

УДК 54.051:056

Бойко М.П., Бойко Л.М., Закалюжний В. М.

ПРО ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ПОНЯТТЯ ФІЗИЧНОЇ ВЕЛИЧИНИ В ШКІЛЬНОМУ КУРСІ ФІЗИКИ

У статті розглянуто особливості формування поняття фізичної величини в шкільному курсі фізики як кількісної характеристики фізичних об'єктів. Звертається увага на основні етапи вивчення фізичних величин.

Ключові слова: фізична величина, формування фізичних понять, властивість, вимірювання величини, похибка вимірювання.

Найчисельнішою групою понять, які вивчаються в шкільному курсі фізики, є фізичні величини. Поняття "фізична величина" одне з найважливіших загальних фізичних понять, без правильного розуміння якого неможливе засвоєння фізичних знань. Кожна конкретна фізична величина являє собою єдність якісних і кількісних характеристик однієї з властивостей притаманної різним фізичним об'єктам: тілам, явищам, процесам. При цьому "поняттям про якість не відповідають якісь об'єктивно існуючі предмети, ці поняття створені розумом людини для вираження якісної міри речей по відношенню до людини. Це теоретичні поняття" [1, 9]. Якісна визначеність, яка відрізняє ту чи іншу властивість, можливість вираження її кількості числом – необхідна і достатня умова для уведення певної фізичної величини в науку.

Формування поняття фізичної величини починається з перших кроків знайомства з фізикою в 7 класі й триває упродовж усього періоду її вивчення, конкретизуючись з'ясуванням властивостей різних фізичних об'єктів. Особливості вивчення фізичних величин та їх вимірювання досліджувалися в роботах О.В. Бугайова, В.П. Демковича, М.В. Каленика, В.Г. Нижника, В.А. Фетисова та інших учених.

Проте, як показують спостереження, учні не завжди розуміють не лише сутність фізичної величини як однієї з категорій фізики, але й погано розуміють сутність багатьох конкретних фізичних величин. Школярі часто не сприймають величини в якості характеристик властивостей фізичних об'єктів. Далеко не завжди вони можуть виділити властивість, яку відображає та чи інша величина, об'єкт, якому вона притаманна. Учні часто плутаються в поняттях розмір, розмірність, значення, одиниці фізичної величини. Викликають труднощі методи вимірювання фізичних величин, особливо оцінка достовірності й точності результатів їх вимірювань.

За прийнятим у метрології і фізиці означенням фізична величина (physical quantity) – це властивість, спільна в якісному відношенні для багатьох матеріальних об'єктів (фізичних систем, їхніх станів та процесів, що в них відбуваються) але в кількісному відношенні – індивідуальна для кожного об'єкта [2]. Це означає, що термін "величина" стосується властивостей, які можна порівняти кількісно і які підлягають вимірюванню. Кожна фізична величина має якісну означеність – рід, кількісний зміст – розмір, відображення величини у вигляді числа з позначенням її одиниці – значення.

Усе це вимагає особливої уваги при уведенні і формуванні уявлення про ту чи іншу фізичну величину і передбачає:

- виділення властивості, спільної в якісному відношенні для певної групи фізичних об'єктів (тіл, явищ, систем тощо);
- з'ясування можливості кількісного порівняння цієї властивості в різних об'єктах;
- встановлення зв'язків даної фізичної величини з іншими величинами (у прийнятій системі (зокрема, у випадку вивчення похідних величин) та введення формули зв'язку даної величини з іншими фізичними величинами;
- означення фізичної величини;
- уведення одиниці(ць) величини;
- ознайомлення з методами і засобами вимірювання величини;
- оцінку результату практично одержаного знання про конкретну величину – результату вимірювання.

Однією з причин нерозуміння учнями властивості, яку характеризує величина, є те, що далеко не завжди властивості фізичних об'єктів і назви величин, які їх кількісно визначають, співпадають. Наприклад, терміни довжина і заряд використовують і для означення відповідних властивостей і для кількісних характеристик цих властивостей.

Проте у більшості випадків назви властивостей явищ, тіл, процесів і назви фізичних величин, що їх кількісно характеризують не співпадають. Маса тіла (фізична величина) кількісно характеризує інертність і гравітаційну взаємодію тіл. Напруженість електричного поля визначає його силову дію на електричний заряд. Енергія – загальна кількісна характеристика руху і взаємодії.

Це призводить до неоднозначності метрологічного визначення фізичної величини, яке на сьогодні широко використовується і в навчальній літературі. Очевидно, що властивість фізичного об'єкта і фізична величина не одне й те ж. Властивість – об'єктивна реальність, що якісно відрізняє один фізичний об'єкт від іншого. Фізична величина – науковий термін уведений для характеристики цієї реальності. Тому фізичну величину в шкільному курсі фізики доцільно трактувати саме як характеристику однієї з властивостей, спільної в якісному відношенні для багатьох фізичних об'єктів, але в кількісному відношенні індивідуальну для кожного з них. Такий підхід не суперечить метрологічному розумінню поняття величини [3].

Фізична величина має розмір і значення. Розмір фізичної величини вважається кількісною наповненістю тієї властивості, яку вона характеризує. Значення величини – числова оцінка її розміру.

Необхідно показати учням, що розмір величини як кількість певної властивості, притаманної даному об'єкту, не залежить від обраної системи одиниць. Об'єм нафти, налитої в цистерну, не залежить від того, в яких одиницях він визначається. Значення ж фізичної величини (оцінка розміру у вигляді деякого числа прийнятих для неї одиниць) може бути різним: $50 \text{ м}^3 = 50000 \text{ л} \approx 314,5 \text{ bbl}$ і, відповідно, залежить від одиниць, які використовують для числового вираження розміру. Значення фізичної величини може бути представлене формулою $X = \{X\} \cdot [X]$, де X – значення конкретної величини, $\{X\}$ – числове значення величини, $[X]$ – прийнята одиниця для цієї величини. Наприклад: $l = 5 \text{ м}$, $F = 3 \text{ Н}$.

Одним з важливих понять фізики і метрології є поняття розмірності фізичних величин. Сукупність взаємопов'язаних фізичних величин, які добираються за певними принципами так, що одні величини приймаються незалежними а інші є функціями від них, утворює систему фізичних величин. Розмірність фізичної величини відбиває зв'язок даної величини з величинами, прийнятими за основні і являє собою вираз, складений з добутку символів основних фізичних величин у різних степенях.

У практиці викладання фізики поняття розмірності досить часто підмінюють поняттям одиниці фізичної величини. Проте, перевірка одиниці фізичної величини, одержаної унаслідок розв'язування задачі і перевірка розмірності – різні речі. Метод розмірностей дозволяє встановити функціональні залежності між величинами і навіть одержати формули зв'язків між ними. На це необхідно звертати увагу учнів, особливо у старших класах.

Термін "розмірність" не стосується одиниць вимірювання фізичної величини: метр, дюйм, фут, аршин, миля, англестрем Усі ці одиниці є лише форми однієї фізичної розмірності "довжина". Тому, для аналізу фізичних розмірностей часто абстрагуються від конкретних одиниць вимірювання й описують їх у термінах основних фізичних властивостей (якостей), таких, наприклад, як довжина, маса, час, що позначають відповідними символами.

За міжнародним стандартом ISO, розмірності семи основних величин СІ (відстань – l , маса – m , час – t , сила струму – I , термодинамічна температура – T , кількість речовини – ν , сила світла – J) позначають відповідно прямими великими літерами: L, M, T, I, θ , N, J. Розмірність похідних величин позначають знаком dim. Літери розташовують в алфавітному порядку. Наприклад, розмірність швидкості $\dim v = LT^{-1}$, розмірність сили $\dim F = LMT^{-2}$. Одиниця швидкості $[v] = \text{м/с}$, одиниця сили $[F] = \text{Н}$.

Одним з важливих моментів у формуванні конкретного поняття фізичної величини є її "чуттєве" сприйняття. Оскільки фізична величина уводиться для кількісної характеристики тієї чи іншої властивості фізичного об'єкта, учень повинен навчитися оцінювати значення величини (її масштаб). Одержавши у відповідях до задач площу класу 500 м^2 , відстань між містами 5 м а вагу комара 1 Н , учень повинен оцінити їхню достовірність. Суттєве значення для "чуттєвого" сприйняття фізичної величини має її вимірювання. Саме під час вимірювань учні можуть з'ясувати, які властивості характеризує величина, усвідомити її сутність, дати оцінку одержаним результатам вимірювань.

Починаючи з 7 класу в програмах і підручниках приділяється увага питанням оцінки точності результатів вимірювань, визначенню похибок одержаних вимірів. Проте, оцінка одержаних у результаті експерименту значень фізичних величин, обробки його результатів у школі дуже часто виконується формально. Розбіжності між теоретичними і експериментальними результатами, табличними і одержаними значеннями величин пояснюються неточностями приладів та іншими, інколи надуманими, факторами. Визначення похибок часто вважається другорядною справою і виконується неправильно. Поняття точності вимірювань і похибок вимірювань нерідко отожднюються. У метрології точність вимірювання є величиною оберненою до відносної похибки вимірювання. Похибці в 1% відповідає точність 100. Навіть у метрології точність як характеристика вимірювання використовується рідко. Тому в шкільному курсі фізики, у такому плані, її розглядати і використовувати для оцінки результатів вимірювань недоцільно.

Часто в шкільному експерименті не розрізняють похибку відліку показів засобу вимірювання й інструментальну похибку. В учнів складається уявлення, що прилади ідеально відображають істинний результат і не мають похибок. Фактично, похибка вимірювання розглядається як похибка відліку і приймається рівною половині ціни поділки.

У ряді випадків похибку відліку показів можна зменшити і навіть не брати до уваги, якщо показчик встановлюється навпроти штриха шкали. Інструментальну ж похибку, наприклад, вимірювання сили струму, напруги, одноразового вимірювання об'єму, температури та ін. виключити неможливо.

Інструментальна похибка електровимірювального приладу може прийматися такою, що відповідає половині ціни поділки, якщо невідомо його клас точності. Як правило, для всіх приладів межа абсолютної допустимої похибки узгоджується з ціною поділки. Так, шкільні лабораторні електровимірювальні прилади найчастіше мають четвертий клас точності. Для шкільного вольтметра, клас точності якого 4,0 і межа вимірювання 6 В, межа допустимої похибки $0,24 \text{ В} \approx 0,2 \text{ В}$, для амперметра 0,08 А. Абсолютна похибка результату вимірювання вольтметром дорівнюватиме сумі інструментальної похибки і похибки відліку: $\Delta U = \Delta_i + \Delta_v$. Навіть допускаючи, що фактична інструментальна похибка менша за межу максимальної допустимої, похибка результату вимірювання має бути прийнята не меншою як 0,2 В.

Досить часто в інструкціях до лабораторних робіт пропонується знайти середнє значення результату вимірювань, як таке, що ближче до істинного значення величини, не враховуючи, що це стосується лише багаторазових рівноточних вимірювань. Так, при вимірюванні, наприклад діаметру дроту мікрометром, довжини кімнати рулеткою це цілком виправдано. У цих випадках систематичні похибки (інструментальна, відліку, методу) менші за випадкові.

Якщо систематичні похибки більші за випадкові, то багаторазовість вимірювань втрачає смисл. Покази шкільного лабораторного вольтметра будуть однакові, якщо повторні вимірювання виконуються

за однакових умов і з однаковою старанністю. Це стосується і спільних вимірювань. При визначенні внутрішнього опору джерела струму, знайдене за результатами кількох дослідів його середнє значення може більше відхилитися від істинного, ніж одержане в якомусь одному з цих експериментів.

Наприклад: прямим вимірюванням ЕРС джерела за допомогою шкільного вольтметра одержали: $E = 4,8$ В. При замиканні ключа увімкнений в коло амперметр показав силу струму $I_1 = 1,8$ А, а вольтметр $U_1 = 2,4$ В. Після зміни опору напруга стала рівною $U_2 = 3,2$ В, сила струму $I_2 = 0,9$ А. Похибку вимірювання напруги (ЕРС) приймаємо $0,2$ В, похибку вимірювання сили струму $0,1$ А. У першому випадку значення внутрішнього опору $r \approx 1,3$ Ом, відносна похибка $\varepsilon_r \approx 23\%$, абсолютна похибка $\Delta r \approx 0,3$ Ом.

Результат визначення внутрішнього опору в другому експерименті такий: $r \approx 1,8$ Ом, $\varepsilon_r \approx 36\%$, $\Delta r \approx 0,65$ Ом. Очевидно, середнє значення внутрішнього опору, знайдене за результатами двох дослідів, буде менш точним, ніж результат, одержаний у першому досліді, бо інтервал значень, у якому воно знаходиться, буде ширшим.

У старших класах необхідно, принаймні, звернути увагу учнів і на похибки методів вимірювання фізичних величин та їх вибір. Адже неправильно обраний для даних умов вирішення вимірювальної задачі метод вимірювання може значно вплинути на достовірність одержаних результатів. Саме це часто є причиною того, що результати лабораторного експерименту суперечать очікуваним, теоретично передбаченим.

Використані джерела

1. Кабардина С.И. Измерения физических величин. Элективный курс: Методическое пособие / С.И. Кабардина, Н.И. Шефер. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005. – 136 с.
2. ДСТУ 2681–94. Метрологія. Терміни та визначення.
3. Основные термины в области метрологии: Словарь справочник / М.Ф. Юдин, и др., под ред. Ю.В. Тарбеева. – М.: Издательство стандартов, 1989. – 113 с.
4. Бугайов А.И. Методика преподавания физики в средней школе. Теоретические основы: Учебное пособие / А.И. Бугайов. – М.: Просвещение, 1981. – 288 с.
5. Демкович В.П. Измерения в курсе физики средней школы. Пособие для учителей / В.П. Демкович. – М.: Просвещение, 1970. – 192 с.
6. Каленик М.В. Формирование понятия физической величины в учащихся основной школы 2000 года. Автореф. дис... канд. пед. наук: 13.00.02 / М.В. Каленик. – К.: НПУ ім. Драгоманова. – К., 2000. – 20 с.
7. Нижник В.Г. Вимірювання фізичних величин та обчислення похибок / В.Г. Нижник. – К.: Радянська школа, 1979. – 104 с.
8. Фетисов В.А. Оценка точности измерений в курсе физики средней школы: Кн. для учителя. 2-е изд., перераб. / В.А. Фетисов. – М.: Просвещение, 1991. – 96 с.
9. Чертов Ф.Г. Физические величины (терминология, определения, обозначения, размерности, единицы): Справ. пособие / Ф.Г. Чертов. – М.: Высш. шк., 1990. – 355 с.
10. О чувственном восприятии физических величин <http://fiziks.org.ua/o-chuvstvennom-vospriyatii-fizicheskix-velichin/>

Bojko N. P., Bojko, L. M., Zakaluzny V. M.

ON SOME PECULIARITIES OF FORMATION OF THE CONCEPT OF A PHYSICAL QUANTITY IN A SCHOOL COURSE OF PHYSICS

In the article the peculiarities of formation of the concept of a physical quantity in a school course of physics as a quantitative characteristic of the physical object are shown. Draws attention to the main stages of the study of physical quantities. The concept of "physical quantity" is one of the most important general physical concepts, without a proper understanding of which is essential to the assimilation of physical knowledge. Each specific physical quantity represents the unity of qualitative and quantitative characteristics of one of the inherent properties of various physical objects: bodies, phenomena, processes. The concept of quality does not correspond to any objectively existing objects, these concepts the human mind has created for expressing qualitative measure of things in relation to man. It is a theoretical concept.

One of the reasons of misunderstanding by the pupils of the properties that characterizes an object, is that not always the physical properties of objects and names which quantify them, are the same. For example, the time length and the charge is used to denote the relevant properties and for a number of different characteristics of these properties.

An important moment in the formation of specific physical concepts is the "sensory" perception. Since the physical quantity is introduced to key like characteristics of a particular property of a physical object, the disciple must learn to assess the value (its scale).

In high school, you need at least to draw the attention of pupils and error methods of measurement of physical quantities and their choice. After properly selected for the given conditions the measuring purpose method of measurement can significantly affect the accuracy of the results. This is often the reason that the results of the laboratory experiment are contrary to the eye-observation, theoretically predicted.

Key words: physical quantity, the formation of physical concepts, property, measurement value, measurement error.

Стаття надійшла до редакції 15.05.2015