

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

ВСТУП ДО ФАХУ З МЕТРОЛОГІЇ

Лекція 4

Тема: Одиниці фізичних величин



Лекція 4

Тема: Одиниці фізичних величин

1. Виникнення та розвиток одиниць фізичних величин.
2. Уніфікація одиниць фізичних величин. Створення метричних мір.
3. Принципи створення системи одиниць фізичних величин.
4. Системи одиниць фізичних величин.

1. Виникнення та розвиток одиниць фізичних величин

Одиниці величин почали з'являтися з того моменту, коли у людини виникла необхідність висловлювати що-небудь кількісно. Цим «щось» могло бути число предметів. В цьому випадку вимір був гранично простим, так як полягав у рахунку числа предметів, а одиницею був один предмет, або, як ми говоримо, одна штука.

Але далі завдання ускладнилося, оскільки виникла необхідність визначати кількість таких об'єктів, які не піддавалися штучному рахунку - рідин, сипучих тіл і т. п. З'явилися міри об'єму. Ці міри були одночасно і одиницями обсягу при вимірюванні. Потреба вимірювання довжини викликала поява мір довжини. Першими мірами довжини були частини тіла людини: п'ядь, ступня, лікоть, крок і т.п. Ці міри були одночасно і одиницями довжини.

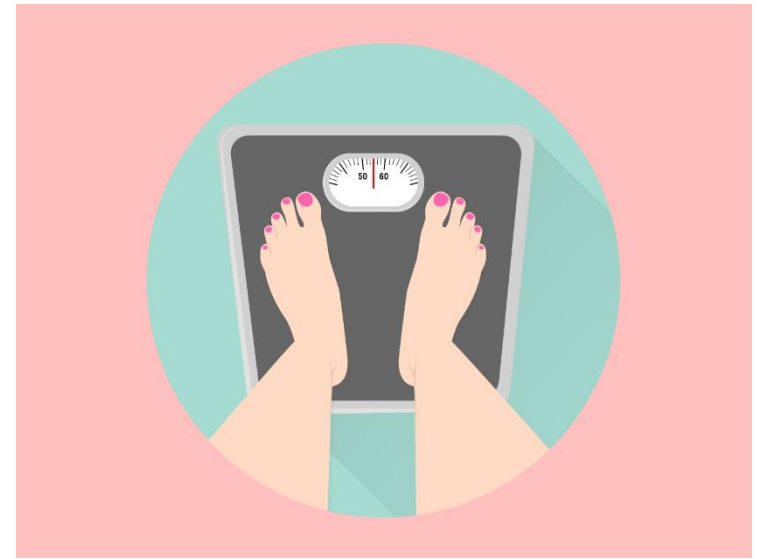


Масу речовини визначали по його вазі. Різниця між **вагою** і **масою** встановили тоді, коли виявили, що в різних точках земної кулі вага однієї і тієї ж маси неоднакова і залежить від сили земного тяжіння.

Однак звичка ототожнювати масу і вагу, називають масу вагою до сих пір і це являється причиною багатьох непорозумінь і помилок.

Крім кількісного визначення властивостей тіла і речовини, виникла необхідність кількісно характеризувати і процеси.

Так з'явилася необхідність вимірювати **час**. Першою одиницею часу була доба - зміна дня і ночі.



Етапи розвитку одиниць фізичних величин:

- 1) На першому етапі свого розвитку одиниці тієї чи іншої величини, як правило, були безпосередньо пов'язані з мірами. Розмір одиниці вимірюваної величини дорівнював розміру величини, відтворюваною мірою. Але так як одна одиниця виявлялася незручною для вимірювання і великих, і малих розмірів даної величини, застосовували кілька одиниць, які перебували в кратних і часткових відносинах між собою. Однак коефіцієнти цих відношення були досить різними.
- 2) Другий етап розвитку одиниць був пов'язаний з розвитком науки і прогресом техніки наукового експерименту. Було виявлено, що властивості фізичних об'єктів, які були покладені в основу створення заходів, що відтворюють одиниці величини, не володіють тим ступенем сталості та відтворюваності, які потрібні в науці, техніці та інших галузях діяльності людини. Другий етап характеризується відмовою від одиниць величин, відтворюваних природою, і закріпленням їх в «речових» зразках. Найхарактернішою ознакою переходу від першого етапу до другого є історія створення метричних заходів. Розпочавши із точних вимірювань «природного» одиниці - довжини меридіана Землі - вона закінчилася створенням речових, предметних еталонів одиниці довжини і маси - метра і кілограма.
- 3) Третій етап розвитку одиниць фізичних величин став наслідком подальшого бурхливого розвитку науки, зросли вимоги до точності вимірювань. З'ясувалося, що виготовлені людиною речові (предметні) еталони фізичних величин не можуть забезпечити зберігання та передачу цих одиниць з тією точністю, яка необхідна. Відкриття нових фізичних явищ, виникнення і розвиток атомної та ядерної фізики дозволили знайти шляхи більш точного і надійного відтворення одиниць ряду фізичних величин, але третій етап не є поверненням до принципів першого етапу. Відмінність третього етапу від першого - відрив одиниць фізичних величин від мір, від кількісних характеристик властивостей фізичних об'єктів, слугуючих для їх відтворень одиниці виміру залишилися в переважній більшості такими, якими вони були встановлені на другому етапі.

Характерним прикладом є одиниця довжини - метр, відкриття можливості точного відтворення довжини з використанням довжини хвилі монохроматичного світла не змінило одиницю довжини. Метр залишився метром, але використання довжини світлової хвилі дозволило підвищити точність його відтворення на один десятковий знак.

Перспективою розвитку метрології одиниць фізичних величин є подальше підвищення точності відтворення існуючих величин. Звичайно, не можна виключати можливість і необхідність встановлення принципово нових одиниць, нових фізичних об'єктів які можуть бути відкриті в подальшому. У всякому разі для відомих станів і процесів, нових одиниць створюватися не буде.

Описаний вище процес розвитку одиниць фізичних величин є тільки узагальненою схемою. Є чимало винятків, але вони, як то кажуть, тільки підтверджують правило. Переходячи від одного етапу до іншого за окремими групами фізичних величин і навіть по окремим величинам відбувалися (і відбуваються досі) в різний час.

Зокрема, **одиниця маси** в своєму розвитку поки зупинилася **на другому етапі**: до сих пір найбільш точно вона відтворюється речовим еталоном кілограма - платино-іридієвої гирею.

2. Уніфікація одиниць фізичних величин. Створення метричних мір.

- Спочатку одиниці фізичних величин вибиралися довільно, без будь-якого зв'язку один з одним, що створювало великі труднощі. Значне число довільних одиниць однієї і тієї ж величини ускладнювало порівняння результатів вимірювань, проведених різними спостерігачами.
- У кожній країні, а іноді навіть в кожному місті створювалися свої одиниці. Переклад одних одиниць в інші був дуже складний і приводив до істотного зниження точності результатів вимірювань.
- Крім зазначеного розмаїття одиниць, яке можна назвати «територіальним», існувало розмаїття одиниць, що застосовуються в різних галузях науки, техніки, промисловості і т. п. У різних галузях людської діяльності створювалися нові одиниці тих чи інших велич, характерних для даної галузі. Ця різноманітність, яке ми називаємо у «галузевим» різноманітністю одиниць, на жаль, існує і в даний час.
- У міру розвитку техніки, а також міжнародних зв'язків труднощі використання результатів вимірювань зростали і гальмували подальший науково-технічний прогрес. Великих збитків завдавала множинність одиниць і науці. Положення ускладнювалося ще тим, що співвідношення між дольними і кратними одиницями були надзвичайно різноманітні.

Одиниці довжини, площі, обсягу, маси, що застосовувалися в Росії до Жовтневої революції і співвідношення між ними і метричними мірами:

- 1 аршин = 16 вершкам = 28 дюймам = 0.71120 м;
- 1 дюйм = 25,4 мм;
- 1 сажень = 3 аршинам = 7 футам = 2,1336 м;
- 1 фут = 12 дюймам = 304,8 м
- 1 перста = 500 саженям = 1,0668 км;
- 1 десятина = 2400 кв. саженям = 10925 м² (1.0925 га);
- 1 четверть = 8 четвериками = 209,9 дм² (2099 л);
- 1 пуд = 40 фунтам = 16,38 кг
- 1 фунт = 96 золотникам = 4095 г;
- 1 золотник = 96 долям = 4,266 г.

- У другій половині XVIII ст. в Європі налічувалося до сотні футів різної довжини, близько півсотні різних миль, понад 120 різних фунтів.
- У 1790. по Франції було прийнято рішення про створення системи повних мір, заснованих на незмінному прототипі, взятої з природи, з тим, щоб її могли прийняти всі нації . Було запропоновано вважати одиницею довжини довжину десятимільйонної частини , що проходить через Париж. Цю одиницю назвали метром. Для визначення розміру метра з 1792 по 1799 рр. були проведені вимірювання дуги паризького меридіана.
- За одиницю маси була прийнята маса $0,001 \text{ м}^3$ (1 дм^3) чистої води при температурі найбільшою її щільності ($+ 4^\circ \text{ C}$); ця одиниця була названа кілограмом.
- Однак, як показали подальші вимірювання, в $1/4$ паризького меридіана міститься не 10 000 000, а 10 000 856 з початку певних метрів. Але і це число не можна було вважати остаточним, так як ще більш точні вимірювання могли дати інше значення.
- Так як при подальших більш точних вимірах земного меридіана могли виходити інші розміри основної одиниці довжини, в 1872 р Міжнародною комісією з прототипам метричної системи було вирішено перейти від одиниць довжини і маси, заснованих на природних стандартах, до одиниць, заснованим на умовних матеріальних стандартах (прототипах).

У 1875 р була скликана Дипломатична конференція, на якій 17 держав, підписали Метричну конвенцію.

Відповідно до цієї конвенції:

- а) встановлювалися міжнародні прототипи метра і кілограма;
- б) створювалося Міжнародне бюро мір і ваг - наукова установа, кошти на утримання якого зобов'язалися виділяти держави, які підписали конвенцію;
- в) засновувався Міжнародний комітет мір і ваг, що складається з учених різних країн, однією з функцій якого було керувати роботою Міжнародного бюро мір і ваг;
- г) встановлювалося скликання один раз в шість років Генеральних конференцій з мір та ваг.



- Було виготовлено зразки метра і кілограма зі сплаву платини та іридію. Прототип метра був платино-іридієва штрихова міра загальною довжиною 102 см, на відстанях 1 см від кінців якої були нанесені штрихи, що визначають одиницю довжини - метр.
- 1889 в Парижі зібралася 1 Генеральна конференція з мір та ваг, що затвердила міжнародні прототипи з числа нововиготовлених зразків. Прототипи метра і кілограма були передані на зберігання до Міжнародного бюро мір і ваг. Після встановлення міжнародних прототипів метра і кілограма Генеральна конференція розподілила інші зразки за жеребом між державами, які підписали Метричну конвенцію. Росія отримала два метри (№ 11 і 28) і два кілограми (№ 12 і 26). З них метр № 28 і кілограм № 12 були затверджені в якості Державних стандартів Росії. Таким чином, в 1899 році було завершено встановлення метричних заходів.
- У Росії питання про введення метричних заходів в той час не отримав остаточного рішення. Метричні заходи були допущені лише факультативно. Як обов'язкові вони були введені тільки при Радянській владі декретом Ради Народних Комісарів Української РСР від 14 вересня 1918 р . Повний перехід на метричні заходи завершився в 1927 р.

3. Принципи створення системи одиниць фізичних величин

Вперше поняття про систему одиниць фізичних величин увів німецький вчений **К. Гаусс**. За його методу побудови систем одиниць різних величин спочатку встановлюють або вибирають довільно кілька величин незалежно один від одного. Одиниці цих величин називають **основними**, так як вони є основою побудови системи одиниць інших величин. Основні одиниці встановлюють або вибирають таким чином, щоб, користуючись закономірною зв'язком між величинами, можна було б утворити одиниці інших величин.

Під **закономірним зв'язком між величинами** мається на увазі можливість математично виразити залежність однієї величини від інших.

Одиниці, виражені через основні одиниці, називають **похідними**.

Повна сукупність основних і похідних одиниць, встановлених таким шляхом і є **системою одиниць фізичних величин**.



Три +1 особливості описаного методу побудови системи одиниць величин:

- По-перше, метод побудови системи не пов'язаний з конкретними розмірами основних одиниць. Встановлюються або вибираються величини, одиниці яких мають стати основою системи. Розміри похідних одиниць залежать від розмірів, основних одиниць. Наприклад, в якості однієї з основних одиниць ми можемо вибрати одиницю довжини, але яку саме байдуже. Це може бути або метр, або аршин, або дюйм, або інша будь-яка довжина. Але похідна одиниця виміру площі, яка визначається як площа квадрата, довжина кожної сторони якого дорівнює обраному об'єкті довжини, буде залежати від того, яка одиниця довжини обрана, Отже, для перерахованих вище одиниць довжини це будуть квадратний метр, квадратний аршин, квадратний дюйм і т. д.
- По-друге, в принципі побудова системи одиниць можливо для будь-яких величин між якими є зв'язок, що виражається в математичній формі у вигляді рівняння.
- По-третє, вибір величин, одиниці яких повинні стати основними, обмежується міркуваннями раціональності і в першу чергу оптимальним є вибір мінімального числа основних одиниць, яке дозволило б утворити максимально велику кількість похідних одиниць.
- Когерентність (узгодженість) системи одиниць полягає в тому, що у всіх формулах, що визначають похідні одиниці в залежності від основних, коефіцієнт завжди дорівнює одиниці. Це показує ряд істотних переваг, спрощує освіту одиниць різних величин, а також і проведення обчислень з ними.

4. Системи одиниць фізичних величин

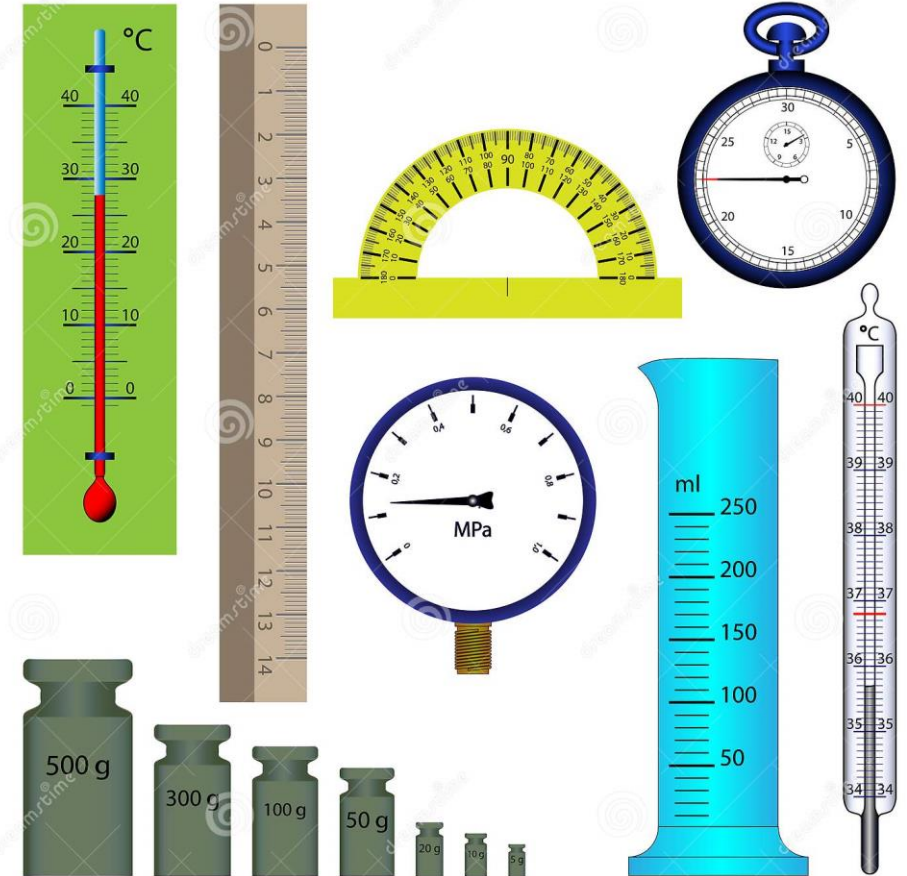
Спочатку були створені системи одиниць, засновані на трьох одиницях. Ці системи охоплювали велике коло величин, умовно названих механічними. Вони будувалися на основі тих одиниць фізичних величин, які були прийняті в тій чи іншій країні.

З усіх цих систем перевага віддається системам, побудованим на одиницях **довжини - маси - часу** як основних.

Однією з систем, побудованих за цією схемою для метричних одиниць, є система **метр - кілограм - секунда (МКС)**.

У наукових працях з фізики до теперішнього часу застосовується система **сантиметр - грам - секунда (СГС)** розроблена ще в 1861-1870 рр. і побудована за тією ж схемою: довжина - маса - час.

Система МКС, а також система СГС в частині одиниць механічних величин когерентні.



Протягом деякого часу застосовували так звану технічну систему одиниць, побудовану за схемою **довжина - сила - час**.

При застосуванні метричних одиниць основними одиницями цієї системи є **метр - кілограм - сила - секунда (МКГСС)**.

Зручність цієї системи полягала в тому, що застосування в якості однієї з основних - одиниці сили - спрощувало обчислення і виводи залежностей для багатьох величин, що застосовуються в техніці.

Недоліком було те, що одиниця маси виходила похідною і чисельно рівною $\approx 9,81$ кг, - це порушує метричний принцип десятковості мір.

Другий недолік - схожість найменування одиниці сили кілограм-сила і метричної одиниці маси - кілограма, що часто призводить до плутанини.

Третім великим недоліком системи МКГСС є неузгодженість з практичними електричними одиницями.

Деякий час застосовувалася система одиниць **метр – тон - секунда**, але в даний час від неї відмовилися.

Оскільки системи механічних одиниць охоплювали не всі фізичні величини, для окремих галузей науки і техніки системи одиниць розширювалися шляхом додавання ще однієї основної одиниці.

Так з'явилася система теплових одиниць **метр - кілограм - секунда - градус температурної шкали (МКСГ)**.

Система одиниць для електричних і магнітних вимірювань отримана додаванням одиниці **сили струму - ампер (МКСА)**.

Система світлових одиниць містить в якості четвертої основної одиниці - **кандела (свічку) - одиницю сили світла**.

Серйозні труднощі зустрілися при застосуванні системи СГС для вимірювання електричних і магнітних величин. Всього було складено сім видів систем одиниць СГС електричних і магнітних величин.