**ЛЕКЦІЯ 5**

**ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАННЯ ФІЗИЧНИХ ВЕЛИЧИН**

В основі фізичної науки лежить експеримент, який завжди був і є критерієм справедливості будь-яких теоретичних положень. Необхідність викладеного в даній лекції матеріалу визначається тим, що завдання будь-якого вимірювання полягає не тільки в найбільш точному встановленні значення величини, що вимірюється, але і в обов'язковій оцінці меж можливих похибок вимірювання.

**5.1. Вимірювання фізичних величин, похибки вимірювань**

Фізичною величиною *X* називається загальна в якісному, але різна в кількісному відношенні характеристика системи або об'єкта. Вимірювання фізичної величини – це експериментальний процес, в результаті якого ми визначаємо, у скільки разів дана величина відрізняється від однорідної, умовно прийнятої за одиницю вимірювання.

Зазначимо, що відлік за шкалою приладу і значення величини, яка вимірюється, не одне й те саме. Процес вимірювання має сенс, якщо між ними існує певний зв'язок. Наявність такого зв'язку характеризується рівнянням вимірювання, яке кількісно описує процес вимірювання. У разі порівняно простих експериментів вимірювання можна розділити на кілька груп, з яких виділимо дві: ***прямі та непрямі вимірювання***.

Вимірювання називаються ***прямими***, якщо рівняння має вигляд

*X = Cx*,

де *x* - відлік по вимірювальному пристрою в поділках шкали або кількісна характеристика якої-небудь властивості еталонного речовини (наприклад, маса гирі); *C* - ціна поділки шкали, перевідний коефіцієнт від одиниці вимірювання заданої властивості еталонної речовини до одиниці вимірювання шуканої величини; *X* - результат прямого вимірювання, тобто значення вимірюваної величини в прийнятих для неї одиницях. Таким чином, ***при прямому вимірюванні величина визначається безпосередньо***, тобто прямо, порівнюється з одиницею вимірювання (наприклад, визначення довжин тіл, їх маси, проміжків часу між подіями тощо).

При ***непрямому (побічному)*** вимірюванні шукане значення величини знаходиться за допомогою функціональної залежності від інших величин, знайдених за допомогою прямих вимірювань. Рівняння вимірювання в цьому випадку має вигляд

*Y =f* (*X*1*, X*2*,…,X*n)*,*

де аргументи *X*1*, X*2*,…, X*n - результати вимірювань заданої функціональної залежності, а *Y* - значення вимірюваної величини в прийнятих для неї одиницях вимірювання.

Виділяють три класи вимірювань: еталонні, контрольно-перевірочні та технічні. Еталонні вимірювання визначають фізичні константи (швидкість світла, заряд електрона і тощо), контрольно-перевірочні вимірювання визначають похибки засобів вимірювань за допомогою еталонних приладів. І, нарешті, технічними називаються вимірювання, які проводяться за заздалегідь розробленою методикою за допомогою приладів з відомими похибками. У лабораторіях, де проводяться лабораторні роботи, необхідно стежити за тим, щоб точність використовуваних приладів дозволяла забезпечити бажану точність результату.

Нехай *x*іст буде істинним значенням вимірюваної величини X. В силу цілого ряду причин ніколи *X* ≠ *x*іст, тобто будь-яке вимірювання завжди здійснюється з якоюсь похибкою. ***Похибкою вимірювання називається відхилення результату вимірювання від істинного значення***. Існують ***абсолютні і відносні похибки***. ***Абсолютна похибка Δx є різницею між виміряним xвим і істинним xіст значеннями величини, що визначається:   
Δx = x - x0***. Відносна похибка *ε* - відношення абсолютної похибки до дійсного значення вимірюваної величини, виражається або в відносних одиницях:0

Таким чином, істинне значення величини може бути записане у вигляді:

*хіст..= xвим..*± *Δx*. (5.1)

**5.2. Класифікація похибок вимірювань**

Усі похибки поділяються на три класи: ***систематичні***, ***випадкові і промахи.***

***Систематичною*** похибкою називається така похибка, яка залишається сталою або яка закономірно змінюється при багаторазових вимірюваннях однієї і тієї ж величини. Такі похибки характеризуються сталістю знака і можуть або збільшувати, або зменшувати результати вимірювань.

***Випадковою*** похибкою називається похибка, виникнення якої не можна передбачити, а, значить, і усунути її. Внаслідок цього такі похибки можуть впливати на окремі вимірювання. Проте при багаторазових вимірюваннях вони підлягають статистичним закономірностям і тому їх вплив на результати вимірювань можна в деякій мірі врахувати або значно зменшити. Аналіз випадкових похибок базується на теорії випадкових похибок, яка дає можливість з певною гарантією обчислити дійсне значення виміряної величини та оцінити можливі похибки. Основу теорії випадкових помилок складають такі припущення:

* при великій кількості вимірів випадкові похибки однакової величини, але різного знаку зустрічаються однаково часто;
* більші похибки зустрічаються рідше, ніж малі (випадковість появи похибки зменшується зі зростанням її величини);
* при нескінченно великому числі вимірів істинне значення вимірюваної величини дорівнює середньоарифметичному значенню всіх результатів вимірів, а поява того чи іншого результату вимірів як випадкової події

***Промахом*** називається значна похибка, яка призводить до явних спотворень результатів вимірювань. Такі похибки при вимірюваннях необхідно просто відкидати.

Надалі будемо вважати систематичні похибки і промахи усунутими і розглядатимемо тільки випадкові похибки.

**5.3. Середнє значення величини, що вимірюється**

Нехай виконано *N* вимірювань фізичної величини, істинне значення якої дорівнює *a*. В результаті отримаємо ряд наближених значень *a*1, *a*2, …, *a*N . Позначимо через *α*1*, α*2*,* …, *α*N істинні абсолютні похибки окремих вимірювань. Тоді

*а =a*1 ± *α*1; *a = a*2 ± *α*2; …, *a =a*N ± *α*N.

# При виконанні почленного додавання маємо

## *Na* = (*a*1 *+ a*2 *+…+ a*N)±(*α*1 *+ α*2 *+…+ α*N)*.*

# З останнього рівняння випливає, що

. (5.2)

Величина  називається середнім арифметичним окремих вимірювань.

Тоді істинне значення величини, що вимірюється, може бути записане:

, (5.3)

де величина  називається істинною абсолютною похибкою.

При , а значить , оскільки при значній кількості вимірювань ймовірність помилитися на ту ж саму величину у менший чи більший бік є однаковою.

**5.3. Похибка прямих вимірювань**

#### 5.3.1.Абсолютна похибка

Нехай в результаті вимірювання фізичної величини *b* отримано ряд значень:

*b*1, *b*2, …, *b*N.

# Середнє значення цієї величини

 (5.4)

Абсолютні похибки окремих вимірювань дорівнюють модулю різниці середнього значення  і результатів окремих вимірювань:

.

Величина  називається середньою абсолютною похибкою вимірювань.

Часто обчислюють середню квадратичну абсолютну помилку так:

, (5.5)

або найбільш ймовірну помилку:

. (5.6)

Вони дозволяють при значній кількості вимірювань більш точно визначити межі, в яких лежить величина, що вимірюється.

Кінцевий результат вимірювань прийнято записувати у вигляді:

**.** (5.7)

**5.3.2. Відносна похибка**

Для повної характеристики вимірювань вводиться відносна похибка

, (5.8)

яка являє собою відношення середньої абсолютної похибки  до середнього значення величини . Вона показує, яку частину величини, що вимірюється, складає середня абсолютна похибка і є величиною безрозмірною. Звичайно  виражається у відсотках:

. (5.9)