.09.2020)

**Затверджено** Вченою радою ФТІ (протокол № 7/1 від 07.09.2020)



Зразок тексту модульної контрольної роботи:

**Завдання на модульну контрольну роботу 2021 р.**

**1. Записати з використанням префіксів одиниць СІ:**

$10^{-5}$ кг		$3 \cdot 10^5$ м	
$2 \cdot 10^{-13}$ м		$10^{13}$ Дж	
$4 \cdot 10^{-21}$ Н		$3 \cdot 10^9$ В	
$2 \cdot 10^{-12}$ А		$5 \cdot 10^{15}$ Вт	
$3 \cdot 10^{-17}$ с		$12 \cdot 10^8$ Гц	
$7 \cdot 10^{-5}$ К		$6 \cdot 10^{23}$ г	
$10^{-8}$ В		$3 \cdot 10^{18}$ А	

**2. Вибрати тільки вирази, які записані з порушенням правил і подати їх у правильному написанні:**

1 м; 1 с.; 2 м/с<sup>2</sup>; 4 кг/м/с<sup>2</sup>; 1 нано-джоуль; 1 кілопаскаль;  
9 Вольт; 1 ампер; 7 Тл; 2 ком; 3 кПа; 12 °С; 0° С; -5°С; 18 м 42 см; 6,425 кг.

**3. Переписати результати вимірювання у найбільш наглядній формі з потрібним числом значущих цифр у результаті та похибці:**

- виміряна висота =  $8,31785112 \pm 0,04329$  м;
- виміряний час =  $71,7421 \pm 1,274$  с;
- виміряна електрична напруга =  $5,24 \cdot 10^{-19} \pm 4,65 \cdot 10^{-21}$  В;
- виміряна довжина хвилі =  $0,000\ 000\ 633\ 278 \pm 0,000\ 000\ 015\ 123$  м;
- виміряний імпульс =  $7,321 \pm 30$  г·см/с

**4. Експериментальне завдання 1: перевірка відповідності нормальному розподілу.**

За допомогою секундоміра (стандартна програма смартфона) відміряти проміжок часу 5 с (після команди «пуск» зупинити секундомір максимально близько до часу 5 секунд). Повторити десять разів. Розрахувати середнє значення отриманого проміжку часу  $\Delta T$  та середньоквадратичне відхилення результату.

Повторити вимірювання 10 разів. Визначити відсоток результатів, що потрапляють у інтервал  $\Delta T \pm \sigma$ ,  $\Delta T \pm 2\sigma$ ,  $\Delta T \pm 3\sigma$ .

**5. Експериментальне завдання 2:**

За допомогою секундоміра (стандартна програма смартфона) виміряти час  $T$  від команди «пуск» секундоміра до появи на екрані смартфона цифри «5».

Вимірювання повторити десять разів. Температура в аудиторії +18 °С.

Використовуючи отримані дані:

1. Розрахувати середнє значення часу  $T$
2. Розрахувати стандартну невизначеність середнього часу  $T$ .

Для секундоміра прийняти межі допустимого відхилення вимірювання часу  $\pm (9,6 \cdot 10^{-6} \cdot T_x + 0,01)$  с, та вплив зміни температури оточуючого середовища на  $(-2,2 \cdot 10^{-6} \cdot T_x)$  с при відхиленні температури на  $1^\circ\text{C}$  від  $20^\circ\text{C}$ .

3. Вважаючи, що  $T = 5 + \Delta$ , де  $\Delta$  – час реакції оператора, розрахувати час Вашої реакції, сумарну та розширену невизначеність часу реакції ( $k = 2$ ).

**Примітка: завдання 4 і 5 можуть виконуватися у складі команд по 3-5 студентів з розподілом обов'язків між членами команди**