

ФОРМУВАННЯ У СТУДЕНТІВ ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ ДОСЛІДНИЦЬКО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ НАВИКІВ РОБОТИ ІЗ СУЧАСНИМИ СПЕКТРАЛЬНИМИ ПРИЛАДАМИ

Степан ВЕЛИЧКО, Сергій КОВАЛЬОВ, Юрій КОВАЛЬОВ

У статті розглянуто оригінальну лабораторну роботу з градування та налаштування спектрометра від універсального навчального комплексу „Спектрометр 01” та її методичне забезпечення з елементами синергетичного підходу до організації навчального процесу. Дана робота може слугувати пропедевтикою у підготовці студентів до роботи з устаткування зі складними системами керування та сприяти формуванню якісної підготовки високопрофесійного фахівця технічного профілю.

The paper considers the original laboratory work on calibration and tuning spectrometer training kit "Спектрометр 01" and its methodical providing with the elements of the synergetic approach towards organization of educational process. This paper can serve as propedeutics of work with complicated systems and help create a quality engineering education of the student.

Актуальність теми. Фізика є фундаментальною наукою у процесі якісної підготовки високопрофесійних фахівців технічних спеціальностей. Високий рівень динаміки розвитку науково-технічного прогресу ставлять нові вимоги до організації навчального процесу у вищих навчальних закладах, що готують фахівців технічного профілю. Щоб залишатися конкурентоспроможним фахівцем, сьогодишнім студентам потрібно бути готовим динамічно і дуже часто самостійно поповнювати свої знання протягом всієї професійної діяльності, весь час навчатися новому. Процес навчання у ВНЗ повинен у першу чергу виховувати вміння та навички навчатися самостійно та відображати сучасні досягнення науки і техніки та інформаційно-комунікаційної технології (ІКТ), слугувати пропедевтикою роботи із сучасними складними автоматичними системами, сприяти формуванню якісної технічної освіти студента [1].

Мета статті – розглянути оригінальну лабораторну роботу, яка передбачає налаштування роботи спектрометра від універсального навчального комплексу „Спектрометр 01” [3] та її методичне забезпечення з урахуванням синергетичних підходів до організації навчально-пізнавальної діяльності студентів.

Аналіз опублікованих праць. Як приклад застосування нового універсального спектрального обладнання, яке працює у поєднанні із засобами ІКТ [2-3], у навчальному процесі при вивченні загальної фізики з метою формування вмінь у студентів працювати зі складними вимірювальними системами, запропоновано лабораторну роботу "Градування спектрометра", що пов'язана з налаштуванням спектрометра [3]. Відмітимо, що названа робота крім використання засобів ІКТ, містить в завданнях елементи, що визначаються сучасними підходами до створення обладнання та проведення високотехнологічних досліджень з отриманням та обробкою експериментальних даних, які є особливими, відрізняються новизною, і разом з тим дають позитивний педагогічний ефект для студентів, які вивчають фізику й у яких одночасно формується світоглядна картина про сутність сучасного фізичного експериментування.

Детальні інструкції щодо виконання лабораторної роботи наведено в методичному посібнику, який входить до комплексу приладів і матеріалів, що додаються до роботи [3].

Виклад основного матеріалу. Поряд з чіткими інструкціями до лабораторної роботи ми пропонуємо ще один варіант інструкції, яка може використовуватися у навчальному процесі з упровадженням елементів синергетичного підходу. В загальних інструкціях відображена основна ідея самоорганізації суб'єктів навчального процесу. При цьому загальні інструкції містять чітко визначені мету і завдання, які повинен виконати студент, а також в них запропоновані деякі можливі шляхи (як правило один з них) досягнення поставлених задач. Проаналізуємо детальніше варіант такої інструкції до згаданої лабораторної роботи "Групування спектрометра".

Мета роботи передбачає вивчити будову і принцип дії основних складових спектрометра та отримати експериментальні дані, що забезпечують точність і результативність його роботи.

Обладнання: 1 – спектрометр; 2 – програма „Спектрометр_01.exe”; 3–лінійка; 4 – джерело світла (еталонний спектр); 5 – інструкції до роботи та опис приладу; 6 – комп'ютер; 7 – правила з техніки безпеки.

З метою поліпшення підготовки студентів до практичному пропонуються такі питання для допуску до дослідно-експериментальної роботи.

1. Опишіть оптичну схему приладу?
2. Які правила з техніки безпеки при роботі з приладом є особливо важливими?
3. З яких елементів складається фотореєструвальна частина приладу?
4. Як у приладі реалізовано сканувальний механізм?

Теоретичні відомості

З технічними характеристиками оптичної системи універсального спектрального приладу та описом програмного забезпечення, яке дає можливість керувати приладом, можна ознайомитись у документах, які додаються до обладнання.

Для правильної роботи спектрометра програма, яка керує установкою, використовує декілька експериментальних функцій, що забезпечують точність вимірювання інтенсивності оптичного випромінювання та позиціювання рухомих частин двох сканувальних пристроїв приладу. Один з пристроїв забезпечує сканування досліджуваного спектра поворотом дзеркала, яке відбиває дифрагований пучок випромінювання після голографічної дифракційної ґратки у бік вихідної щілини і фотореєструвальної частини приладу, другий сканувальний пристрій унеможливує зміщення вихідної щілини, забезпечуючи одержання на виході чіткого зображення спостережуваної спектральної лінії в спектрі незалежно від діапазону спектра, якому вона належить, тобто незалежно від довжини хвилі, яка її характеризує.

Відомо, що для задання функціональної залежності між двома величинами в математиці використовуються аналітичний, графічний та табличний методи. Зміст табличного методу полягає в записі множини пар чисел, де на першому місці у цій парі чисел стоїть значення незалежної змінної, а на другому – відповідне значення функції.

У керуючій програмі використовуються три експериментальні функції, які задані табличним методом і зберігаються у спеціальному файлі з розширенням CLB. До даних функціональних залежностей відносяться: $\lambda = f(x)$ – співвідношення між координатою сканера та довжиною хвилі, яка їй відповідає, $K = f(\lambda)$ – співвідношення між довжиною хвилі, яка спрямовується на фотодатчик, та його чутливістю і положенням вихідної щілини.

Зразок графічної залежності вигляду $\lambda = f(x)$, подано на рис. 1. Відповідно табличний спосіб представлення такої функції представлено таблицею 1.

Якщо точки x_1 та x_2 знаходяться близько, то для монотонно зростаючої функції можна вважати з достатнім наближенням, що графік між цими точками добре апроксимується прямою лінією, а відповідну аналітичну функцію на цьому проміжку можна апроксимувати за допомогою рівняння прямої. Проаналізуємо випадок, коли необхідно визначити значення функції на проміжку між близькими точками x_1 і x_2 . Нехай існує деяка точка x_0 , а значенням функції в цій точці є λ_0 . Тоді це графічно можна зобразити так, як показано на рис. 2.

Таблиця 1.

λ	λ_1	λ_2	λ_3
x	x_1	x_2	x_3

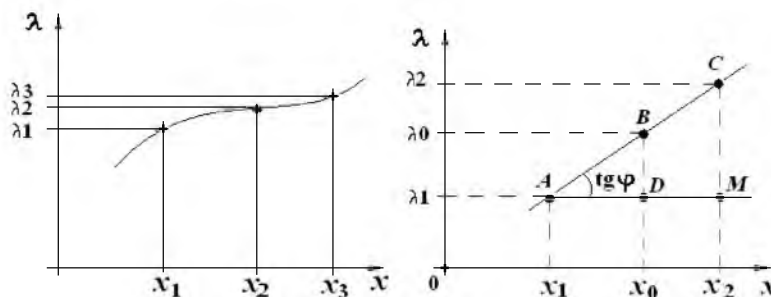


Рис. 1. Схема графіку $\lambda = f(x)$. Рис. 2. Вигляд частини графіку.

Як видно з рпс. 2 $\text{tg}\varphi$ з одного боку можна визначити з трикутника $\triangle ABD$ а з іншого боку з трикутника $\triangle ACM$, а саме:

$$\text{tg}\varphi = \frac{\lambda_2 - \lambda_1}{x_2 - x_1} \quad \text{або} \quad \text{tg}\varphi = \frac{\lambda_0 - \lambda_1}{x_0 - x_1} \quad (1)$$

Тоді з (1) маємо:

$$\frac{\lambda_2 - \lambda_1}{x_2 - x_1} = \frac{\lambda_0 - \lambda_1}{x_0 - x_1} \quad (2)$$

Виразимо з (2) значення λ_0 через x_0 :

$$\lambda_0 = \frac{(x_0 - x_1) \cdot (\lambda_2 - \lambda_1)}{(x_2 - x_1)} + \lambda_1 \quad (3)$$

Як видно з (3), знаючи координати крайніх близьких точок $(x_1; \lambda_1)$ та $(x_2; \lambda_2)$ деякої області, можна визначити значення функції для будь-якого x_0 , що знаходиться в межах між x_1 та x_2 .

Описаний спосіб реалізовано у програмі керування приладом, що в поєднанні з експериментальними залежностями, які задані табличним методом, дають можливість повною мірою реалізувати визначення функції та обчислення відповідних їй координат. Кожна з функцій у програмі реалізована через сорок одну експериментальну пару $(x; y)$. Задати функцію в програмі можна за допомогою діалогового вікна, яке показано на рпс. 3. Після введення даних у відповідні поля діалогового вікна можна створити, а потім і під'єднати CLV файл за допомогою спеціальних кнопок.

Щоб програма правильно працювала, необхідно в ході введення даних розуміти їх фізичний зміст, тобто не записувати недопустимі значення та зберігати необхідну послідовність у процесі введення експериментальних даних.

Детальний аналіз залежності $\lambda = f(x)$ дає такі узагальнення. Коли вхідна щілина приладу освітлюється деяким оптичним випромінюванням, ми можемо спостерігати його спектр. Якщо джерелом є відома речовина, то і спектр, який ми будемо спостерігати, є відомим. Спрямувавши сканер на обрану спектральну лінію, ми можемо говорити як про довжину світлової хвилі даної лінії, так і про координату сканера, на яку він при цьому перемістився від свого початкового положення. Будь-яку спектральну лінію можна охарактеризувати як довжиною хвилі, так і координатою сканера, яка їй відповідає. Тобто між положенням сканера і довжиною хвилі, на яку він спрямовується, існує функціональна залежність, яку можна визначити експериментально за допомогою еталонного спектра.

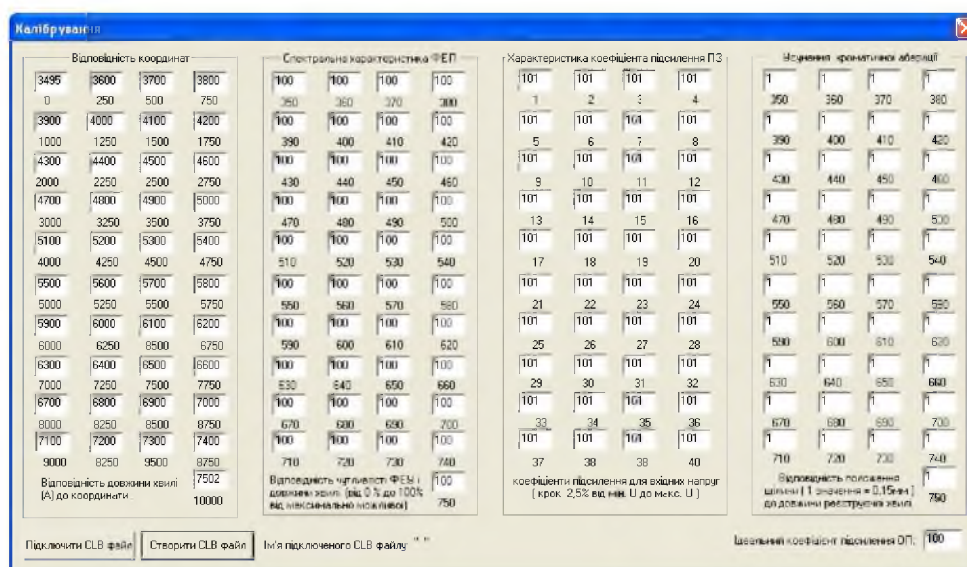


Рис. 3. Вікно для створення калібрувального файлу

Залежність $K = f(\lambda)$ – це характеристика, яка відображає той факт, що на різні довжини хвиль фотодатчик реагує по-різному, тобто для двох різних довжин хвиль з однаковою інтенсивністю, величина фотоструму, яка їм відповідає, відрізняється. Така ситуація пояснюється явищем фотоелектру, при якому енергія фотоелектронів залежить від частоти світла, а відповідно у фотодатчиках, побудованих на принципах множення фотоелектронів, чутливість дуже залежить від довжини світла, яким вони опромінюються. Отримати дану залежність можна експериментальним шляхом за допомогою джерела світла з відомим розподілом енергії по спектру. При проведенні експерименту для визначення $K = f(\lambda)$ необхідно вибрати лінію з максимальною інтенсивністю і прийняти її за 100%, потім переміщуючи сканер на іншу спектральну лінію з відомою інтенсивністю, робити висновок про зміну фотоструму у відсотках, склавши пропорцію у відповідності до формули (4).

$$\frac{I_{100}}{E_{100}} = K' \frac{I_x}{K_x} \quad (4),$$

де I_{100} – величина фото струму, який відповідає 100 %;

E_{100} – енергія спектральної лінії, прийнятої за 100 %;

I_x – величина фотоструму досліджуваної лінії;

E_x – відома енергія досліджуваної лінії;

K – величина, обернена чутливості фотодатчика.

Виконання роботи

Завдання 1: Визначення співвідношення між довжиною хвилі та координатами сканера.

1. Запустіть програму та увімкніть прилад.
2. Увімкніть еталонне джерело світла та встановіть його у потрібне місце на оптичній вісі спектрометра.
3. Запустіть діалогове вікно напівавтоматичного керування приладом та у стартовому діалоговому вікні підтвердіть пошук координат сканера.
4. Використовуючи атлас спектра джерела випромінювання та виконуючи одиничні переміщення, фіксуйте по атласу довжину хвилі спектральної лінії та координату сканера, яка їй відповідає.
5. Побудуйте на основі даних з пункту 4 графік $x = f(\lambda)$.
6. Використовуючи експериментальну криву, отриману в пункті 5, визначте довжини хвиль та координати, які їм відповідають, через кожні 250 точок, а результати занесіть до таблиці 2.
7. Зробіть висновок про вигляд отриманої функції $x = f(\lambda)$.

Таблиця 2.

x	250	500	750	1000	...	9000
λ						

Завдання 2: Градування шкали для визначення інтенсивності спектральних ліній.

1. Перемістіть сканер у положення $\lambda = 4800 \text{ \AA}$ та зафіксуйте покази інтенсивності у відповідному полі діалогового вікна напівавтоматичного керування. Дану інтенсивність прийміть за 100%.
2. Використовуючи покрокове переміщення сканера та атлас спектрального розподілу енергії випромінювання джерела світла, зафіксуйте інтенсивність, яку фіксує спектрометр для кожного положення сканера, та розрахуйте чутливість фотодатчика K у кожному випадку.
3. Результати обчислень та експериментальні дані, отримані в пункті 1 та 2, занесіть до таблиці 3.
4. Побудуйте графік експериментальної функції $K = f(\lambda)$.
5. Зробіть висновки про вигляд отриманої залежності $K = f(\lambda)$.

Таблиця 3.

x	250	500	...	9000
I				
K				

Завдання 3: Створення CLB файлу та перевірка його роботи.

1. Відкрийте вікно „Калібровка”, яке показано на рис. 3.
2. Використовуючи експериментальні дані з перших двох завдань, заповніть відповідні поля: „Відповідність координат”, „Спектральна характеристика ФЕУ”.
3. Перевіривши правильність введених даних, створіть „CLB” файл, натиснувши кнопку „Створити CLB файл”.
4. У стандартному для операційної системи Windows, діалоговому вікні „Зберегти файл”, виберіть місце та ім'я створеного вами файлу та натисніть на кнопку „Зберегти”.
5. Для під'єднання до програм створеного Вами CLB файлу, використайте кнопку „Під'єднати CLB файл” та у стандартному вікні виберіть необхідний файл.
6. Виберіть довільно три спектральні лінії та проведіть їх аналіз за допомогою сканера.
7. Порівнюючи динамічні дані від програм про інтенсивність та довжину хвилі, яка відповідає цим лініям, порівняйте їх з даними, які ви отримали експериментально, та дані з атласів.
8. Зробіть висновки за результатами, отриманими, у третьому завданні, а також про точність вимірювань.

Контрольні запитання

1. Розкрийте фізичний зміст отримання спектра оптичного випромінювання за допомогою оптичної схеми, на базі якої виготовлений універсальний прилад.
2. Поясніть не лінійність спектральної чутливості фотопомножувача?
3. Який алгоритм дій використовується при визначенні чутливості фотоеlementу для конкретної спектральної лінії під час експериментального визначення функції $K = f(\lambda)$?
4. Розкрийте порядок створення „CLB” файлу.
5. Як в роботі визначається функціональна залежність $x = f(\lambda)$?

Отже, після вивчення будови і дії такого спектрального обладнання, у якому за допомогою засобів ІКТ є можливість основні функції виконувати автоматично і добре розуміючи сутність кожної із функціональних залежностей, дослідник (студент) у процесі виконання дослідницького чи навчального завдання з осей спектроскопії може обирати найбільш властиву саме йому послідовність дій і операцій у ході виконання завдання.

Усвідомивши будову і принципи дії кожної окремої частини устаткування і виявивши можливості запровадження комп'ютерної техніки для вирішення відповідних функцій за допомогою такого пристрою і комплексу в цілому, студент, як суб'єкт власної пізнавальної діяльності, може так організувати виконання роботи згідно інструктивних вказівок (або за власним бажанням і розумінням), відкоригувавши їх, може запропонувати виконання кожного з експериментальних завдань у ручному режимі, може обрати суто автоматичний режим чи напівавтоматичний відповідно до власних бажань, уявлень, намірів.

За цих обставин можна говорити про можливість реалізації енергетичного підходу в організації виконання фізичного практику при наявності комплектів, що працюють узгоджено із сучасними ІКТ та засобами їх запровадження у навчально-виховний процес.

Висновки. Особливістю даної лабораторної роботи є широке використання ІКТ технологій, хоча при цьому важливе місце приділяється глибокому розумінню фізичної теорії з наявністю елементів самоорганізації студента для її виконання. Описана лабораторна робота може бути використана як при підготовці спеціалістів з фізики, так і для навчання студентів електротехнічних спеціальностей, для яких вивчення сучасного програмно-керованого обладнання є дуже актуальним, що обумовлено широким використанням у різних сферах народного господарства електронних пристроїв, які потребують знань і навчків при їх встановленні та обслуговуванні у конкретному прикладі використання.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Величко С.П. Розвиток системи навчального експерименту та обладнання з фізики у середній школі / С.П. Величко. – Кіровоград, 1998. – 302 с.
2. Velychko S. Some features of creating modern spectral equipments for educational and practical goals / S. Velychko, S. Kovalyov // The advanced science open access journal [Editorial-in-Chief Roman Davydov]. – London, United Kingdom, 2011. – April. - P. 91.
3. Ковальов С. Г. Універсальний спектральний комплект для навчальних цілей і досліди з ним: навч. посібн. [наук. ред.: проф. С. П. Величко] / Сергій Григорович Ковальов. - Кіровоград, 2012. - 104 с.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Величко Степан Петрович – доктор педагогічних наук, професор кафедри фізики та методики її викладання Кіровоградського державного педагогічного університету ім. В.Винниченка.

Коло наукових інтересів: проблеми дидактики фізики та підготовки високопрофесійних учителів.

Ковальов Сергій Григорович – аспірант кафедри фізики та методики її викладання Кіровоградського державного педагогічного університету ім. В.Винниченка.

Коло наукових інтересів: проблеми дидактики фізики.

Ковальов Юрій Григорович – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри фізико-математичних дисциплін Кіровоградської льотної академії Національного авіаційного університету.

Коло наукових інтересів: розробка навчальних приладів, технологія виробництва електронної техніки.