

РОЛЬ СПЕЦІАЛЬНИХ ФІЗИЧНИХ ПРАКТИКУМІВ У ПІДГОТОВЦІ МАЙБУТНІХ ВИЧИТЕЛІВ ФІЗИКИ

На прикладі комплексних лабораторних робіт розглядається роль виконання лабораторних робіт спеціального лабораторного практикуму в підготовці майбутніх вчителів фізики з фахової дисципліни. Роботи спрямовані на вироблення навичок проведення та організації самостійних дослідів студентів з фізичного матеріалознавства, наприклад, дослідження модуля Юнга в різних матеріалах, його анізотропії, зміни анізотропії під впливом обробки тиском, відпалу та інше, оцінки точності визначення модуля та можливостей розрахунку його з даних текстури та інших експериментів.

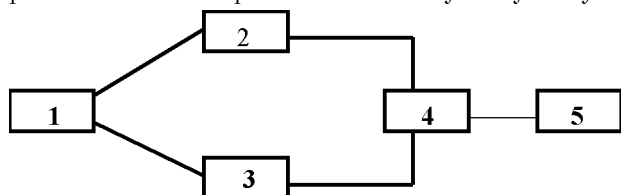
For example of complex laboratory work consider the execution peculiarities and organizations of laboratory works of special physical practical work. Work is upward on making of talking acquired habits and organization of independent students experiments from physical material, for example, research Young's module in different materials, his anisotropy, the anisotropy changes under treatment influence by pressure, annealing and other, module determination exactness estimations and its computation possibilities from texture data and other experiments.

Фізичний експеримент є однією з найважливіших складових підготовки майбутнього фахівця-фізика, викладача фізики. Особливо це стосується спеціальних, за фахом, фізичних практикумів, які, як правило, виконуються на старших курсах (починаючи з 3-го), коли студенти вже прослухали загальний курс фізики і мають не лише досить високий рівень знань з вищої математики та інших предметів, але й добре вміють користуватися електронною апаратурою, вимірювальними приладами, обчислювальною технікою.

Широко відомо, що фізичний експериментальний дослід добре розуміється тільки тоді, коли він проводиться студентом самостійно, який безпосередньо бере участь не тільки в проведенні експерименту, але й у підготовці до нього, не тільки перевіряє здобуті закономірності, а й самостійно дістає нові. При цьому одержання знань супроводжується творчою пошуковою роботою. Все це можна віднести і до учнів [1], з якими пізніше, по закінченні ВНЗ, буде працювати майбутній викладач. Тому, підкреслюючи важливість фізичного практикуму взагалі, розглянемо роль та особливості спеціального практикуму, як лабораторних робіт дослідницько-навчального характеру високого рівня, більш складних у виконанні і потребуючих вищого рівня знань, умінь і навичок у порівнянні із загальним фізичним практикумом.

Розглянемо це актуальне питання на прикладі розроблених на кафедрі методики викладання фізики Південноукраїнського державного педагогічного університету ім. К.Д.Ушинського комплексних лабораторних робіт спеціального фізичного практикуму з фізичного матеріалознавства. Загальний зміст робіт полягає в тому, що студенти можуть в процесі їх виконання проводити ряд окремих досліджень з метою визначення фізико-механічних властивостей матеріалів, їх анізотропії, текстури та структури за допомогою радіоелектронної та рентгенівської апаратури, світлової, растрової та просвічуючої електронної мікроскопії, вести обчислення одержаних експериментальних результатів на ЕОМ, аналізувати результати і робити висновки. В залежності від рівня знань, умінь і практичних навичок у студентів (це визначається семестром, на якому роботи виконуються, а також їх майбутньою спеціальністю, наприклад, фізика-інформатика, фізика-математика та інші) роботи можуть виконуватися у декількох варіантах з різним рівнем складності.

Загальна структурна схема вимірювань наведена на малюнку. Основні фізичні принципи роботи використаної схеми вимірювань полягають у наступному.



На зразок з досліджуемого матеріалу 1 подаються, за допомогою тензодатчиків, збуджуючі коливання від задаючого генератора 2. Частоти власних коливань, які

виникають у зразку 1, вимірюються частотоміром 3 і подаються на електронний осцилограф 4 разом з коливаннями задаючого генератора. На осцилографі 4, методом фігур Ліссажу, визначається співпадання частот задаючого генератора та власного сигналу зразка, після чого дані частотних вимірювань та параметри зразка завантажуються в комп'ютер, де за спеціальною програмою обчислюється модуль Юнга. Розглянемо деякі конкретні варіанти виконуваних робіт докладніше.

В першому варіанті лабораторної роботи основною задачею являється дослідження модуля Юнга в різних матеріалах. Робота має виконуватися згідно з інструкцією до її виконання. В інструкції наводяться: назва роботи, основна мета та основні задачі, які треба вирішити для досягнення цієї мети, перелік основних матеріалів та приладів, які використовуються в роботі, короткі теоретичні відомості, хід роботи, засоби виготовлення зразків, основні схеми експерименту, порядок обробки результатів та вимоги до змісту висновків, контрольні питання, список літератури. Серед матеріалів, які рекомендується дослідити в першому варіанті роботи, можуть бути матеріали з відносно великим, середнім та низьким значенням модуля Юнга такі, як: вуглецеві та леговані сталі, алюміній, мідь, титан, цирконій, свинець, цинк, сплави та інші металеві матеріали, а також неметалеві (скло, полімерні (пхв, пхв та інші пластмаси) і органічні (дерево) матеріали. В інструкції досить вичерпно викладається порядок виготовлення зразків для випробувань, даються вказівки та поради, визначаються необхідні інструменти. В залежності від підготовки та наявності необхідних навичок у студентів їм можна запропонувати виготовити усі зразки для роботи самостійно, або хоча б декілька зразків, наприклад: з листів титану, свинцю, алюмінію, сталі. Ці матеріали мають досить різні модулі пружності, становлять значний інтерес при проведенні експериментів і обговоренні результатів. Крім того, вони мають різну кристалічну будову: об'ємно-і гранецентровану кубічну, гексагональну.

В короткій теоретичній частині розглядаються пружні властивості (моно- та полікристалічних, некристалічних) матеріалів (модулів Юнга та зсуву, коефіцієнтів Пуассона та всебічного тиску) та методи їх визначення. Особлива увага приділяється використуваному в даній роботі методу визначення модуля Юнга вимірюванням коливань на згин напіввільного зразка, підкреслюються переваги даного методу, який дозволяє проводити вимірювання без руйнування зразків і дає можливість застосовувати їх для визначення інших властивостей (електроопору, теплопровідності, теплового розширення). Це дуже важливо при проведенні аналізу поведінки анізотропії різних властивостей одного і того ж матеріалу під дією сторонніх впливів. Після перевірки знань теоретичної частини студенти виготовляють зразки, збирають вимірювальну схему, проводять дослід, обчислюють результати, складають звіт, роблять висновки, звітують викладачеві.

Більш складним є другий варіант роботи, основною метою якого є дослідження анізотропії модуля Юнга матеріалів. В цьому варіанті бажано зменшити кількість

матеріалів досліджень до двох-трьох, оскільки кількість зразків необхідних для проведення дослідів значно зростає. Для зменшення часу на виготовлення зразків, яких для кожного матеріалу необхідно 11, можна запропонувати студентам виготовити зразки тільки для 1-2-ох матеріалів, а потім провести обмін зразками з іншою бригадою студентів, або дати їм частину зразків, які виготовила попередня група студентів.

В теоретичній частині цього варіанту роботи звертається увага на аналіз поведінки пружних властивостей в анізотропному середовищі, особливо якщо це не розглядалося в спеціальному курсі, бо в загальному курсі фізики на це звертається дуже мало уваги [2].

Так, у загальних курсах фізики закон Гука записується у формі.

$$\varepsilon = S \cdot \sigma \quad (1)$$

де S — податливість, ε — деформація, σ — напруження,
або $\sigma = C \cdot \varepsilon \quad (2)$

де $C = 1/S$ — жорсткість.

Але для анізотропних матеріалів ці величини є тензорами, причому σ та ε другого, а C і S — четвертого рангу. Закон Гука для анізотропних матеріалів [3] має вигляд

$$\sigma_{ij} = C_{ijkl} \cdot \varepsilon_{kl}, \quad \text{або} \quad \varepsilon_{ij} = S_{ijkl} \cdot \sigma_{kl} \quad (3)$$

де $i, j, k, l = 1, 2, 3$, тобто, C_{ijkl} і S_{ijkl} — являють собою тензори четвертого рангу, які мають 81 незалежний компонент. Завдяки симетрії матеріалу і діючих сил кількість незалежних компонент C_{ijkl} і S_{ijkl} зменшується до 3 для кубічних матеріалів (Al, Cu, сталь та інші) і до 5 для гексагональних (Ti, Zn, Zr та інші). Тоді залежність модуля Юнга від напрямку в гексагональному кристалі можна записати таким чином:

$$1/E = S_{11} \sin^4 \theta + S_{33} \cos^4 \theta + (S_{44} + 2S_{13}) \sin^2 \theta \cos^2 \theta \quad (4)$$

де E — модуль Юнга, θ — кут між напрямом в кристалі та кристалографічною віссю кристала. Залежність модуля Юнга в площині листа визначається виразом:

$$1/E = A_0 + A_2 \cos 2\varphi + A_4 \cos 4\varphi \quad (5)$$

де A_0, A_2, A_4 — коефіцієнти гармонік, φ — кут між напрямом прокатки та вимірюваним напрямом. Ця формула вірна як для кристалів з кубічною симетрією з об'ємно- та гранецентрованою ґраткою, так і для кристалів з гексагональною ґраткою [4].

Після проведення експериментальних вимірювань та обчислення модуля Юнга студенти повинні побудувати залежність величини модуля від напрямку виготовлення зразків (криву анізотропії) та за допомогою гармонічного аналізу (методом рядів Фур'є) проаналізувати її поведінку в різних матеріалах.

В третьому варіанті студенти досліджують вплив обробки матеріалу на величину та анізотропію модуля Юнга в матеріалах. Вони можуть частково використовувати дані попередніх робіт (якщо вони їх виконували), або самостійно одержувати нові. Дослідження впливу обробки (кування, прокатки, відпалу) на модуль пружності та його анізотропію повинні виконуватися під наглядом та за допомогою технічного персоналу кафедри, який відповідає за роботу складних установок: прокатного стану, пресу, печі та іншого устаткування, яке потребує додаткової кваліфікації, хоча студенти можуть навчитися працювати на них в процесі виконання лабораторної роботи. Після проведення відповідної обробки (прокатки, пресування, відпалу, гартування) студенти виготовляють зразки і проводять випробування зразків за порядком варіанту 2. Аналіз одержаних результатів проводиться співставленням величини анізотропії матеріалу до і після обробки за допомогою кривих анізотропії і гармонічного аналізу.

Четвертий варіант пов'язаний з дослідженням впливу різноманітних факторів на точність вимірювання модуля Юнга та визначення його анізотропії. Цей варіант роботи може виконуватися як окремо, так і в процесі виконання варіантів 1-3. При виконанні роботи окремим варіантом найбільш цікавим, на наш погляд, є вплив на розкид результатів довжини і ши-

рини зразків, неоднаковість зразка по товщині, нерівності країв, наявність задирок, скосів та інших геометричних відхилень від ідеального паралелепіпеду. Великий інтерес має також порівняння точності визначення анізотропії при великих розкидах розмірів зразків (наприклад, 1 : 2, 1 : 3), зразків з різних матеріалів та ін. При виконанні окремої роботи студенти можуть випробувати зразки, виготовлені ними при виконанні попередніх варіантів роботи, а при формулюванні висновків у звіті повинні дати рекомендації до технології виготовлення оптимальних зразків для вимірювання модуля Юнга та його анізотропії. При виконанні цього варіанту як частки попередніх, робиться окремий висновок відносно точності визначення модуля Юнга і впливу різних факторів на неї.

Така лабораторна робота може бути виконана не тільки в спеціальному практикумі фізичного матеріалознавства або фізики твердого тіла, а і, наприклад, у спеціальному практикумі з радіоелектроніки, як робота з визначення характеристик електронних приладів та складання експериментальної установки дослідження модуля Юнга матеріалів. В цьому варіанті, за визначеними величинами модуля Юнга матеріалів (довідковими значеннями) студенти повинні винайти схему проведення експерименту, необхідні для цього прилади (за паспортними даними), змонтувати установку, виміряти та обчислити модуль Юнга та його анізотропію (якщо вона є) відомого матеріалу, оцінити похибку експерименту та визначити головні фактори, які роблять в неї основний внесок, провести порівняльний аналіз, зробити висновки.

Наведені варіанти лабораторних робіт можуть бути тісно пов'язані з роботами інших спецпрактикумів, наприклад, рентгеноструктурним, в якому студенти вивчають внутрішню будову кристалічних, полікристалічних та аморфних матеріалів. При вивченні структури та однієї з її найважливіших складових — текстури, увага студентів привертається до впливу орієнтаційних ефектів на властивості матеріалів та величину їх анізотропії. Наприклад, анізотропія пружних властивостей практично повністю обумовлена кристалографічною текстурою, але анізотропія електричних властивостей дуже сильно залежить від "структурного" фактора. В той же час дослідження текстури дає можливість розрахувати пружні сталі матеріалів за розробленими на кафедрах фізики і методики фізики методиками [5]. Таким чином, вивчивши текстуру, студенти мають змогу розрахувати анізотропію властивостей таких важливих технічних матеріалів, як мідь, цинк, титан та сплави на їх основі, та за допомогою одержаних результатів спробувати розробити рекомендації до технології обробки цих матеріалів. Все це дає можливість надати студентам не тільки добру теоретичну базу, а й добру політехнічну підготовку, вміння проводити самостійні дослідження, працювати зі складною апаратурою та устаткуванням, одержати глибокі знання з основних спеціальних (фахових) дисциплін.

Список використаних джерел

1. *Катица П.Л.* Эксперимент. Теория. Практика. — М.: Наука, 1997. — 282 с.
2. *Кучерук І.М., Горбачук І.Т., Луцик П.П.* Загальний курс фізики. Т. 1. — К.: Техніка, 1999. — 536 с.
3. *Най Дж.* Физические свойства кристалов. — М.: Мир, 1997. — 386 с.
4. *Тарасов А.Ф., Конча Г.О.* Анізотропія характеристик руйнування титанового сплаву. — Матеріали міжнар. конф. присвяч. 200-річчю з дня народж. М.В.Остроградського. 26-27.09.2001р. — Полтава, ПДПУ, 2001. — С. 69-70.
5. *Тарасов А.Ф., Шитов Д.Л., Кожухарь В.Д.* Расчет анизотропии коэффициента Пуассона текстурованного титана // Материалы VI семинара "Моделирование в прикладных научных исследованиях". — Одесса, ОГПУ, 1999. — С. 19-21.