

УДК 3(072.3)

Давиденко С.М., Кнорозок Л.М., Руденко М.П.

## ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ЛІНІЙНОГО ТЕПЛООВОГО РОЗШИРЕННЯ ТВЕРДОГО ТІЛА ЗА ДОПОМОГОЮ ЦИФРОВОГО ТОВЩИНОМІРА DT156

*У статті розглядається питання про можливість проведення в шкільному фізпрактикумі лабораторної роботи на визначення коефіцієнта лінійного теплового розширення твердого тіла. Пропонується установка для проведення такої лабораторної роботи на основі цифрового товщиноміра DT156 та послідовність її виконання.*

**Ключові слова:** фізпрактикум, коефіцієнт лінійного теплового розширення твердого тіла, товщиномір DT156, дилатометр.

Завдання формування експериментальних компетенцій учнів є одним із основних завдань навчання фізики в середній школі. З цією метою при навчанні фізики широко використовується як демонстраційний, так і лабораторний експеримент. Особливо сприятливий вплив на формування названих компетенцій має виконання учнями робіт фізичного практикуму, оскільки під час цієї роботи школярі використовують для проведення досліджень складніші фізичні прилади, глибше вникають у суть фізичних процесів та явищ, встановлюють раніше невідомі їм закономірності. Орієнтовний перелік робіт фізичного практикуму, як відомо, наводиться у програмі з фізики [1]. Аналізуючи цей перелік, приходимо до висновку, що він не містить тем лабораторних робіт, зокрема, на визначення коефіцієнта лінійного теплового розширення твердих тіл. Слід відмітити, що ця характеристика твердих тіл є досить важливою з точки зору практичного їх використання. Зокрема, його необхідно враховувати та передбачати компенсаційні механізми при будівництві залізничних колій та мостів, прокладанні довгих прямих ділянок труб систем опалення, встановленні металопластикових вікон, проектуванні великогабаритних конструкцій, прес-форм для лиття деталей тощо. Явище теплового розширення твердих тіл використовується при виконанні механічних складальних операцій при утворенні посадок з натягом, коли втулка нагрівається в індукційній печі або ж вал охолоджується для полегшення їх суміщення чи видалення. Враховуючи все це, вважаємо, що лабораторну роботу на визначення коефіцієнта лінійного розширення твердого тіла доцільно включити у перелік робіт фізичного практикуму для учнів 10 класу.

Щоправда, виконання цієї роботи пов'язане з деякими труднощами. Як відомо, коефіцієнт лінійного теплового розширення визначається як відношення зміни лінійних розмірів тіла до зміни температури, тобто, це відносна зміна довжини на градус зміни температури:  $\alpha = \frac{1-l}{l(t-t_0)}$ . При

практичному визначенні цього коефіцієнта при нагріванні твердого тіла на кілька десятків градусів видовження стержня довжиною кілька десятків сантиметрів, як правило, не перевищує кількох десятків (інколи, сотень) мікронів. Це змушує видовження тіла визначати з великою точністю, а отже, використовувати високоточні прилади. Іншою складністю є необхідність нагрівати стрижень до однакової температури по всій довжині та контролювати цю температуру.

У метрології для вимірювання коефіцієнта лінійного теплового розширення твердого тіла використовують прилади, що мають назву дилатометри. Взагалі дилатометр – це прилад, для вимірювання розмірів твердого тіла. Дилатометри дають можливість визначати лінійне теплове розширення твердого тіла з великою точністю. За конструкцією і призначенням часто виділяють три групи дилатометрів: оптично-механічні, інтерференційні та електронні (з індукційними або ємнісними індикаторами).

В оптико-механічних дилатометрах зміна розмірів тіла призводить до повороту дзеркала, а лінійне розширення вимірюється за зміщенням світлового променя, відбитого від дзеркала. Такий дилатометр дає можливість проводити вимірювання із точністю до кількох десятків нанометрів.

В інтерференційних дилатометрах зміщення реєструється за зміщенням інтерференційних смуг в інтерференційній картині. Цей прилад дає можливість проводити вимірювання із точністю до кількох нанометрів.

У ємнісних дилатометрах зміщення (зміна розмірів твердого тіла при нагріванні) викликає зміну ємності конденсатора, що визначається за допомогою містка або ж за зміщенням частоти коливального контуру. Точність вимірювань менша 1 нм.

В індукційних дилатометрах зміщення викликає зміну індуктивності вимірювальної котушки, яку визначають за допомогою містка чи за зміщенням частоти коливального контуру. Точність вимірювань менша 1 нм.

Слід зазначити, що використовуються й інші типи дилатометрів, точність яких може досягати кілька пікометрів.

Усі ці прилади мають досить високу точність вимірювань, але вони складні у використанні і тому застосовувати їх при виконанні робіт фізпрактикуму в школі вважаємо за недоцільне. Інколи для визначення коефіцієнта теплового розширення твердого тіла (металевого провідника) в шкільних умовах використовується наступний підхід. Беруть металевий провідник довжиною кілька десятків сантиметрів, закріплюють його у натягнутому за допомогою пружини стані, пропускають по ньому струм такої величини, щоб провідник нагрівся на кілька сотень градусів (цю температуру визначають за зміною питомого опору провідника). Вимірюють видовження провідника внаслідок нагрівання та визначають коефіцієнт теплового розширення провідника. Але цей підхід має свої недоліки: по-перше, він застосовний лише для металевих провідників; а по-друге, точність вимірювань є досить невисокою.

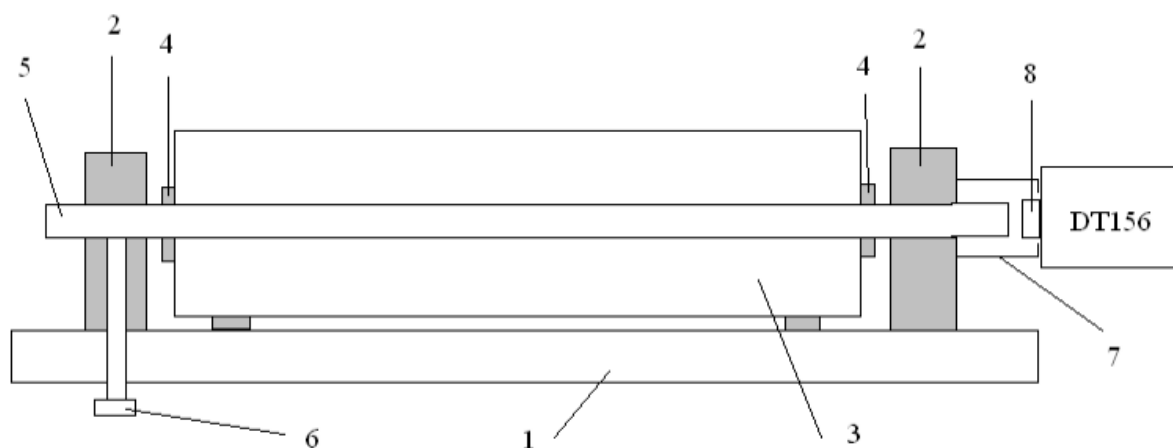
Слід відмітити, що на сьогодні з'явилися прилади, які дають можливість визначити з достатньо високою точністю видовження твердого тіла при нагріванні, і поряд із тим, такі прилади є простими в користуванні та недорогими.

Аналізуючи способи визначення коефіцієнта теплового розширення твердого тіла, наявні прилади та можливість їх використання для визначення цієї характеристики в роботах шкільного фізичного практикуму, ми прийшли до висновку, що:

- 1) для визначення видовження твердого тіла під час нагрівання доцільно скористатися цифровим товщиноміром DT156 (саме таким ми користувалися при розробці лабораторної роботи);
- 2) нагрівання стрижня доцільно проводити у ванночці з водою, що дасть можливість рівномірно прогрівати тіло по всій довжині та порівняно просто контролювати його температуру.

Товщиномір DT156 призначений для неруйнівного вимірювання товщини діелектричних покриттів виробів із чорних металів (за принципом магнітної індукції) або кольорових металів (за принципом вихрових струмів). Він може вимірювати товщину таких покриттів (у нашій роботі – повітряний зазор між датчиком вимірювального приладу та металевим стержнем) від 0 до 1250 мкм, а похибка вимірювань не перевищує 3%. Враховуючи те, що видовження металевого стрижня в лабораторних умовах, як правило, не перевищує кількох сотень мікрометрів, цього інтервалу вимірювань достатньо для проведення лабораторної роботи.

Нами була розроблена та виготовлена установка для визначення коефіцієнта теплового розширення твердого тіла, схема якої зображена на мал. 1.



Мал. 1. Схема установки для визначення коефіцієнта теплового розширення твердого тіла

- 1 – основа; 2 – стійки; 3 – ванночка для води; 4 – кільця-ущільнювачі;  
5 – стрижень; 6 – гвинт; 7 – насадка; 8 – датчик товщиноміра

*Опис установки.* На основі 1 встановлено дві пластмасові стійки 2, через які вільно проходить стрижень 5, коефіцієнт теплового розширення якого визначають. Гвинт 6 дає можливість фіксувати стрижень, а при необхідності – зміщувати його вліво-вправо. При встановленні стрижня його пропускають через отвори у ванночці. Для усунення підтікання води служать ущільнюючі кільця 4. При проведенні вимірювань товщиномір DT156 притискають до насадки таким чином, щоб його датчик 8 розташовувався (але не доторкався) поряд із стержнем.

*Порядок проведення вимірювань.* Збирають установку за схемою, показаною на мал. 1. Встановлюють стрижень 5 таким чином, щоб відстань від його правого кінця до датчика товщиноміра становила 300... 800 мкм. Фіксують стрижень у такому положенні за допомогою гвинта 6. Ретельно вимірюють цю відстань за допомогою товщиноміра. Вимірюють початкову температуру стрижня (температуру навколишнього середовища).

Наливають у ванночку воду температурою 70 – 90°C. Почекавши 2 ... 3 хв., поки прогріється стрижень, вимірюють температуру води у ванночці та відстань від правого кінця стержня до датчика товщиноміра. Різниця значень температури води у ванночці та температури навколишнього середовища дорівнює зміні температури стрижня, а різниця показів товщиноміра – видовженню стрижня. За початкову довжину стрижня беремо довжину від правого його кінця до точки фіксації стрижня гвинтом 6. (Хоча не весь стрижень знаходиться у воді, але, враховуючи добру теплопровідність металу, температура стрижня по всій довжині буде практично однаковою). Робимо відповідні розрахунки. Порівнюємо одержане значення із табличним.

Описана лабораторна робота була успішно апробована в Ніжинському обласному ліцеї, а при визначенні коефіцієнта лінійного теплового розширення сталі одержували значення від  $10 \cdot 10^{-6} K^{-1}$  до  $15 \cdot 10^{-6} K^{-1}$  (при табличному значенні  $12 \cdot 10^{-6} K^{-1}$ ).

### Використані джерела

1. Програма для загальноосвітніх навчальних закладів: Фізика 10 – 11 класи. Профільний рівень.
2. Гончаренко С. У. Методика навчання фізики. Молекулярна фізика / С.У. Гончаренко. – К.: Освіта, 1986. – 208 с.

*Davydenko S.M., Knorozok L.M., Rudenko M.P.*

### DETERMINATION OF THE COEFFICIENT OF LINEAR THERMAL EXPANSION OF SOLID BODIES WHEN USING A DIGITAL THICKNESS GAUGE DT156

*In the article a question is examined about possibility of realization in school Physical workshop of laboratory work on determination of coefficient of linear thermal expansion of solid. Setting is offered for realization of such laboratory work on the basis of digital gaugemeter of DT156 and sequence of her implementation.*

*A task of forming of experimental competences of students is one of basic tasks of studies of physics at high school, why the use of both demonstration and laboratory experiment promotes. The special role the decision of this task is played by those laboratory works, that envisage determination of sizes that have an important practical value. One of such sizes there is a coefficient of linear thermal expansion of solid.*

*Practical determination of this size is related to some difficulties. In particular, at heating of solid on a few ten of degrees of lengthening of bar long a few ten of centimetres, as a rule, does not exceed a few ten (sometimes, hundreds) of micrometres. It змушує lengthening of body to determine with large exactness, and thus, to use high-fidelity devices. Such devices are difficult for the use students. But it follows notices, that devices that give an opportunity to define with high enough exactness lengthening of solid at heating appeared for today, and next to that, such devices are simple in the use and inexpensive. One of them there is a gaugemeter of DT156, that can measure the thickness of dielectric coverages (in our work is an air-gap between the sensor of measuring device and metallic by a bar) from 0 to 1250 мкм, and the error of measuring does not exceed 3%.*

*By us laboratory work and made setting was worked out for determination of coefficient of linear thermal expansion of solid on the basis of gaugemeter of DT156, that is successfully approved in the Nezhin regional lyceum.*

**Key words:** *coefficient of linear thermal expansion of solid, gaugemeter of DT156, dilatometer.*

*Стаття надійшла до редакції 26.04.2017*