

Ю. Ванчицький [Електронний ресурс].– Режим доступу: <http://vayu2006.narod.ru/ostrog.htm>.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА:

Войтків Галина Володимирівна – аспірант НПУ імені М. П. Драгоманова.

Сиротюк Володимир Дмитрович – доктор педагогічних наук, завідувач кафедри теорії і методики навчання фізики та астрономії НПУ імені М. П. Драгоманова.

Наукові інтереси: застосування сучасних ІКТ в навчанні фізики.

ВІРТУАЛЬНА ЛАБОРАТОРНА РОБОТА ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТЕПЛОВИХ ХВИЛЬ У ВУЗІВСЬКІЙ ЛАБОРАТОРІЇ

Олег ВОЛЧАНСЬКИЙ

У роботі аналізується вивчення студентами хвильових процесів у вузівській лабораторії. Пропонується доповнити його дослідженням властивостей теплових хвиль. Представлена віртуальна лабораторна робота по вивченню властивостей теплових хвиль. Наведені типові завдання досліджень та аналіз очікуваних результатів.

The studying of wave processes by students in a teaching laboratory is under analysis in the work. It suggests to add the investigation of the thermal wave properties into the syllabus. A virtual laboratory workshop for thermal wave properties studying is presented. The paper offers typical research tasks and the analysis of the expected results.

Одним із фундаментальних понять у сучасній фізиці є поняття коливальних процесів та розповсюдження їх у просторі у вигляді хвиль. Поряд з елементарними порціями речовини – атомами і молекулами в курсі сучасної фізики впевнено отримали місце кванти механічних коливань – фонони, електромагнітних – фотони, спінових – магнони і т.д. Більше того, при вивченні багатьох явищ мікросвіту доводиться розглядати мікрочастинки не як тіла, як кванти хвиль де Бройля. Тому важливим є формування у майбутніх вчителів розуміння динаміки хвильових процесів, універсальності законів коливальних явищ у природі.

Вивченню хвильових процесів приділяється велика увага в курсі фізики. Виконання відповідних лабораторних робіт заплановано при вивченні розділів “Механіка”, “Електрика і магнетизм”, “Оптика”, “Атомна та ядерна фізика” [1]. В цих роботах експериментально досліджуються властивості механічних та електромагнітних хвиль або використання цих двох типів хвиль для вивчення фізичних явищ.

Водночас поза межами лабораторного практикуму залишаються інші типи хвиль і зокрема такий цікавий вид їх як теплові. Окрім збільшення обсягу знань студентів про хвильові процеси, вивчення даного типу хвиль дозволило б поліпшити викладання розділу “Термодинаміка та молекулярна фізика”, в якому експериментальне дослідження хвильових процесів зводиться лише до використання звукових та електромагнітних хвиль при вимірюванні теплоємності [2].

Теплові хвилі виникають при модульованому в часі нагріванні зразка. Результируючі коливання температури, що поширюються від місця нагріву, набули назву теплових або температурних хвиль [3]. Особливістю цих хвиль, на відміну від акустичних, є сильне затухання (порядку 500 разів на довжині хвилі λ_T , а, також залежність λ_T , а, значить і глибини затухання від частоти модуляції джерела нагріву ($\lambda_T \sim \omega^{-1/2}$).

Ця унікальна властивість робить теплові хвилі незамінним інструментом при пошаровій безруйнівній діагностиці невеликих за розмірами об'єктів, наприклад, виробів мікроелектроніки [4]. В області модульованого нагріву середовища створюється своєрідний “тепловий зонд”, переміщуючи який можна досліджувати внутрішню будову зразка, виявляючи місця неоднорідності його теплових властивостей (тріщини, пустоти, фазові границі і т.д.). Причому розмірами зонду, а також глибиною зондування можна керувати, змінюючи частоту модуляції джерела нагріву.

Оскільки через сильне затухання детектувати безпосередньо теплові хвилі важко, їх реєструють за супутніми явищами: генерованими за рахунок теплового розширення механічними коливаннями, надлишковим тепловим випромінюванням, зміні показників заломлення і відбивання світла і т.д. [5].



Рис.1

Щоб отримати якісне уявлення про механізм генерування термохвильового сигналу

в конденсованому середовищі, розглянемо наступну найпростішу одновимірну модель. Нехай пластина

ізотропного твердого тіла товщиною d рівномірно освітлюється в площині $x=0$ світлом, модульованим за інтенсивністю по закону:

$$I = I_0(1 + \cos(\omega t)) / 2 \quad (1)$$

Для спрощення розрахунків розв'яжемо задачу у комплексному вигляді. Припустивши, що вся поглинута світлова енергія перетворюється в теплову, можемо записати рівняння теплопровідності:

$$c\rho \frac{\partial T}{\partial t} - \chi \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = \alpha \frac{I_0}{2} e^{-\alpha x} e^{i\omega t}, \quad (2)$$

де c , ρ , χ і α - питомі теплоємність і густина, теплопровідність і коефіцієнт оптичного поглинання матеріалу, T - модульована температура зразка.

Відкинувши із фізичних міркувань доданок із зростаючою вглиб зразка температурою і нехтуючи тепловідводом в навколишнє середовище, отримуємо температура на глибині x у комплексному вигляді :

$$T(x,t) = \frac{\alpha I_0}{2\chi(\eta^2 - \alpha^2)} (e^{-\alpha x} e^{i\omega t} - \frac{\alpha}{\eta} e^{-x/l} e^{i(\omega t - x/l)}), \quad (3)$$

де $A_1 = \frac{\alpha I_0}{2\chi(\eta^2 - \alpha^2)}$; $A_3 = -\frac{\alpha}{\eta} A_1$;

$$\eta = (1+i)(\omega c\rho / 2\chi)^{1/2} = \frac{(1+i)}{l}; \quad l = (2\chi / \omega c\rho)^{1/2}.$$

Перший доданок описує коливання температури, зумовлені поглинанням світла в даній точці, а другий відповідає теплу, що надійшло від інших областей середовища і описує власне теплову хвилю. Довжина теплової дифузії $l = (2\chi / \omega c\rho)^{1/2}$ відповідає глибині затухання хвилі в e разів. Із рівняння поверхні рівної фази $\varphi = \omega t - x/l$ можна отримати, що швидкість хвильового фронту $v = \omega l = (2\omega\chi / c\rho)^{1/2}$ пропорційна $\omega^{1/2}$. Довжина хвилі $\lambda = vT = 2\pi l$.

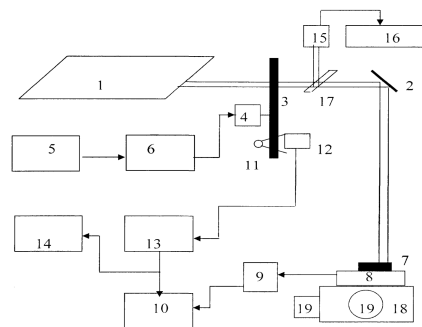
Бачимо, що теплові хвилі мають принципові відмінності від традиційно досліджуваних в лабораторному практикумі акустичних та електромагнітних хвиль, оскільки, по-перше, швидкість хвильового фронту залежить від частоти модуляції і, по-друге, в самому записі хвильового рівняння закладено сильне затухання амплітуди хвилі з

глибиною: $T(x,t) = \frac{\alpha^2 I_0}{2\chi\eta(\eta^2 - \alpha^2)} e^{-x/l}$. Для

твердих тіл глибина затухання теплових хвиль сягає від 1 мм для частот порядку 10 Гц до 1 мкм для частот порядку 10 МГц [5].

Сильне затухання робить практично неможливим безпосередню реєстрацію теплових хвиль (наприклад піроелектричними датчиками), тому найчастіше детектують акустичні хвилі, що виникають всередині зразка за рахунок теплового розширення в області проходження теплової хвилі. Слід зазначити, що, оскільки в звуковому діапазоні акустичні хвилі на декілька порядків довші за теплові і за характерні розміри неоднорідностей, на яких розсіюються теплові хвилі, вони в даному випадку слугують лише пасивними носіями інформації, отриманої від хвиль теплових.

Розглянемо блок-схему типової експериментальної установки (Рис.2). Генерація теплових хвиль здійснюється за рахунок нагрівання поверхні зразка променем лазера неперервної дії. Для амплітудної модуляції випромінювання лазера направляється на диск 3 з отворами, який обертається за допомогою двигуна 4.



- 1 – газований лазер (ЛГ-38 або ЛГ-62);
- 2 – дзеркало;
- 3 – диск модулятора;
- 4 – електродвигун Г-31;
- 5 – генератор ГЗ-34;
- 6 – підсилювач потужності У-100;
- 7 – досліджуваний зразок;
- 8 – п'єзоелектричний перетворювач (кераміка ЦТС-19);
- 9 – попередній підсилювач УНІПАН-233-6;
- 10 – синхронний підсилювач УНІПАН-232;
- 11 – лампа розжарювання;
- 12, 15 – фотодіоди;
- 13 – підсилювач УЗ-8;
- 14 – частотомер ЧЗ-38;
- 16 – цифровий вольтметр В7-23;
- 17 – скляна пластинка;
- 18 – двокоординатний столик;
- 19 – мікрометричні гвинти;

Рис. 2

Промінь збуджуючого випромінювання за допомогою дзеркала 2 направляється на об'єкт дослідження 7, що знаходиться в акустичному контакті з датчиком 8 (п'єзоелектричний перетворювач). Для виділення корисного сигналу із шумів застосовується метод синхронного детектування. В цьому методі корисний сигнал разом із шумами подається на основний вхід синхронного детектора, а опорний, модульований тотожно падаючому на зразок оптичному променю, – на допоміжний вхід. В результаті із усієї поданої напруги виділяється і підсилюється лише сигнал, що по формі збігається з опорним.

Опорний сигнал формується оптичною системою, яка складається з лампи розжарення 11 і фотодіода 12. Модульована напруга з фотодіода через підсилювач 13 потрапляє на вхід опорного сигналу підсилювача з синхронним детектором 10. Частина сигналу з

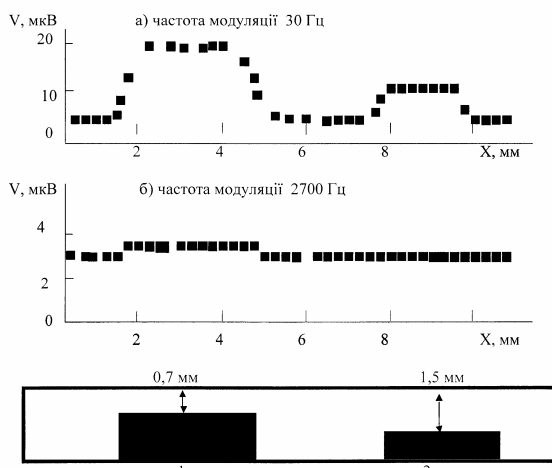
виходу підсилювача 13 відгалуджується на частотомір 14 для контролю частоти модуляції. Інтенсивність збуджуючого лазерного випромінювання контролюється системою, що складається із фотодіода 15 і цифрового вольтметра 16.

П'єзодатчик 8 розміщується на двокоординатному столику 18, що дозволяє здійснювати переміщення зразка відносно нерухомого лазерного променя з допомогою мікрометричних гвинтів 19. Сигнал п'єзодатчика через попередній підсилювач 9 потрапляє на основний вхід синхронного підсилювача 10.

Хоча метод п'єзодатчика і є одним з найпростіших у фототермоакустиці, однак на практиці для отримання прийняттого рівня акустичного сигналу доводиться використовувати достатньо потужні лазери та високочутливу вимірвальну апаратуру. Не дуже просто також здійснити амплітудну модуляцію випромінювання лазера з можливістю змінювати її в необхідному діапазоні частот. Далеко не кожен навчальний заклад може дозволити собі створити таку установку в навчальній лабораторії. Приємним винятком є фізичний факультет Київського національного університету, де така установка створена і використовується в навчальному процесі [6].

В даній статті пропонується використання віртуальної лабораторної роботи, за допомогою якої можна було б моделювати експеримент по вивченню властивостей теплових хвиль. В роботі вивчається сильнозатухаючий характер теплових хвиль і залежність глибини затухання від частоти.

Моделні зразки являють собою пластинки із різних матеріалів (алюміній, мідь, кремній), всередині яких на різних глибинах створені порожнини. Сама ж поверхня зразка полірована для досягнення максимальної її однорідності.



Мал. 3.

На першому етапі після запуску програми і ознайомлення з блок-схемою установки студентам пропонується задати параметри експерименту: матеріал зразка, топологія залягання областей з порушеними тепловими властивостями, частота модуляції. Після цього іде запуск сканування поверхні зразка фокусованим лазерним променем і автоматична побудова комп'ютером графіку залежності сигналу п'єзодатчика від положення зондуючого променя. На тих ділянках зразка, де теплова хвиля починає розсіюватись на підповерхневому дефекті, змінюється сигнал п'єзодатчика.

Як приклад на рис. 3 наведені отримані за допомогою описаної програми термохвильові топограми алюмінієвого зразка на двох різних частотах модуляції. В пластині змодельовано механічні дефекти – отвори діаметром 3,6 мм різної глибини, як показано на умовному розрізі зразка (пустоти показані темним кольором).

Із топограми, знятої на частоті 30 Гц (Рис. 3 (а)) видно, що ФА сигнал зростає там, де лазерний промінь зондує області з погіршеними умовами відводу тепла (підпо-верхнева порожнеча). Довжина теплової дифузії на даній частоті $l \approx 1,15$ мм. Амплітуда сигналу від області з дефектом 1 (глибина залягання 0,7 мм) приблизно в 2,5 рази більша, ніж від бездефектної області, а для області з дефектом 2 (глибина залягання 1,5 мм) – приблизно в 1,7 рази більша, ніж бездефектної.

Топограма на частоті 2700 Гц для того ж зразка наведена на Рис.3 (б). В цьому випадку довжина теплової хвилі, а значить і глибина її проникнення менше від глибини залягання дефектів. З малюнку видно, що сигнал від всіх областей практично однаковий, а значить “тепловий зонд” не досягає дефектної області і “не відчуває” ніяких порушень структури зразка що .

На основі цих даних визначається довжина теплової хвилі на різних частотах модуляції і порівнюються з розрахунковими. Робиться висновок про сильнозатухаючий характер теплових хвиль і залежність їх довжини та глибини затухання від частоти модуляції джерела нагріву.

Виконання запропонованих у даній роботі досліджень дозволить студентам глибше вивчити особливості хвильових процесів та краще осягнути універсальність коливальних процесів в природі на прикладі теплових хвиль, а також закріпити знання розділу «Термодинаміка».

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Програми для фізико-математичних факультетів педінститутів. Зб.№ 2. За заг ред. М.І.Шкіля та Г.П.Гриценка. – К.: РОВО “Укрвузполіграф”, 1992 – 144 с.

2. Лабораторный практикум по общей физике (под ред. Е.М.Гершензона, Н.Н.Малова. – М.: Просвещение, 1985. – 351 с.
3. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т.2 – М.: Наука, 1975. – 551 с.
4. Rosencwaig A. Thermal wave microscopy with photoacoustics // J.Appl.Phys. – 1980. – Vol.51, №4. – P.2210-2211.
5. Жаров В.П., Летохов В.С. Лазерная оптико-акустическая спектроскопия – М.: Наука, 1975. – 320 с
6. Волчанський О.В., Кузьмич А.Г. Стенд для вивчення властивостей теплових хвиль за допомогою

термоелектричного ефекту // Наукові записки Кіровоградського педуніверситету, 2008, Серія: Педагогічні науки. Вип.77, Ч.1., С.311-315.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА

Волчанський Олег Володимирович – кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри фізики та методики її викладання Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка.
Наукові інтереси: фототермічні та фотоакустичні явища в напівпровідниках, методика викладання фізики, реформування вищої освіти України.

АКСІОЛОГІЧНИЙ АСПЕКТ ОРГАНІЗАЦІЇ НАВЧАЛЬНОЇ ПРАКТИКИ З ФІЗИКИ

Наталія ГАЙ

У статті розглянуті можливості навчальної практики з фізики у формуванні ціннісної сфери школярів. Виділені умови, дотримання яких допоможе вчителю здійснити формування ціннісної сфери школярів під час проведення навчальної практики.

The article discussed the possibility of training practices in physics in shaping the value field school. Dedicated conditions, compliance with which will help the teacher to the formation of the value field of students during training practice.

Сучасні проблеми нашої країни пов'язані із низьким рівнем цінностей у молоді (студентства, школярів). Одним із шляхів для їх подолання ми бачимо у підвищенні ціннісної сфери кожної з особистостей. Адже ціннісні установки, норми та ідеали особистості виступають визначальними моментами у цілепокладанні, плануванні і здійсненні будь-якої діяльності, так як вони надають їм осмисленості і значущості. Тому питання формування ціннісного ставлення школярів до власної діяльності, навколишньої дійсності, а особливо набутих знань є актуальним у сучасній шкільній освіті. Таким чином, робота вчителя повинна бути спрямована на реалізацію аксіологічного підходу до організації навчального процесу. Поряд з усіма можливими формами здійснення навчальної діяльності школярів, навчальна практика має широкі можливості для реалізації зазначеного підходу.

У зв'язку з цим, мета нашої статті полягає у з'ясуванні можливостей навчальної практики з фізики у формуванні ціннісної сфери школярів.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати наступні завдання:

- зробити аналіз літератури з теми дослідження;
- розглянути, у чому полягає цінність фізичного знання для школярів;
- виділити умови, за яких формування ціннісної сфери школярів під час навчальної практики з фізики, буде найефективнішим.

Аналіз літератури дозволив встановити, що цінностям, їх класифікації та формуванню

присвячена значна кількість робіт вітчизняних і зарубіжних вчених, таких як Ю.В. Артюхович [2], А.И. Суббето [10], М.С. Каган [6], І.Ф. Надольний [12], І.В. Бичко [13], М.І. Горlach [14], О.М. Власенко [3], В.Д. Шарко [16] та інші.

Аналіз літератури з проблеми дослідження дозволив також встановити, що цінності є предметом вивчення багатьох дисциплін таких як філософія, соціологія, психологія та педагогіка.

У філософській літературі [13, 14] цінність визначається як об'єктивна значущість явищ, речей, ідей зумовлену потребами та інтересами соціального суб'єкта. Але цінністю є не тільки наше ставлення до об'єктивних речей, а й предмети, які знаходить людина для задоволення своїх потреб. З іншого боку, цінності розглядають як специфічні соціальні визначення об'єктів навколишнього світу, що виявляють їх позитивне або негативне значення для людини і суспільства. В інших джерелах [12] цінності розглядаються як функції предметів навколишнього світу задовольняти потреби людини.

З точки зору соціології, цінності виступають інструментом соціального регулювання [3]. Тобто, це ланка, яка поєднує інтереси і потреби людини з її конкретними ідеями, діями та поведінкою. Терміном «цінність» соціологи позначають один із найважливіших моментів практичної взаємодії з її навколишнім середовищем та іншими людьми.

У психології [7, 9] категорія «цінність» розглядається одночасно як поєднання когнітивного і мотиваційного, та синтез смислового і емоційного компонентів. У першому випадку мається на увазі, що цінності організують процес пізнання і виступають мотивами діяльності особистості. У другому поєднуються осмислення усіх категорій