

Квантовий стрибок метрологів

20 травня – Всесвітній день метрології

У травні цього року світова спільнота з вимірювань починає кампанію з обізнаності щодо очікуваного перегляду загальноприйнятих визначень одиниць вимірювань.

Всесвітній день метрології цього року є хвилюючим кроком для міжнародної спільноти, що займається вимірюваннями, з огляду очікуваної зміни визначень основних одиниць Міжнародної системи одиниць (SI) через фундаментальні сталі, яка поліпшить узгодженість, надійність та точність міжнародної системи вимірювань.

Ці зміни гарантують, що наша повсякденна концепція вимірювання, незалежно від метра чи секунди, залишатиметься міжнародно порівнюваною та узгодженою. Так само, як надійний фундамент необхідний для того, щоб тримати будинок вертикально протягом багатьох років, система одиниць SI у майбутньому повинна бути захищена, щоб залишатися актуальною та стабільною для забезпечення неперервного прогресу людства.

Пересічний громадянин навіть не здогадується, яка велика кількість точних вимірювань необхідна для забезпечення належного рівня сучасного повсякденного життя. Наприклад, кожна складова смартфона – чіп процесора чи пам'яті, давач оберту екрана, мікрофон, оптика камери – залежить від інфраструктури ретельно виміряних та перевірених наукових принципів, матеріалів, інструментів та процесів, які у поєднанні забезпечують надійне здійснення дзвінків, текстових повідомлень, доступ до Інтернету та використання GPS для навігації. Здатність виконувати точні вимірювання стала можливою завдяки перевизначенню з використанням природних (фундаментальних) сталих, таких як частота переходу атома цезію для секунди та швидкості світла для метра у 1960 та 1983 роках відповідно.

Задля забезпечення впровадження подібних і майбутніх інновацій на основі вимірювань вчені-метрологи невдовзі перевизначать чотири одиниці, що використовуються для вимірювання маси, електричного струму, температури та кількості речовини за допомогою природних (фундаментальних) сталих. Ці сталі є основним набором обґрунтування та принципів наукових досліджень. Вони є підґрунтям нашого постійно зростаючого знання стосовно законів природи, таких як, наприклад, добре відомий закон Ейнштейна $E = mc^2$, що описує взаємодію маси та енергії у Всесвіті. Це буде однією з найбільших змін у Міжнародній системі одиниць (SI) з моменту її створення.

Уперше всі основні одиниці вимірювання будуть визначатися фундаментальними природними сталими, а не через фізичні об'єкти. Ця зміна означатиме закінчення використання фізичних артефактів, таких як маленький платино-іридієвий циліндр, названий "*міжнародним прототипом кілограма*" (єдиний рукотворний об'єкт у світі з масою, що з точністю дорівнює одному кілограму). Одиниці вимірювання на основі артефактів

мають низку недоліків – їх можна випадково пошкодити, а доступ до них може бути обмеженим.

Натомість, згідно із запропонованим планом перегляду одиниць SI, кілограм буде ґрунтуватися на фіксованому значенні для сталої Планка, а також на визначенні метра та секунди, які вже ґрунтуються на сталих. (Стала Планка являє собою відношення енергії одного кванта або фотона електромагнітного випромінювання до частоти цього випромінювання – це величина, яка спостерігається у природному середовищі, є стабільною і її можна перевірити у будь-якій точці Всесвіту).

Очікується, що рішення про перевизначення одиниць SI буде прийнято на Генеральній конференції з мір та ваг, яка відбудеться 13–16 листопада 2018 р., а самі зміни будуть реалізовані наступного року у Всесвітній день метрології – 20 травня 2019 р., дата якого пов'язана з датою річниці укладення в 1875 р. найпершої міжнародної угоди про вимірювання, *Метричної конвенції*.

Загалом зміняться визначення чотирьох із семи основних одиниць SI – кілограма, ампера, кельвіна та моля. Нові визначення будуть ґрунтуватися на фіксованих числових значеннях сталої Планка (h), елементарному заряді (e), сталій Больцмана (k) та сталій Авогадро (N_A), а також інших трьох фізичних сталих, числове значення яких уже зафіксовано в наявній системі одиниць SI.

З часом ці зміни, як очікується, матимуть вплив на наукові відкриття та інновації, результатом яких стануть надбання в галузі обчислювальної техніки (квантові комп'ютери), електроніки, аерокосмічної промисловості, охорони здоров'я та навколишнього середовища, а також у багатьох інших галузях.

Тема святкування цього року – невпинна еволюція Міжнародної системи одиниць (SI), метою якої є підвищення громадської обізнаності щодо цієї фундаментальної зміни у галузі вимірювань.

Найбільша зміна очікується для виробників наукових приладів, деякі з них можуть потребувати адаптації своєї продукції вже в наступному році або роках з урахуванням переглянутого методу відтворення одиниці SI, перш за все, для ліпшого визначення мір електричних величин, таких як ампер, вольт і ом.

Як будинку необхідний міцний фундамент, щоб не впасти, світові потрібна стабільна основа для вимірювання, яка була б актуальною у світлі інновацій та нових відкриттів. Це може підготувати нас до вирішення найважливіших проблем суспільства.

ННЦ “Інститут метрології” – Національний метрологічний інститут України, утворений 8 жовтня 1901 р., також було залучено до досліджень визначення фундаментальних сталих. Наприкінці 60-х – на початку 70-х років отримали світове визнання роботи інституту із визначень фундаментальних фізичних констант – гіромагнітного відношення протона та швидкості розповсюдження електромагнітних хвиль у вакуумі (швидкості світла). У 1969 р. Комітет з даних для науки і техніки (CODATA – Committee on Data for Science and Technology) відзначив на світовому рівні наукові

роботи інституту із визначення гіромагнітного відношення протона. У 1973 р. CODATA відзначив на світовому рівні наукові роботи інституту із визначення швидкості розповсюдження електромагнітних хвиль у вакуумі (швидкості світла). Отримані результати були визнані за кордоном і увійшли до довідників та таблиць значень фундаментальних фізичних сталих.

І сьогодні, дотримуючись світових тенденцій, ННЦ “Інститут метрології” проводить наукові дослідження з подальшого вдосконалення квантових реперів державного еталона часу та частоти, розширення галузей використання квантових ефектів, зокрема, ефектів Джозефсона та Холла, впровадження фемтосекундного лазера для створення в перспективі єдиного еталона часу-частоти-довжини, створення нового покоління еталонів довжини в нанометровому діапазоні та мір довжини для них.

*Генеральний директор
ННЦ “Інститут метрології”,
доктор технічних наук
Неєжмаков Павло Іванович*