

1.5 Фізичні величини і їх одиниці

Поняття фізичної величини - це узагальнене поняття у фізиці і метрології. Під фізичною величиною слід розуміти властивість, загальну в якісному відношенні для багатьох матеріальних об'єктів і індивідуальне в кількісному відношенні для кожного з них. Так, усі об'єкти мають масу і температуру, проте, для кожного окремого об'єкту як маса, так і температура різні і конкретні при певних обставинах.

Для встановлення різниці за кількісним вмістом властивостей в кожному об'єкті вводять поняття «Розмір фізичної величини».

Між розмірами кожної фізичної величини існують співвідношення, які має одну і ту ж логічну структуру, що і між числовими формами (цілими, раціональними або дійсними числами, векторами). Тому безліч числових форм з певними співвідношеннями між ними може служити моделлю фізичної величини, тобто безліч її розмірів і співвідношення між ними.

Поняття про систему одиниць фізичних величин ввів німецький астроном і математик К. Гаусс. Було встановлено, що для певної області вимірів (техніка, механіка, акустика, електротехніка, теплотехніки, светотехніка і так далі) можна вибрати декілька величин, а необхідні інші величини утворити від основних за певним правилом. Ці одиниці називають похідними. Сукупність основних і похідних одиниць, які відносяться до деякої системи величин (області вимірів), називається системою одиниць фізичних величин. Зусиллями вчених різних країн була розроблена форма метричної системи заходів - Міжнародна система одиниць СІ (SI - початкові букви французької назви Systeme International).

У 1997 році Держстандарт України прийняв постанову відносно введення в державі Міжнародної системи одиниць - ДСТУ 3651.097 «Метрологія. Одиниці фізичних величин. Основні одиниці фізичних величин Міжнародної системи одиниць. Основні назви, положення і позначення».

Визначення основних одиниць відповідно до рішення Генеральної конференції із мір і ваг:

метр - довжина шляху, який проходить світло у вакуумі за $1/2979215$ частину секунди;

кілограм - одиниця маси, яка дорівнює масі Міжнародного прототипу кілограма (рис. 1.4);



Рис. 1.4 - Міжнародний прототип кілограма - виготовлен з платини, прототип одиниці довжини у вигляді лінійки.

секунда - 9 192 631 770 періодів випромінювання переходу між двома надтонкими рівнями основного стану атома цезія- 133 за відсутності обурення зовнішніми полями (рис.1.5);

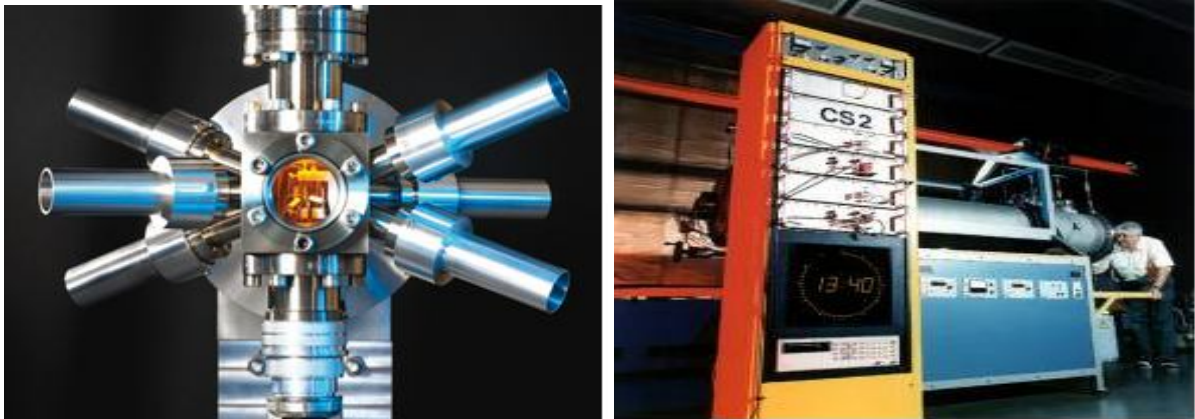


Рис. 1.5 - Еталон одиниці часу - секунда

ампер - сила постійного струму, який, проходячи по двох прямолінійних паралельних провідниках нескінченної довжини і нескінченно малого круглого перерізу, розміщених на відстані метра один від одного у вакуумі, утворив би між провідниками силу в $2 \cdot 10^{-7}$ Н на кожен метр довжини;

Державний первинний еталон ампера — це комплекс вимірювальних засобів у складі струмових ваг електродинамічної системи, ваг з дистанційним управлінням та апаратури для передачі розміру одиниці. Похибка відтворення розміру одиниці сили струму державним первинним еталоном ампера не перевищує $1 \cdot 10^{-3}$ %.



Рис. 1.6 - Еталон одиниці сили електричного струму — ампер

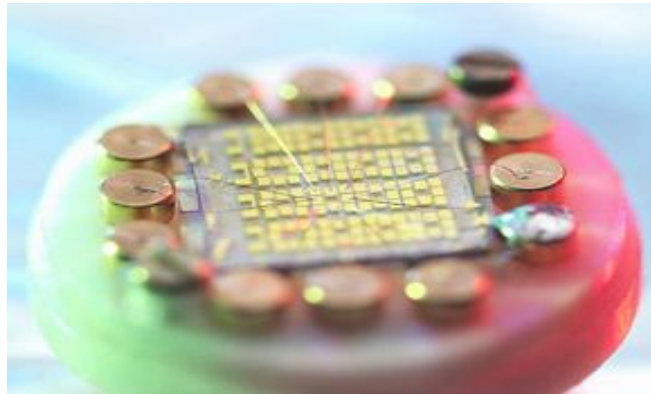


Рис. 1.7 - Новий «графеновий еталон» зовсім не схожий на брусок металу під скляним ковпаком

кельвин - одиниця термодинамічної температури - $1/273,16$ частин термодинамічної температури потрійної точки води;



Рис. 1.8 - Еталон одиниці термодинамічної температури — кельвин

кандела - сила світла, яка випромінюється з площі в $1/600000$ м² перерізу повного випромінювача в перпендикулярному до цього перерізу напрямі при температурі затвердіння платини і тиску 101325 Па;

міль - кількість речовини, яка вміщує стільки ж молекул (атомів, частинок), скільки вміщується атомів в нукліді углерода-12 масою в 0,012 кг.

Окрім основних одиниць СІ існує велика група **похідних одиниць**, які визначають за законами взаємозв'язків між фізичними величинами або ж на основі визначення фізичних величин. Відповідні похідні одиниці СІ виводять з рівнянь зв'язку між величинами. Залежно від наукового напрямку утворені похідні одиниці для простору, часу, механічних, теплових, електричних,

магнітних, акустичних, світлових величин і величин іонізуючого випромінювання.

Нарівні з основними і похідними одиницями Міжнародної системи СІ є ще позасистемні одиниці. Їх широко застосовують в повсякденному житті. Є також позасистемні одиниці тимчасового використання (морська миля, яка дорівнює, - 1852 м, гектар - 10000 м², ар - 100 м², бар - 105 Па та ін.), а також відносні і логарифмічні величини.

Найбільш прогресивним способом утворення кратних і часткових одиниць є прийнята в метричній системі мір десятикова кратність між великими і малими одиницями. Десяткові кратні і часткові одиниці від одиниць СІ утворюються шляхом використання множителів і приставок від 10¹⁸ до 10⁻²⁴ (табл. 1.1).

Когерентні похідні одиниці Міжнародної системи одиниць, як правило, утворюють за допомогою простих рівнянь зв'язку між величинами (визначальних рівнянь), в яких числові коефіцієнти дорівнюють 1. Для утворення похідних одиниць позначення величин в рівняннях зв'язку замінюють позначеннями одиниць СІ.

Якщо рівняння зв'язку містить числовий коефіцієнт, відмінний від 1, то для утворення когерентної похідної одиниці СІ в праву частину підставляють позначення величин зі значеннями в одиницях СІ, що дають після множення на коефіцієнт загальне числове значення, рівне 1.

Таблиця 1.1 - Множники і приставки, використовувані для утворення найменувань і позначень десятикових кратних і дольних одиниць СІ

Десятичний множитель	Приставка	Позначення приставки		Десятичний множитель	Приставка	Позначення приставки	
		межд.	укр.			межд.	укр.
10 ²⁴	йотта	Y	І	10 ⁻¹	деці	d	д
10 ²¹	зетта	Z	З	10 ⁻²	санті	c	с
10 ¹⁸	екса	E	Е	10 ⁻³	міллі	m	м
10 ¹⁵	пета	P	П	10 ⁻⁶	мікро	μ	мк
10 ¹²	тера	T	Т	10 ⁻⁹	нано	n	н
10 ⁹	гіга	G	Г	10 ⁻¹²	піко	p	п
10 ⁶	мега	M	М	10 ⁻¹⁵	фемто	f	ф
10 ³	кіло	k	к	10 ⁻¹⁸	атто	a	а

10^2	гекто	h	г	10^{-21}	зепто	z	з
10^1	дека	da	да	10^{-24}	йокто	y	і

1.6 Еталони і передача розмірів одиниць робочим засобам вимірів

Єдність вимірів досягає шляхом точного відтворення і збереження встановлених одиниць фізичних величин і передачі їх розмірів робочим засобам вимірів. Відтворення, зберігання і передачу розмірів одиниць здійснюють за допомогою еталонів і зразкових засобів вимірів.

Еталон - це спосіб вимірів (чи комплекс способів вимірів), який забезпечує відтворення і зберігання одиниці з метою передачі її розміру нижчестоячим за перевіркою схемою засобам вимірів, виконаний за особливими правилами і затверджений в установленому порядку.

Еталони в порядку підлеглості підрозділяють: на первинні (початкові) і вторинні (підлеглі). Первинні еталони відтворюють одиниці і передають їх розміри з найвищою точністю, досягнутою в цій області вимірів.

Первинні еталони є початковими для країни, їх затверджують як державні еталони. До вторинних еталонів відносять еталони-копії, еталони порівняння і робочі еталони. Еталони-копії призначені для передачі розмірів одиниць робочим еталонам. Еталони порівняння призначені для взаємного порівняння еталонів. Робочі еталони призначені для перевірки зразкових і найбільш точних робочих засобів вимірів.

Державні еталони створюють, стверджують і зберігають організації Держстандарту України. Вторинні еталони створюють, зберігають і застосовують міністерства і відомства. Упродовж терміну служби еталонів вони піддаються систематичним дослідженням з метою забезпечення незмінності розмірів відтворених ними одиниць і підвищення точності.

Кожен еталон - це складна установка, яка включає комплекс засобів вимірів, устаткування, допоміжних пристроїв. Наприклад, одиниця довжини - метр - відтворюється за допомогою інтерференційної установки, яка містить: лампу з криптоном- 86, інтерфотометр з фотоелектричним мікроскопом, рефрактометр для визначення свідчень заломлення повітря, термометричну апаратуру для точних вимірів температури міри і повітря. Процес відтворення метра і його підрозділів полягає в порівнянні довжини штрихових або кінцевих еталонів з первинною еталонною довжиною хвилі відбитої лінії випромінювання криптона- 86 на інтерференційному компараторі.

Еталон метра в Україні зберігається у Харківському науково-виробничому об'єднанні "Метрологія".

Одиницю маси - кілограм відтворюють за допомогою платиново-іридієвого прототипу № 12.

При виготовленні платино-іридієвих еталонів кілограма за міжнародний прототип було прийнято той, маса якого менше за все відрізнялася від маси "кілограма Архіву". Міжнародний прототип кілограма — це гиря у вигляді прямого циліндра із заокругленими ребрами діаметром і висотою 39 мм.

Оскільки прийнятий умовний прототип одиниці маси — літр — також не був абсолютно тотожним кубічному дециметру ($1 \text{ л} = 1,000028 \text{ дм}^3$) і невідповідність між ними становила різницю між масою міжнародного прототипу кілограма і масою кубічного дециметра води, то у 1964 році XII Генеральна конференція з мір та ваги ухвалила рішення про прирівняння об'єму 1 літра до 1 дм^3 .

Одиницю часу - секунду відтворюють за допомогою еталону, основою якого є генератори на атомарному водні та кварцевий годинник.

Заходи або вимірювальні прилади, призначені для перевірки по них інших засобів вимірів, називають зразковими засобами вимірів. Зразкові засоби зберігають і застосовують органи метрологічної служби. Зразкові засоби виміру проходять метрологічну атестацію, на них видають спеціальні посвідчення з вказівкою параметрів і розряду за державною перевіркою схемою.