

Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки
Кафедра метрології та інформаційно-виміральної техніки

ВСТУП ДО ФАХУ З МЕТРОЛОГІЇ

Лекція 5

Тема: **Одиниці фізичних величин**



Лекція 5

Тема: Одиниці фізичних величин

1. Міжнародні системи одиниць.
2. Основні та додаткові одиниці СІ.
3. Похідні одиниці СІ.
4. Розмірність фізичних величин.

1. Міжнародні системи одиниць

Наявність ряду систем одиниць вимірювання фізичних величин і велике число позасистемних одиниць, незручності, що виникають на практиці у зв'язку з перерахунками при переході від однієї системи до іншої, викликали необхідність створення єдиної універсальної системи одиниць, яка охоплювала б усі галузі науки і техніки та була б прийнята в міжнародному масштабі.

У 1948 т. На ІХ Генеральній конференції з мір та ваг надійшли пропозиції прийняти для міжнародних зносин єдину практичну систему одиниць. В якості основних одиниць рекомендувалися: **метр, кілограм** (одиниця маси), **секунда** і **одна з електричних одиниць.**



- X Генеральна конференція (1954 р.) прийняла в якості основних одиниць нової системи наступні: довжина - метр; маса - кілограм; час - секунда; сила струму - ампер; температура термодинамічна - градус Кельвіна, сила світла - кандела.
- Після X Генеральної конференції Міжнародний комітет мір і ваг підготував список похідних одиниць нової системи і запропонував назвати її Міжнародною системою одиниць.
- У 1960 р. XI Генеральна конференція з мір та ваг остаточно прийняла нову систему, присвоївши їй найменування Міжнародна система одиниць (System International) зі скороченим позначенням «SI », в українській транскрипції « СІ ».



- Міжнародна система одиниць фізичних велич є найбільш досконалою і універсальною з усіх, що існували до теперішнього часу. Вона охоплює фізичні величини *механіки, електродинаміки, термодинаміки й оптики*, які пов'язані між собою фізичними законами.
- Потреба в єдиній Міжнародній системі одиниць настільки велика, а переваги не настільки переконливі, що ця система за короткий час отримала широке міжнародне визнання і поширення.

Міжнародна організація зі стандартизації (ISO) прийняла в своїх рекомендаціях на одиниці Міжнародну систему одиниць.



- Організація Об'єднаних Націй з питань освіти, науки і культури (ЮНЕСКО) закликала всі країни - члени організацій - прийняти Міжнародну систему одиниць.

Міжнародна організація законодавчої метрології (МОЗМ) рекомендувала державам - членам організації - ввести Міжнародну систему одиниць в законодавчому порядку і градувати в одиницях СІ всі вимірювальні прилади.

Міжнародна система одиниць увійшла в рекомендації по одиницях Міжнародного союзу чистої і прикладної фізики, Міжнародної електротехнічної комісії, Міжнародного газового союзу та інших міжнародних організацій.



2. Основні та додаткові одиниці СІ

Як зазначалося вище, в 1960 р. на XI Генеральній конференції з мір та ваг Міжнародна система одиниць була прийнята з шістьма основними одиницями. У 1971 р. XIV Генеральна конференція прийняла сьому основну одиницю СІ - одиницю кількості речовини - моль.

Наведемо визначення всіх семи основних одиниць СІ:

1. Одиниця довжини - метр (м) - довжина, рівна $1650763,63$ довжин хвиль у вакуумі випромінювання, відповідного переходу між рівнями $2p_{10}$ і $5d_5$ атома криптона-86.
2. Одиниця маси - кілограм (кг) - маса, рівна масі міжнародного прототипу кілограма.
3. Одиниця часу - секунда (с) - час, що дорівнює 9192631770 періодам випромінювання, відповідного переходу між двома надтонкими рівнями основного стану атома цезію-133.
4. Одиниця сили електричного струму - ампер - сила незмінних струму, який при проходженні по двох паралельних провідниках нескінченної довжини і мізерно малого кругового перетину, розташованим на відстані 1 м один від іншого в вакуумі, викликав би між цими провідниками силу, рівну $2 * 10^{-7}$ Н на кожен метр довжини.
5. Одиниця термодинамічної температури - кельвін (К) - $1 / 273,16$ частина термодинамічної температури потрійної точки води. Міжнародним комітетом мір і ваг допущено вираз термодинамічної температури і в градусах Цельсія: $t = T - 273.15$ К, де t - температура Цельсія, T - температура Кельвіна.
6. Одиниця сили світла - кандела (кд) - сила світла, що випускається з поверхні площею $1/600\,000$ м² повного випромінювача в перпендикулярному напрямку при температурі випромінювачі, що дорівнює температурі затвердіння платини при тиску 101325 Па.
7. Одиниця кількості речовини - моль - кількість речовини системи, що містить стільки ж структурних елементів, скільки міститься атомів в нуклідів ¹²C масою $0,012$ кг. При застосуванні благаючи структурні елементи повинні бути специфіковані. Вони можуть бути атомами, молекулами, іонами, електронами і іншими частинками або специфікованими групами частинок.

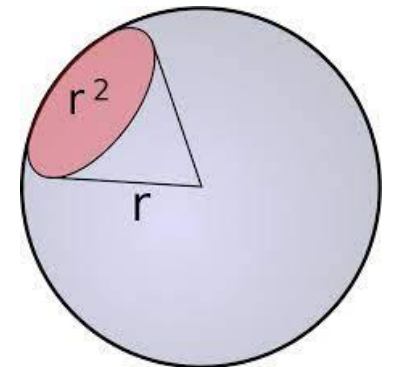
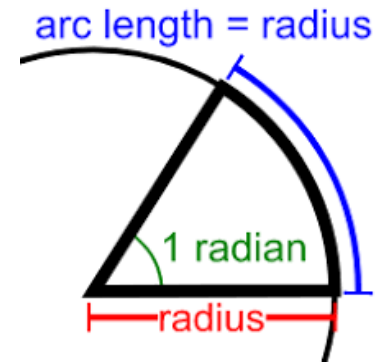
Додаткові одиниці

Міжнародна система одиниць включає в себе *дві додаткові одиниці* для *плоского і тілесного кутів*, необхідні для утворення похідних одиниць, пов'язаних з кутовими величинами.

Кутіві одиниці не можуть бути введені в число основних, разом з тим їх не можна вважати і похідними, так як вони не залежать від розміру основних одиниць.

Одиниця плоского кута - радіан (рад) - кут між радіусами кола, дуга між якими по довжині дорівнює радіусу. У градусному обчисленні радіан дорівнює $57^{\circ} 17'44,8''$.

Одиниця тілесного кута - стерadian (ср) - тілесний кут вершиною в центрі сфери, вирізує на поверхні сфери площу, рівну площі квадрата зі стороною, по довжині рівний радіусу сфери.



3. Похідні одиниці СІ

Похідні одиниці Міжнародної системи одиниць утворюються на підставі законів, що встановлюють зв'язок між фізичними величинами або на підставі визначень фізичних величин.

Виводяться відповідні похідні одиниці СІ з рівнянь зв'язку між величинами (що визначають рівнянь), що виражають даний фізичний закон або визначення і всі інші величини виражені в одиницях СІ.

При утворенні похідних одиниць СІ, як правило, отримана одиниця має найменування, яке складається з найменувань відповідних вихідних одиниць.



ПОХІДНІ ОДИНИЦІ

ФІЗИЧНА ВЕЛИЧИНА	ОДИНИЦЯ			
	НАЙМЕНУ- ВАННЯ	ПОЗНАЧЕННЯ		
		українське	міжнародне	символ
Електричний заряд	кулон	Кл	С	q
Електрична напруга	вольт	В	V	U
Напруженість ел. поля		В/м	V/m	E
Електричний опір	ом	Ом	R	R
Електрична ємність	фарада	Ф	F	C
Частота	герц	Гц	Hz	ν, n, f
Швидкість		м/с	m/s	v
Прискорення		м/с ²	m/s ²	a
Густина		кг/м ³	kg/m ³	ρ
Сила	ньютон	Н	N	F
Імпульс		кг·м/с	kg·m/s	p
Тиск, механічне напруження	паскаль	Па, Н/м ²	Pa, N/m ²	P
Енергія, робота	джоуль	Дж	J	E, A, W
Потужність, потік енергії	ват	Вт	W	N
Магнітний потік	вебер	Вб	Wb	Φ
Індуктивність	тесла	Тл	T	L
Магнітна індукція	генрі	Гн	H	B

МІЖНАРОДНА СИСТЕМА ОДИНИЦЬ (СІ)

ФІЗИЧНА ВЕЛИЧИНА	ОДИНИЦЯ			
	НАЙМЕНУ- ВАННЯ	ПОЗНАЧЕННЯ		
		українське	міжнародне	символ
Довжина	метр	м	m	L
Маса	кілограм	кг	kg	m
Час	секунда	с	s	t
Сила електричного струму	ампер	А	A	I
Термодина- мічна температура	кельвін	К	K	T
Кількість речовини	моль	моль	mol	N
Сила світла	кандела	кд	cd	J

Принципи створення найменувань похідних одиниць

Так, одиниця швидкості встановлюється з визначального рівняння

$$v = \frac{S}{t}$$

де v — швидкість;

S — відстань ;

t — час.

Тому за одиницю швидкості СІ прийнятий метр в секунду (м/с), що дорівнює швидкості прямолінійно і рівномірно рухається точки, при якій вона за час 1 с проходить шлях довжиною 1 м.

У деяких випадках для вираження похідних одиниць СІ прийнято **власні найменування**, які дані в більшості випадків за іменами вчених.

Частота періодичного процесу в СІ виражається в **герцах (Гц)**. Герц - частота періодичного процесу, при якій за час 1с відбувається один цикл періодичного процесу.

4. Розмірність фізичних величин

- У наведених у п.3 перших двох прикладах утворення похідних одиниць давалося співвідношення між фізичними величинами в математичній формі. На основі цього співвідношення між величинами встановлюється і співвідношення між одиницями. Підстановка у формулу основних або похідних одиниць СІ, зв'язок яких з основними встановлена раніше, дає відповідну похідну одиницю.
- По суті вихідними є рівняння, що визначають співвідношення між фізичними величинами. Будь-яке з цих рівнянь можна перетворити так, щоб в його лівій частині знаходилася величина, для якої необхідно визначити похідну одиницю, а в правій - величини, одиниці яких є основними в обраній нами системі одиниць. Залежно від встановленого співвідношення величини, що знаходяться в правій частині рівняння, повинні бути записані з тим чи іншим показником ступеня.
- В загальному вигляді сказане може бути представлено наступним рівнянням:

$$z = L^{\alpha} M^{\beta} T^{\gamma} I^{\varepsilon} \Theta^{\eta} J^{\lambda} \quad (4.1)$$

де z — фізична величина, для якої визначається похідна одиниця;

L, M, T, I, Θ, J — фізичні величини, одиниці вимірювання яких прийняті за основні;

$\alpha, \beta, \gamma, \varepsilon, \eta, \lambda$ — показники ступеня, в якій дана величина входить в рівняння, що визначає довільну величину.

Кожен з показників ступеня може бути позитивним або негативним, цілим або дробовим числом або нулем.

Вираз (4.1) називають *розмірністю фізичної величини*.

Тлумачення розмірності

Існують два тлумачення поняття «розмірність». Частина авторів приписує розмірність лише одиницям, заперечуючи можливість говорити про розмірності величини. У стандарті на метрологічні терміни та визначення (ГОСТ 16263-70) величини діляться на *основні і похідні*, і *розмірності присвоюються величинам*.

Слід дуже чітко усвідомити собі різницю між розміром величини і розмірністю.

Розмірність дає уявлення про вигляд, про природу величини, про співвідношення якоїсь величини з іншими, одиниці яких ми приймаємо за основні, тобто є якісною характеристикою.

Розмір визначає кількісний вміст величини або одиниці, або, інакше кажучи, є їх кількісною характеристикою.

В принципі вираз розмірності (4.1) може бути застосовано при будь-якій системі одиниць. Символи L , M , T , I , Θ , J можуть бути символами будь-яких величин, які ми вибрали в якості основних для побудови системи одиниць, їх може бути і шість, і більше, і менше.

В даному випадку символи, використані в рівнянні (4.1), збігаються з символами величин, одиниці яких є основними в Міжнародній системі одиниць, а саме L - довжина, M - маса, T - час, I - сила струму, Θ - температура і J — сила світла.

Але тим не менш вираз (4.1) визначає розмірності в будь-якій системі, в тому числі і в СІ. Тільки тоді, коли ми кожній з величин дамо певний розмір, вираз (4.1) стане формулою визначення розміру похідних одиниць z .

Ця формула придатна і в тому випадку, якщо прийняти за одиницю довжини дюйм, за одиницю маси - фунт, за одиницю температури - градус Фаренгейт і т. д. Розмірність z не зміниться, зміниться тільки її розмір.

У формулі розмірності похідних одиниць для величин, на яких побудована, зокрема, система СГС, і використовуються тільки три величини: довжина, маса і час.

$$z' = L^{\alpha} M^{\beta} T^{\gamma}.$$

Наведемо приклади розмірності похідних одиниць стосовно одиниць СІ. Для позначення того, що вираз відображає розмірність, перед символом величини ставлять латинські букви \dim (від слова *dimension*, що означає в перекладі розмірність):

- для одиниці площі $\dim (S) = L^2$;
- для одиниці швидкості $\dim (v) = LT^{-1}$;
- для одиниці прискорення $\dim (a) = LT^{-2}$;
- для одиниці потужності $\dim (P) = L^2MT^{-3}$;
- для одиниці теплоємності $\dim (C_{\Theta}) = L^2MT^{-2}\Theta^{-1}$;
- для одиниці електричної ємності $\dim (C_E) = L^{-2}M^{-1}T^4I^2$;
- для одиниці освітленості $\dim (E) = L^{-2}J$.

- Розмірності визначають зв'язок між фізичними величинами, але вони ще не визначають характер величин. Можна знайти ряд величин, розмірності похідних одиниць яких збігаються, хоча за своєю природою ці величини різні. Наприклад, розмірності роботи (енергії) і моменту сили однакові і рівні L^2MT^{-2} .
- Поняття розмірності приносить велику користь при перевірці складних висновків. Отримавши те чи інше рівняння, що виражає залежність між фізичними величинами, в першу чергу визначають розмірності лівої і правої частин рівняння. Їх розмірності повинні бути однакові. Якщо вони не однакові, то це означає в процесі виведення була допущена помилка або в рівняння входить неврахований розмірний коефіцієнт.