

Урок 02 Методи наукового пізнання. Фізичні величини та їх вимірювання. Невизначеності вимірювань

Мета уроку:

Навчальна. Дати учням уявлення про методи наукового пізнання; повторити матеріал про вимірювання та фізичні величини; наголосити про необхідність використання Міжнародної системи одиниць СІ; ознайомити учнів з поняттям «похибка вимірювань».

Розвивальна. Розвивати логічне та алгоритмічне мислення.

Виховна. Виховувати культуру наукового мислення та впевненість у своїх здібностях та знаннях.

Тип уроку: урок засвоєння нових знань.

Наочність і обладнання: навчальна презентація, комп'ютер, підручник.

Хід уроку

I. ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ ЕТАП

1. Провести бесіду за матеріалом § 1

Бесіда за питаннями

1. Які етапи розвитку пройшла фізика як наука?
 2. Які ідеї розвивалися на кожному з етапів?
 3. Якими проблемами опікується сучасна фізика?
 4. Назвіть імена відомих вам учених-фізиків.
 5. У якій галузі фізики вони працювали?
 6. Відкриття в яких областях фізики дозволили створити побутові пристрої?
- Наведіть приклади.*

2. Перевірити виконання вправи № 1: завдання 1 – 5 – усно.

II. АКТУАЛІЗАЦІЯ ОПОРНИХ ЗНАНЬ ТА ВМІНЬ

Кожен із вас щоденно досліджує навколишній світ і одержує нові знання.

Як отримують нові знання вчені?

Як проводять наукові дослідження вчені?

Із чого починається дослідницька робота вчених?

III. ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

1. Фізичне дослідження та його методи

Спостереження – це сприйняття природи з метою одержання первинних даних для подальшого аналізу.

Проблемні питання

- Чи завжди спостереження ведуть до правильного висновку?
- Що роблять учені, щоб спростувати або довести власні висновки?

Фізичне дослідження – це цілеспрямоване вивчення явищ і властивостей природи засобами фізики.

Методи фізичних досліджень:

1) **Експериментальний метод.** Експеримент – дослідження фізичного явища в умовах, які перебувають під контролем ученого.

2) **Теоретичний метод.** Аналіз отриманих у результаті експериментів даних, формулювання законів природи, пояснення певних явищ і властивостей на основі цих законів, передбачення й теоретичне обґрунтування нових явищ і властивостей.

Проблемні питання

- Які спостереження, теоретичні й експериментальні дослідження ви могли б провести, щоб дослідити світіння звичайної лампи розжарення?

- Кочення скляної кулі – супроводжується механічними, тепловими, електромагнітними, оптичними явищами. Чи слід ураховувати всі ці явища, визначаючи, наприклад, час кочення кулі?

На кочення скляної кулі не впливають заломлення світла в кулі, зміна температури кулі, а також незначна деформація кулі. Тому під час дослідження кочення кулі можна враховувати тільки її масу, форму та розміри (створюють *фізичну модель* процесу кочення кулі)



Фізична модель – це уявний ідеалізований об'єкт, що має головні риси реального і дозволяє спростити аналіз явищ.

2. Вимірювання фізичних величин

Проблемне питання

- Які кількісні характеристики ми використовуємо описуючи рух автомобіля? (швидкість, прискорення, час руху, сила тяги, потужність)

Фізична величина – це кількісна міра певної властивості тіла, певного фізичного процесу або явища.

Проблемні питання

- Як ви вважаєте, наскільки часто люди виконують вимірювання?
- Що означає виміряти фізичну величину?

Виміряти фізичну величину – значить порівняти її з однорідною величиною, яку приймають за одиницю.

Види вимірювань:

Прямі – величину порівнюють із її одиницею (метром, секундою, кілограмом, ампером) за допомогою вимірювального приладу.

Непрямі – величину обчислюють за результатами прямих вимірювань інших величин, пов'язаних із вимірюваною величиною певною функціональною залежністю ($\rho = \frac{m}{V}$).

3. Міжнародна система одиниць СІ

У науці використовують одиниці фізичних величин, визначені Міжнародною системою одиниць СІ.

Основні одиниці СІ

Величина		Одиниця	
Назва	Позначення	Назва	Позначення
Маса	m	кілограм	кг
Довжина	l	метр	м
Час	t	секунда	с
Сила струму	I	ампер	А
Кількість речовини	ν	моль	моль
Температура	T	кельвін	К
Сила світла	I_v	кандела	кд

Проблемні питання

- Що використовують для зручності запису великих і малих значень фізичних величин?

Кратні одиниці є більшими за основні одиниці в 10, 100, 1000 і більше разів.

Частинні одиниці є меншими за основні одиниці в 10, 100, 1000 і більше разів.

4. Похибки вимірювань

Проблемні питання

- Як ви вважаєте, чи можливо здійснити вимірювання абсолютно точно?

Похибка (невизначеність) вимірювання – це відхилення значення виміряної величини від її істинного значення.

Абсолютна похибка вимірювання Δx – це модуль різниці між вимірним ($x_{\text{вим}}$) та істинним (x) значеннями вимірюваної величини.

$$\Delta x = |x_{\text{вим}} - x|$$

Префікси кратних і частинних одиниць

Префікс	Позначення	Множник
атто-	а	10^{-18}
фемто-	ф	10^{-15}
піко-	п	10^{-12}
нано-	н	10^{-9}
мікро-	мк	10^{-6}
мілі-	мл	10^{-3}
санті-	с	10^{-2}
кіло-	к	10^3
мега-	М	10^6
гіга-	Г	10^9
тера-	Т	10^{12}
пета-	п	10^{15}
екса-	е	10^{18}

Відносна похибка вимірювання ε_x – це відношення абсолютної похибки до вимірюваного значення вимірюваної величини.

$$\varepsilon_x = \frac{\Delta x}{x_{\text{вим}}} \quad \text{або} \quad \varepsilon_x = \frac{\Delta x}{x_{\text{вим}}} \cdot 100\%$$

Похибки в ході вимірювань фізичних величин бувають **випадкові** та **систематичні**.

Випадкові похибки пов'язані з процесом вимірювання.

Проблемні питання

- Як покращити результат вимірювання?

Вимірювання проводять кілька разів і визначають *середнє значення вимірюваної величини*:

$$x_{\text{вим}} = x_{\text{сер}} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_N}{N}$$

$x_1, x_2, \dots, x_N$ – результати кожного з N вимірювань.

Випадкова абсолютна похибка:

$$\Delta x_{\text{вип}} = \frac{|x_1 - x_{\text{вим}}| + |x_2 - x_{\text{вим}}| + \dots + |x_N - x_{\text{вим}}|}{N}$$

Якщо вимірювання проводилися *один раз*, то *випадкова похибка дорівнює половині ціни поділки шкали приладу*.

Систематичні похибки (похибки приладу) пов'язані насамперед із вибором приладу.

Абсолютні похибки деяких фізичних приладів		
Фізичний прилад	Ціна поділки шкали приладу	Абсолютна похибка приладу
Лінійка учнівська	1 мм	± 1 мм
Стрічка вимірювальна	0,5 см	$\pm 0,5$ см
Штангенциркуль	0,1 мм	$\pm 0,05$ мм
Циліндр вимірювальний	1 мл	± 1 мл
Секундомір	0,2 с	± 1 с за 30 хв
Динамометр навчальний	0,1 Н	$\pm 0,05$ Н
Термометр лабораторний	1 °C	± 1 °C
Амперметр шкільний	0,1 А	$\pm 0,05$ А
Вольтметр шкільний	0,2 В	$\pm 0,1$ В

Якщо ви користуєтесь іншими приладами, то вважайте, що похибка приладу дорівнює *половині ціни поділки шкали цього приладу*.

Абсолютна похибка прямого вимірювання (Δx) враховує як систематичну похибку, зумовлену приладом ($\Delta x_{\text{прил}}$), так і випадкову похибку ($\Delta x_{\text{вип}}$), зумовлену процесом вимірювання:

$$\Delta x = \Delta x_{\text{прил}} + \Delta x_{\text{вип}}$$

Проблемні питання

- Як визначити абсолютну та відносну похибки непрямих вимірювань?

Непряме вимірювання має два етапи:

1) методом прямих вимірювань знаходять значення певних величин, наприклад x, y ;

2) за відповідною формулою обчислюють шукану величину f .

Деякі формули для визначення відносної похибки	
Вид формули (функції)	Відносна похибка
$f = x + y$	$\varepsilon_f = \frac{\Delta x + \Delta y}{x + y}$
$f = x - y$	$\varepsilon_f = \frac{\Delta x + \Delta y}{x - y}$
$f = xy$	$\varepsilon_f = \varepsilon_x + \varepsilon_y$
$f = \frac{x}{y}$	
$f = x^n$	$\varepsilon_f = n\varepsilon_x$
$f = \sqrt[n]{x}$	$\varepsilon_f = \frac{1}{n}\varepsilon_x$

Абсолютну похибку визначають за відотною похибкою:

$$\Delta f = \varepsilon_f \cdot f_{\text{вим}}$$

Якщо експеримент проводять, щоб з'ясувати, чи справджується певна рівність (наприклад, $X = Y$), то відносну похибку експериментальної перевірки рівності $X = Y$ можна обчислити за формулою:

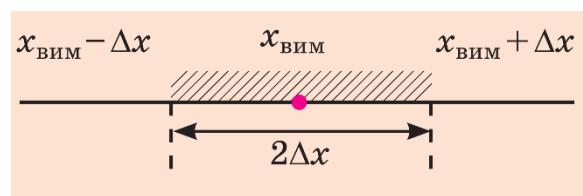
$$\varepsilon = \left| \frac{X}{Y} - 1 \right| \cdot 100\%$$

5. Результати вимірювання

Проблемні питання

- Як правильно записати результати вимірювання?

Абсолютну похибку Δx округлюють до однієї значущої цифри із завищенням, а



результат вимірювання $x_{\text{вим}}$ – до величини розряду, який залишився в абсолютній похибці після округлення.

$$x = x_{\text{вим}} \pm \Delta x$$

IV. ЗАКРІПЛЕННЯ НОВИХ ЗНАТЬ І ВМІНЬ

1. Щоб довести закон збереження механічної енергії, провели експеримент. Було отримано, що середня енергія системи тіл до взаємодії дорівнює 225 Дж, а після взаємодії – 243 Дж. Оцініть відносну похибку експерименту.

Дано:

$$E_1 = 225 \text{ Дж}$$

$$E_2 = 243 \text{ Дж}$$

$$\varepsilon = ?$$

Розв'язання

Відносну похибку обчислюємо за формулою:

$$\varepsilon = \left| \frac{E_2}{E_1} - 1 \right| \cdot 100\%$$

$$\varepsilon = \left| \frac{243 \text{ Дж}}{225 \text{ Дж}} - 1 \right| \cdot 100\% = 8\%$$

Відповідь: $\varepsilon = 8\%$.

2. Визначаючи діаметр дроту за допомогою штангенциркуля, вимірювання проводили чотири рази. Було одержано такі результати: $d_1 = 2,2 \text{ мм}$; $d_2 = 2,1 \text{ мм}$; $d_3 = 2,0 \text{ мм}$; $d_4 = 2,0 \text{ мм}$. 1) Обчисліть середнє значення діаметра дроту, випадкову похибку вимірювання, абсолютну та відносну похибки вимірювання. 2) Округліть одержані результати й запишіть результат вимірювання.

Дано:

$$d_1 = 2,2 \text{ мм}$$

$$d_2 = 2,1 \text{ мм}$$

$$d_3 = 2,0 \text{ мм}$$

$$d_4 = 2,0 \text{ мм}$$

$$N = 4$$

$$d_{\text{сер}} = ?$$

$$\Delta d_{\text{вип}} = ?$$

$$\Delta x = ?$$

$$\varepsilon = ?$$

Розв'язання

Середнє значення вимірювальної величини знаходимо як середнє арифметичне значення:

$$d_{\text{вим}} = d_{\text{сер}} = \frac{d_1 + d_2 + d_3 + d_4}{N}$$

де $N = 4$ (кількість дослідів)

$$d_{\text{вим}} = d_{\text{сер}} = \frac{2,2 + 2,1 + 2 + 2}{4} \approx 2,1 \text{ (мм)}$$

Випадкову похибку вимірювання обчислюємо за формулою:

$$\Delta d_{\text{вип}} = \frac{|d_1 - d_{\text{вим}}| + |d_2 - d_{\text{вим}}| + |d_3 - d_{\text{вим}}| + |d_4 - d_{\text{вим}}|}{N}$$

$$\Delta d_{\text{вип}} = \frac{|2,2 - 2,1| + |2,1 - 2,1| + |2 - 2,1| + |2 - 2,1|}{4} = \frac{0,1 + 0 + 0,1 + 0,1}{4} = \frac{0,3}{4} \approx 0,1$$

Абсолютну похибку вимірювання розраховуємо за формулою:

$$\Delta d = \Delta d_{\text{прил}} + \Delta d_{\text{вип}}$$

де $\Delta d_{\text{прил}} = \pm 0,05$ мм – табличне значення.

$$\Delta d = 0,05 + 0,1 = 0,15 \text{ (мм)}$$

Абсолютну похибку експерименту округлюють до однієї значущої цифри із завищенням, тому $\Delta d = 0,2$ мм.

Відносна похибка вимірювань – це відношення абсолютної похибки до середнього значення:

$$\varepsilon = \frac{\Delta d}{d_{\text{вим}}} \quad \varepsilon = \frac{0,2}{2,1} = 0,095, \text{ або } 9,5\%$$

Результат вимірювання записується так:

$$d = 2,1 \pm 0,2 \text{ мм.}$$

Відповідь: $d_{\text{сер}} = 2,2$ мм; $\Delta d_{\text{вип}} = 0,1$ мм; $\Delta d = 0,2$ мм;
 $\varepsilon = 9,5\%$; $d = 2,1 \pm 0,2$ мм.

V. ПІДБИТТЯ ПІДСУМКІВ УРОКУ

Бесіда за питаннями

1. Назвіть основні методи фізичних досліджень. Наведіть приклади.
2. Наведіть приклади фізичних моделей. Чому фізична модель – це ідеалізований об'єкт?
3. Назвіть основні одиниці СІ та величини, для вимірювання яких вони слугують.
4. Які види похибок вимірювань ви знаєте?
5. Як визначити випадкову похибку вимірювання?
6. Чим визначається абсолютна систематична похибка?
7. Що називають відносною похибкою вимірювання?
8. Як правильно округлити й записати результати вимірювань?

VI. ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ

Опрацювати § 2, Вправа № 2 (1 – 3)