

УДК 534.01

А. М. Толкачов

ПРОПОЗИЦІЯ ЩОДО ОЗНАЧЕННЯ ФІЗИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Розглянуто поширені непослідовності у визначенні характеристик фізичних процесів. Пропонується в фізичній термінології більше використовувати інтерпретацію відповідних математичних виразів. Проведено аналіз рівняння коливального руху за допомогою запропонованого підходу.

Постановка проблеми. Слухачам досить легко дається розуміння фізичних явищ, які можливо уявити наочно, вони краще сприймають механіку, гірше – молекулярну фізику та електрику. Рівень пізнання сутності явищ, пов'язаних із полями та хвилями, ще гірший. Для військового навчального закладу пошук оптимальної методики викладання фундаментальних дисциплін має особливе значення, тому що слухачі практично цілком спрямовані на набуття військових фахових знань. Отже, викладання, наприклад, фізики та математики у військовому закладі повинно бути стислим, чітким, спрямованим на усвідомлення слухачами фактично тільки основ того чи іншого методу або явища та його використання.

Не заперечуючи необхідність застосування в педагогічному процесі методу запам'ятовування при засвоєнні нових понять, для їх усвідомлення необхідно використовувати також методи моделювання та спрощення уявлень. При цьому слід зауважити, що спрощення може бути як корисним, так і шкідливим. У останньому випадку у слухача може сформуватися тільки спрощене поняття. Важливо, щоб сама методика викладання фізичного явища була чітко зорієнтована на кореляцію із суміжними дисциплінами і підпорядкована обраній фізичній ідеї.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У фізиці завжди існувала суперечливість означень, обумовлена різними поглядами на явище, фаховими особливостями використання термінів, зміною системи одиниць вимірювання або " моди " на назву. Прикладів неузгодженості термінології можна навести багато, розглянемо тільки один: добуток маси на швидкість mv раніше називали *кількістю руху*, а зараз таку величину називають *імпульс* і позначають як p . Проте у теоретичній механіці *кількість руху* залишилась і ліву частину рівняння $\Delta p = F\Delta t$ розглядають як *зміну імпульсу*, а праву – як *зміну кількості руху*. Не можна змінювати назву характеристики залежно від того, через які величини її визначають.

Деякі назви цієї самої характеристики зовсім не сприяє навчанню. Шлях спрощення процесу пізнання підказує відомий вислів: "математика – це мова фізики". Можна сказати, що значною мірою штучні проблеми у фізиці виникають, як це не дивно, через неуважне ставлення до мови математики. Фізики постійно намагаються грати роль перекладача з неї.

Безумовно, існує відмінність математичного і фізичного підходів до аналізу певного явища, що обумовлено специфікою дисциплін. Математик не має потреби у поясненні щодо добутку однієї величини на іншу – він "бачить" його зміст. Фізики вимушені пов'язувати математичні результати з реальними процесами, тому вони повинні надати вказаному добутку назву, іноді не зовсім вдалу. Однак не завжди потрібно шукати додаткових шляхів пояснення, крім тих, що вже існують у математиці. Ситуація з означеннями величин у вітчизняній фізиці ще погіршилась у зв'язку з перекладом їх українською мовою.

Мета статті – показати шляхи створення українських фізичних термінів за допомогою інтерпретації математичних виразів, що застосовують для пояснення фізичного явища.

Виклад основного матеріалу. Велика кількість непорозумінь термінологічного характеру виникає при аналізі фізичних явищ, пов'язаних з використанням похідних різних величин. За загальним поглядом похідна деякої величини f по певному аргументу ε , а саме $df/d\varepsilon$, вказує на те, як змінюється f із зміною аргументу. Фізик повинен дати назву явищу, яке характеризує похідна. Так з'явилися *сила електричного струму* – dq/dt , *градієнт температури* – dT/dx , *дисперсія світла* – $dn/d\lambda$, *швидкість руху тіла* – ds/dt та ін. Слід зауважити, що похідну dr/dt також називають *швидкістю*. Між іншим, у англійській мові ці похідні мають різну назву: перша – *speed*, друга – *velocity*. Якщо деякі назви, такі як сила електричного струму, цілком виправдані, у більшості випадків простіше і, головне, зрозуміліше надати словесне означення математичному виразу відповідної похідної.

Дійсно, зміст явища *дисперсія світла* повністю розкриває вираз: *залежність показника заломлення від довжини хвилі світла* або *градієнт температури – розподіл температури з координатою*.

© А. М. Толкачов

Привернемо увагу на те, що користуючись похідною, необхідно вживати іменник, що позначає поведінку функції стосовно аргументу. Проте в деяких випадках його складно підібрати, особливо коли похідна вказує на динамічну характеристику, таку як швидкість, прискорення і т. п. Наприклад, простіше для розуміння, але безглуздо давати такі означення: *швидкість – це швидкість зростання шляху* або *прискорення – швидкість зміни швидкості*. Іноді у таких випадках вживають слово *інтенсивність*, але більш підходить – *бистрота*. Воно цілком відповідає українській мові, як свідчить новий академічний російсько-український словник [1], і такий термін достатньо часто використовують у підручниках при визначенні похідних. Наприклад, *швидкість – це бистрота зміни положення тіла* [2] або похідна $d\Phi/dt$ вказує на *бистроту зміни магнітного потоку* [3].

Одним із явищ, теорія яких засвоюється важко, є коливальний рух. При тому, що слухачі розуміють природу коливань, розуміння відповідної термінології не завжди має місце. На погляд автора, причина цього значною мірою обумовлена факторами методичного характеру: перший – невдале моделювання коливань, другий – неточне розкриття змісту похідної, що фігурує в теорії явища.

Для пояснення параметрів рівняння коливального руху як приклад часто використовують рух точки по колу, що дозволяє добре демонструвати результат накладання двох взаємно перпендикулярних коливань. Водночас застосування рівняння $y = A \cos \varphi$ для координати точки, що рухається по колу, без відповідних зауважень може створити у слухача плутанину понять. Фазу вводять тут як кут $\varphi = \omega t$, а у попередньому матеріалі ω розглядали як *кутову швидкість*. Тому слухач і для коливального руху сприймає її такою, але тут ω чомусь називають *циклічною частотою*.

Застосування оберտального руху для пояснення коливань поширене у підручниках [4, 5]. У російському виданні [4] фігурує навіть термін "угловая" (кутова) частота для ω . Можливо є спірним, але послідовним для такого підходу, вживання прикметника *кутова*. Чому ж використовують саме термін *частота*, а не *фазова швидкість*, якщо мова йде про фазу? Автор [6] більш обережний і зовсім не використовує обертальний рух як демонстраційний зразок коливань. Він виводить рівняння коливального руху з диференціального рівняння коливань, але все ж таки називає ω *круговою* або *циклічною частотою*. Безумовно, у цих поняттях є логіка, і її слід було розкрити в підручнику.

З цього короткого огляду стає зрозумілою неоднозначність термінології. Автор вважає, що для опису коливального руху зовсім недоцільно вживати терміни обертального руху, а використання терміна *частота* для ω не відповідає уявленню про похідну, що фігурує в теорії явища.

Зміст ω впливає з відомого розв'язку диференціального рівняння коливального руху, що має вигляд тригонометричної функції

$$y = A \cos (\omega t + \varphi_0). \quad (1)$$

З форми запису аргументу зрозуміло, що ω є характеристикою, яка вказує на зміну у часі аргументу функції. У самому розв'язку не існує будь-якого зв'язку аргументу з кутом, тому можна проаналізувати розв'язок у загальному вигляді як деяку функцію з відповідними значеннями аргументу.

Запишемо рівняння (1) у спрощеному вигляді

$$y = A \cos x. \quad (2)$$

У випадку, коли аргумент не змінюється з часом, матимемо звичайну гармонічну функцію, у якій x є набором значень, при яких значення функції повторюється через кожні 2π значень x . Таким чином, аргумент можна представити як $x = 2\pi n$, де n – кількість наборів по 2π , а n змінюється від 0 до нескінченності.

Якщо рівняння (2) описує коливальний процес, то аргумент повинен залежати від часу, тобто існує бистрота його зміни:

$$dx/dt = 2\pi dn/dt. \quad (3)$$

Значення n вже не є простою послідовністю чисел, потрібно визначити їх залежність від часу, а саме $n(t)$. Характерною величиною у вимірі часу коливального руху є період T , протягом якого аргумент змінюється на 2π , що відповідає послідовному зростанню n на одиницю. Одночасно відбувається зміна функції в усьому діапазоні її значень. Таку частину процесу зміни аргументу і функції називають циклом коливального руху. Визначити протяжність періоду T можливо як через періодичність зміни функції [4, 5], так і через періодичність зміни аргументу [6]. Отже, кількість значень n аргументу за час t дорівнює t/T , а значення x можна записати як

$$x = 2\pi t/T. \quad (4)$$

Аргумент тригонометричної функції в рівняннях коливального руху (1), (2) називають фазою і позначають φ . Отже, похідна (3) з урахуванням запису аргументу як φ та формул (1) і (4) набуває вигляду:

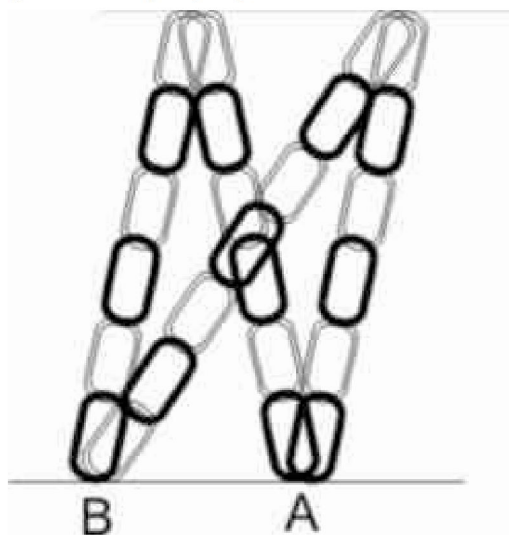
$$dx/dt = d\varphi/dt = \omega = 2\pi/T. \quad (5)$$

Таким чином, одержаний вираз $\omega = 2\pi/T$ відповідно до запропонованого вище підходу слід назвати *бистротою зміни фази*. Вона за виглядом не відрізняється від *циклічної частоти* у [5, 6], але якісний зміст її інший. У запропонованій інтерпретації ω добуток ωt набуває зрозумілого природного змісту – це приріст за час t величини, для якої дана похідна, у нашому випадку – *приріст фази*. Такий висновок співпадає, як і повинно бути, з результатами розгляду коливальних за допомогою інших підходів. Особливість наведеного підходу полягає у тому, що як джерело динамічного процесу розглядається фаза, і як наслідок, він відбувається в функції. Таке тлумачення повністю відповідає математичному уявленню функції.

Введену *бистроту зміни фази* – $d\varphi/dt$ можна було б назвати *фазовою швидкістю*, хоча вона не відповідає звичайному уявленню про швидкість. Фазовою швидкістю взагалі називають швидкість хвилі. Обґрунтованість такого визначення спірна. Поширення коливальних є результатом збурення середовища навколо коливної матеріальної точки. Це збурення відповідає величині u в рівнянні (2) і поширюється у середовищі завдяки його пружним характеристикам. Якби причиною збурення був не коливальний рух, а щось інше, то швидкість поширення збурення була б тою самою, як у хвилі, але слід було б говорити про *швидкість даного процесу*. Називати швидкість хвилі *фазовою швидкістю* [6, 5] тільки тому, що у даному разі має місце періодичний процес, безпідставно. Тоді як застосування терміну *швидкість хвилі*, як пропонується у [4], не створює ніяких незручностей.

Продовжуючи тему наочного уявлення коливальних і хвиль, можна запропонувати для їх кращого розуміння таку демонстрацію. Поняття когерентних хвиль, їх інтерференцію і дифракцію можна пояснювати за допомогою двох ланцюжків з однаковими ланками. Для цього добре підходять пластмасові барвисті ланцюжки довжиною 1 м, що є у продажу. Дві послідовні ланки різного кольору моделюють довжину хвилі λ . Поступово змінюючи довжину одного ланцюжка та порівнюючи його з іншим, нескладно продемонструвати залежність результату інтерференції хвиль від різниці їх ходу.

Більш ефективним є застосування ланцюжків при демонстрації явища дифракції від двох щілин, як це зображено на рисунку.



Демонстрація явища дифракції за допомогою ланцюжків

Ланцюжки підвішують на двох гвіздках, вбитих на відстані, що умовно дорівнює дистанції між щілинами. Якщо деяку лінію на віддаленні від підвісу ланцюжків представити як екран, то місця А, до яких ланцюжки дотягуються з однаковим кольором кілець, відповідатимуть підсиленню коливальних, а у разі різнокольорових кілець, у місцях В, має бути ослаблення коливальних. Так імітують смугасту картину дифракції.

Висновок. Пропонується при застосуванні похідних для описування фізичних процесів назви відповідних характеристик частіше формулювати через інтерпретацію цих похідних. Характеристику зміни фази при коливальному русі пропонується називати *бистротою зміни фази* замість *циклічної частоти*.

Висловлюю щире подяку професору Ю.Е. Кроту за цінні зауваження при підготовці статті.

Список використаних джерел

1. Анніна І.О. Російсько-український словник / І.О. Анніна, Г.Н. Горюшина, Ш.С. Гнатюк та ін. – К.: Абрис, 2003. – 1424 с.
2. Рижов Ю.М. Похідна та її застосування / Ю.М. Рижов. – К.: Вища школа, 1977. – 146 с.

3. Крот Ю.Е. Загальна фізика. Електрика і магнетизм: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / Ю.Е. Крот, С.М. Пастушенко. – К.: Діал, 2006. – С. 214.
4. Зисман Г.А. Курс общей физики / Г.А. Зисман, О.М. Тодес: в 3 т. – М.: Наука, 1972. – Т. 1. – С. 264.
5. Кучерук І.М. Загальний курс фізики / І.М. Кучерук, І.Т. Горбачук, П.П. Луцик: у 3 т. – К.: Техніка, 1999. – Т.1. – 536 с.
6. Савельев И.В. Курс общей физики / И.В. Савельев: в 3 т. – М.: Наука, 1986. – Т.1. – 432 с.

Стаття надійшла до редакції 05.12.2008 р.