

# МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна  
Факультет радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем

## «МЕТРОЛОГІЯ»

СПЕЦІАЛЬНІСТЬ «153 – МІКРО- ТА НАНОСИСТЕМНА ТЕХНІКА»  
ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНА ПРОГРАМА «РАДІОФІЗИКА»  
РІВЕНЬ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»

**ДЕГТЯРЬОВ АНДРІЙ ВІКТОРОВИЧ**

кандидат фіз.-мат. наук, доцент кафедри «Квантова радіофізика»

[a.v.degtyarev@karazin.ua](mailto:a.v.degtyarev@karazin.ua) +38(066)791 90 15

## Опис навчальної дисципліни:

Кількість кредитів – 3
Загальна кількість годин – 90
Лекції – 32 години
Лабораторні роботи – 16 годин
Самостійна робота – 42 години
Форма перевірки знань – залік

Мета викладання навчальної дисципліни полягає в освоєнні студентами основних науково-практичних знань в галузі метрології та радіовимірювань

Основними завданнями вивчення дисципліни є засвоєння студентами системи одиниць фізичних величин і їх одиниць виміру, методів і засобів вимірювань, основ математичної обробки результатів експерименту і розрахунку, ознайомлення з системою забезпечення єдності вимірювань

# Список літератури

## Основна література:

1. Щиголев В.М. Математическая обработка наблюдений. – М.: Физматгиз, 1969. – 344 с.
2. Боровков А.А. Теория вероятностей. – М.: Либроком, 2009. – 656 с.
3. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория вероятностей. – М.: Наука, 1973. – 366 с.
4. Захаров И.П., Кукуш В.Д. Теория неопределенности в измерениях. – Харьков: Консум. 2002. – 256 с.
5. Сергеев А.Г. Метрология. – М.: Логос, 2011. – 384 с.
6. Баврин И.И., Матросов В.Л. Краткий курс теории вероятностей и математическая статистика. – М.: Прометей, 1989. – 136 с.

## Допоміжна література :

7. Кочетков П.А. Краткий курс теории вероятностей и математической статистики. – М.: МГИУ, 1999. – 51 с.
8. Колмогоров А.Н. Основные понятия теории вероятностей. – М, 1974. – 120 с.
9. Бурдун Г.Д. Основы метрологии. – М.: Стандартгиз, 1991. – 492 с.
10. Новицкий П.В., Зограф И.А. Оценка погрешностей результатов измерений. – Л.: Энергоатомиздат, 1985. – 248 с.

# Лекція №1

## Метрологія – наука про вимірювання



*Наука починається з тих пір,  
як починають вимірювати.  
Точна наука немислима  
без міри.  
Менделєєв Д.І.*

**“μέτρον” – міра**  
**“λόγος” – наука**

**Вимірювання** – це знаходження значення фізичної величини дослідним шляхом за допомогою спеціальних технічних засобів.

Галуззю науки, що вивчає вимірювання, є **метрологія**.



**Метрологія в її сучасному розумінні – наука про вимірювання, методи, засоби забезпечення їх єдинства та способи досягнення необхідної точності.**

Єдинство вимірювань – такий стан вимірювань, за якого їх результати виражені в узаконених одиницях і похибки вимірювань відомі з заданою ймовірністю. Єдинство вимірювань необхідно для того, щоб можна було порівняти результати вимірювань, виконаних в різних місцях, в різний час, з використанням різних методів і засобів вимірювань.

Точність вимірювань характеризується близькістю їх результатів до істинного значення вимірюваної величини.

# Класифікація та основні характеристики вимірювань

За характером залежності вимірюваної величини від часу вимірювання поділяються на:

- статичні, при яких вимірювана величина залишається постійною у часі



- динамічні, в процесі яких вимірювана величина змінюється і не є постійною в часі



# Класифікація та основні характеристики вимірювань

За способом отримання результатів вимірювань їх поділяють на:  
*прямі, непрямі, сукупні і сумісні.*

- прямі – це вимірювання, при яких шукане значення фізичної величини знаходять безпосередньо з дослідних даних



- непрямі – це вимірювання, числове значення величини відшукують не безпосередньо, а на основі вимірювання інших величин, пов'язаних з вимірюваною величиною відомою математичною залежністю



$$R = \frac{U}{I}$$

$$\rho = RS/l$$

$$V = a \cdot b \cdot c$$

# Класифікація та основні характеристики вимірювань

По способу получения результатов измерений их разделяют на:  
*прямые, косвенные, совокупные и совместные.*

- сукупні – це проведені одночасно вимірювання кількох однойменних величин, при яких шукану визначають рішенням системи рівнянь, одержуваних при прямих вимірах різних сполучень цих величин



- сумісні – це проведені одночасно вимірювання двох або декількох неоднойменних величин для знаходження залежностей між ними

$$R_t = R_{20} \left[ 1 + \alpha(t - 20) + \beta(t - 20)^2 \right]$$

$$\begin{cases} R_{t1} = R_{20} \left[ 1 + \alpha(t_1 - 20) + \beta(t_1 - 20)^2 \right] \\ R_{t2} = R_{20} \left[ 1 + \alpha(t_2 - 20) + \beta(t_2 - 20)^2 \right] \\ R_{t3} = R_{20} \left[ 1 + \alpha(t_3 - 20) + \beta(t_3 - 20)^2 \right] \end{cases}$$



# Класифікація та основні характеристики вимірювань

За умовами, що визначає точність результату, вимірювання поділяються на три класи :

- *Вимірювання максимально можливої точності*, досяжної при існуючому рівні техніки. До них відносяться в першу чергу еталонні вимірювання, пов'язані з максимально можливою точністю відтворення встановлених одиниць фізичних величин, і, крім того, вимірювання фізичних констант, перш за все універсальних (наприклад абсолютного значення прискорення вільного падіння та інш).
- *Контрольно-повірочні вимірювання*, похибка яких з певною ймовірністю не повинна перевищувати деякого заданого значення. До них відносяться вимірювання, що виконуються лабораторіями державного нагляду за впровадженням і дотриманням стандартів та станом вимірювальної техніки і заводськими вимірювальними лабораторіями, які гарантують погрішність результату з певною ймовірністю, що не перевищує деякого, заздалегідь заданого значення.
- *Технічні вимірювання*, в яких похибка результату визначається характеристиками засобів вимірювань. Прикладами технічних вимірювань є вимірювання, що виконуються в лабораторіях, в процесі виробництва на машинобудівних підприємствах, на щитах розподільних пристроїв електричних станцій, тощо.

# Класифікація та основні характеристики вимірювань

За способом вираження результатів вимірювань розрізняють *абсолютні* та *відносні* вимірювання.

- абсолютними називаються вимірювання, які базуються на прямих вимірюваннях однієї або декількох основних величин або на використанні значень фізичних констант

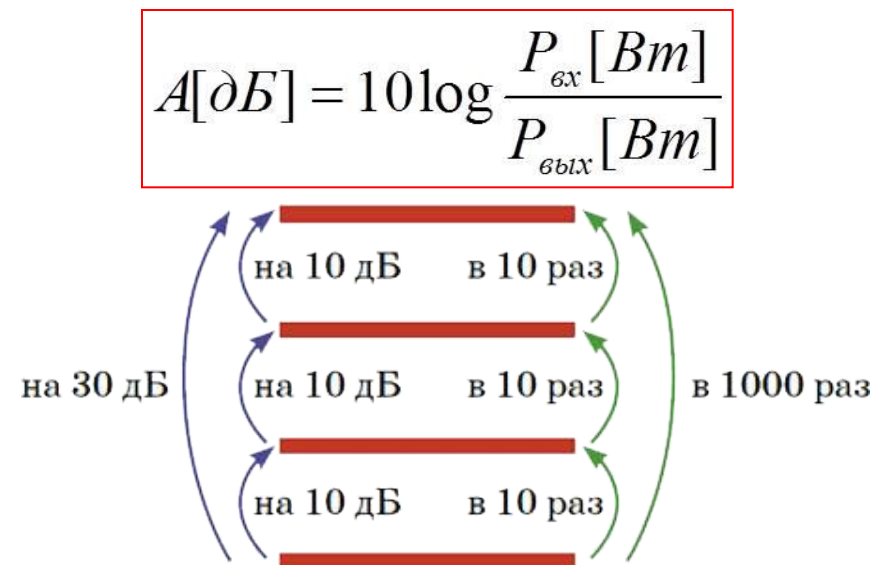
прискорення вільного падіння

знаходиться за формулою

$$g = G \cdot \frac{M_{\text{планети}}}{(R_{\text{планети}})^2}$$

де  $G \approx 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^2/\text{с}^2 \cdot \text{кг}$   
підставляючи в цю формулу масу і радіус планети знаходять прискорення на них.

- відносними називаються вимірювання відношення величини до однойменної величини, що відіграє роль одиниці, або вимірювання величини по відношенню до однойменної величини, прийнятої за початкову



# Класифікація та основні характеристики вимірювань

Основними характеристиками вимірювань є: принцип вимірювань, метод вимірювань, похибка, точність, правильність і достовірність

- Принцип вимірювань – фізичне явище або сукупність фізичних явищ, покладених у основу вимірювань.
- Метод вимірювань – сукупність прийомів використання принципів і засобів вимірювань.
- Похибка вимірювань – різниця між отриманим при вимірюванні і істинним значеннями вимірюваної величини.
- Точність вимірювань – це характеристика вимірювань, що відображає близькість їх результатів до істинного значення вимірюваної величини.
- Правильність вимірювання визначається як якість вимірювання, що відображає близькість до нуля систематичних похибок результатів.
- Достовірність характеризує довіру до результатів вимірювань і ділить їх на дві категорії: достовірні і недостовірні, в залежності від того, відомі або невідомі ймовірні характеристики їх відхилень від дійсних значень відповідних величин.

## Фізичні величини та одиниці

- У 1960 р XI Генеральна конференція з мір та ваг, в якій брали участь видатні вчені багатьох країн, прийняла резолюцію про встановлення Міжнародної системи одиниць - СІ (читається «ес-і» від перших літер слів «система інтернаціональна»).

У якості основних одиниць були обрані наступні:

**метр** - одиниця довжини, **кілограм** - одиниця маси, **секунда** - одиниця часу, **кельвін** - одиниця температури, **ампер** - одиниця сили струму, **кандела** - одиниця сили світла.

- У 1971 р була введена ще одна одиниця - **моль** - одиниця кількості речовини.

В даний час СІ прийнята в якості основної системи одиниць більшістю країн світу і майже завжди використовується в області техніки, навіть в тих країнах, в яких у повсякденному житті використовуються традиційні одиниці.

# Фізичні величини та одиниці

## Основні одиниці СІ

Найменування одиниці	Позначення		Вимірювана величина
	міжнародне	українське	
Кілограм	kg	кг	Маса
Метр	m	м	Довжина
Секунда	s	с	Час
Ампер	A	А	Сила електричного струму
Кельвін	K	К	Термодинамічна температура
Моль	mol	моль	Кількість речовини
Кандела	cd	кд	Сила світла

В рамках СІ вважається, що ці одиниці мають незалежну розмірність, тобто жодна з основних одиниць не може бути отримана з інших.

# Фізичні величини та одиниці

## Переваги системи СІ:

- універсальність - охоплення всіх областей науки і техніки;
- уніфікація одиниць для всіх областей і видів вимірювань (механічних, теплових, електричних, магнітних і т. д.);
- когерентність одиниць - все похідні одиниці СІ виходять з рівнянь зв'язку між величинами, в яких коефіцієнти дорівнюють одиниці;
- можливість відтворення одиниць з високою точністю відповідно до їх визначень;
- єдина система утворення кратних і часткових одиниць, що мають власні назви.

## Недоліки системи СІ:

- в системі СІ напруженість і індукція (по суті - різні компоненти тензора електромагнітного поля) мають різну розмірність, тому виникають так звані електрична і магнітна проникності вакууму, що позбавлене фізичного сенсу!

*"В цьому відношенні система СІ не більш логічна, ніж, скажімо, система, в якій довжина, ширина і висота предмета вимірюються не тільки різними одиницями, а й мають різні розмірності."*

*Д. В. Сивухін*

Через цей недолік у більшості наукових робіт з електродинаміки використовується система одиниць СГС.

# Фізичні величини та одиниці

Система СГС (сантиметр-грам-секунда) - система одиниць вимірювання, яка широко використовувалася до прийняття міжнародної системи одиниць (СІ).

## Основні одиниці СГС

Найменування одиниці	Позначення		Вимірювана величина
	міжнародне	українське	
Сантиметр	cm	см	Довжина
Грам	g	г	Маса
Секунда	s	с	Час

### Закон Кулона

В системі СІ:

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{\epsilon \cdot r^2}$$

В системі СГС:

$$F = \frac{q_1 q_2}{\epsilon \cdot r^2}$$