

ко различающее устройство не должно меняться, но и идентичность каждой частицы должна быть достаточно стабильной, чтобы не измениться за время наблюдения. Далее авторы показывают, что упомянутые выше условия для сортирующего устройства противоречат друг другу (при получении максимальной работы), и с уменьшением различия между частицами, получаемая работа будет постепенно стремиться к нулю (также постепенно уменьшаются и другие наблюдаемые величины) без всяких скачков.

Наконец, хотелось бы отметить еще один парадокс, имеющий отношение к энтропии. Речь идет об парадоксе Лошмидта (парадокс смешения), который был сформулирован в 1876 году и относится к одной из наиболее запутанных проблем физики: необратимость термодинамики при полной обратимости механических движений компонентов любой термодинамической системы. Этот парадокс был предложен, как опровержение утверждения Больцмана об обязательном возрастании энтропии в ходе любого спонтанного процесса в изолированных макроскопических системах. Законы механики симметричны относительно обращения времени: если существует движение тела по какой-то определенной траектории, то существует и обратное ему движение по той же самой траектории. Если в макросистеме мгновенно изменить знаки векторов скорости всех частиц на  $180^\circ$  («отражение»), то в соответствии с уравнениями классической механики система начнет эволюционировать в обратном направлении. Если перед «отражением» система совершала переход из некоторого неравновесного состояния, то после «отражения» она вернется в него вновь. Налицо спонтанное убывание энтропии, что противоречит второму началу термодинамики.

В ответ на выдвинутый парадокс Больцман предложил статистическую интерпретацию кинетической теории газов. Кинетическая теория газов опирается не только на механическую модель, но еще и на понятие молекулярного хаоса, охватываемого законами классической статистики, поэтому проблема необратимости процессов (возрастания энтропии) – это проблема только большей или меньшей вероятности этих процессов. Т.е. движение молекул газа со спонтанным убыванием энтропии вполне возможно, но вероятность его настолько мала, что оно практически не наблюдается в природе, а вероятность движения с возрастанием энтропии настолько близка к единице, что его можно считать законом (второе начало термодинамики). Именно в такой интерпретации кинетическая теория газов не противоречит законам классической механики. На сегодняшний день такое решение парадокса Лошмидта считается общепризнанным. Источником молекулярного хаоса являются столкновения между молекулами и между молекулами и стенками сосуда. Огромное число этих соударений приводит к невозможности обращения движения молекул газа по тем же траекториям.

Однако существуют некоторые явления, которые можно рассматривать в качестве статистических отклонений от второго начала термодинамики. Например, в 1950 году Е.Л. Хан провел эксперименты с использованием техники ядерного магнитного резонанса (ЯМР) [10]. Обнаруженное

явление было названо «спиновым эхом». Суть его заключается в том, что если подействовать на систему ядерных моментов короткими электромагнитными импульсами (длительность и частота которых подобраны соответствующим образом) через определенный интервал времени, то моменты ядер возвращаются в исходное состояние, из которого они начинали релаксировать (как в случае с «отражением» молекул газа в парадоксе Лошмидта). Детальное рассмотрение показывает возможность спонтанного убывания энтропии вещества, но убывание это относительно, и, в целом, энтропия вещества все равно возрастает. Однако факт явного замедления процесса возрастания энтропии из-за того, что этот процесс можно периодически частично обращать, заслуживает самого пристального внимания. Мнения физиков здесь разнятся и полная ясность в этом вопросе пока отсутствует.

Таким образом, рассматривая в качестве примера парадоксы, связанные с понятием энтропия, мы обратились к самим основам этого понятия, его различным интерпретациям и их использованию в физике. Подобным образом можно более полно постигать суть и других физических величин, чтобы их понимание не носило формальный и поверхностный характер.

#### Список использованных источников:

1. Shannon C.E., Weaver W. The Mathematical Theory of Communication. – University of Illinois Press, 1949.
2. Baeyer H.C. von. Maxwell's Demon. – N.Y.: Random House, 1998.
3. Maxwell J.C. Theory of Heat. – London, 1971.
4. Feynman R.P., Leighton R.B., Sands M. The Feynman Lectures on Physics. Vol.4. – Addison-Wesley Publishing Company, Reading, 1963 (рус. пер.: Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. – М.: Мир, 1967).
5. Brillouin L. Science and Information Theory. – N.Y.: Academic, 1956 (рус. пер.: Бриллюэн Л. Наука и теория информации. – М.: Физматгиз, 1960).
6. Gibbs J.W. Elementary Principles in Statistical Mechanics. – N.Y., 1902. (рус. пер.: Гиббс Дж.В. Основные принципы статистической механики. – М.: Л.; Гостехиздат, 1946; Гиббс Дж.В. Термодинамика. Статистическая механика. – М.: Наука, 1982).
7. Gibbs J.W. The Scientific Papers. Vol.1. – N.Y., 1902.
8. Блюменфельд Л.А., Гросберг А.Ю. // Биофизика. – 1995. – Т.40. – С.653-660.
9. Лифшиц И.М. // ЖЭТФ. – 1968. – Т.55. – С.2408.
10. Hahn E.L. // Phys. Rev. – 1950. – V.80. – P.580.

In the presented work it is offered more full and to take advantage in detail of a material of already known physical paradoxes (both solved, and not completely decided) in educational process that, in our opinion, will allow to leave on deeper level of knowledge of an essence of the phenomena of world around.

**Key words:** paradox, entropy, the information, the second beginning of thermodynamics, identity.

Отримано: 3.09.2010

УДК 372.853

С. П. Величко, С. Г. Ковальов

Кіровоградський державний педагогічний університет імені Володимира Винниченка

### УДОСКОНАЛЕННЯ НАВЧАЛЬНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ ТА ОБЛАДНАННЯ ІЗ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛІЗУ

У статті розглянуто проблему вдосконалення методики вивчення та використання спектрального методу дослідження природних явищ у курсі фізики загальноосвітніх та вищих навчальних закладів, а також проведено аналіз можливих шляхів удосконалення навчального експерименту з даної теми. З цією метою аналізується пропозиція розробки нового обладнання, диспергуючим елементом якого є голографічна дифракційна ґратка і робота якого забезпечується упродовженням комп'ютерної техніки з відповідним програмним продуктом.

**Ключові слова:** навчальне обладнання, вивчення спектрального методу, навчальний експеримент, програмне забезпечення.

Розвиток суспільства та підвищення його духовного й матеріально-технічного рівня спричиняє вплив на різноманітні сфери життєдіяльності людини. Не виключенням є і навчально-виховний процес у загальноосвітніх навчальних закладах, який в останні десятиріччя постійно спрямову-

ється на виховання всебічно розвиненої особистості школяра, що відповідає сучасним вимогам життя.

Особливе місце серед великої кількості навчальних предметів, що вивчаються у різнопрофільних середніх і вищих навчальних закладах, займає курс фізики. Обумов-

лено це тим, що саме фізика була і залишається однією з найпотужніших рушійних сил розвитку науково-технічного процесу. Надзвичайно багатогранне використання досягнень фізики у різних галузях практичної діяльності людини. При цьому дуже важливо, щоб підрастаюче покоління правильно розуміло наукові фізичні досягнення та усвідомило, що від рівня розвитку даної науки залежить подальший прогрес і навіть існування людства на землі.

Не менш значущими є ті результати, які дає вивчення фізики як навчальної дисципліни, бо серед інших курсів фізики досить вдало і глибоко розкриває сучасний рівень розвитку фізичної галузі пізнання оточуючого світу у якому фізичні категорії та фізичні методи дослідження стали загально визначеними не лише в галузі педагогічних наук, а й поза їх сферою і дають вагомий результати як у пізнанні природи, так і в наслідок моделювання явищ і процесів навіть психологічних та суспільних закономірностей.

Відтак нинішній стан наукових фізичних досягнень дає можливість судити про рівень пізнання людиною навколишнього середовища, про інтелектуальний рівень і загальні можливості людини і в цілому про рівень загально людської культури, а відтак і про рівень самопізнання.

Вивчення та аналіз досягнень у галузі методів дослідження спектрів випромінювання [1; 4; 5] та широкого запровадження їх у різних сферах народного господарства [6], а також аналіз методики навчання фізики [2; 3] дають підстави стверджувати, що рівень ознайомлення з основами дослідження спектрального методу не лише учнів загальноосвітніх навчальних закладах (ЗНЗ) природничо-наукового профілю проходить на дуже низькому рівні, а й студенти більшості вищих навчальних закладів (ВНЗ) мають дуже примітивні уявлення про сутність зазначеного методу наукових досліджень та про його можливості реалізації для конкретних цілей. Для вирішення цієї мети у процесі вивчення курсу фізики вимагається доцільна система навчальних дослідів (демонстрації, лабораторні роботи, фізичний практикум, експериментальні задачі і завдання та індивідуальні спостереження і досліди) та відповідне обладнання, яке найбільшою мірою розкриває основи спектроскопії.

За цих обставин дуже важливим стає урахування і запровадження сучасних педагогічних технологій, які дають можливість проводити процес навчання фізики на новому рівні, бо фізика вміщує в собі великий обсяг експериментальних фактів і дослідів, проведення яких вимагає наявності найрізноманітніших методів і засобів дослідження природних явищ. Вдосконалення та розробка нових типів і видів навчального обладнання та установок неминуче призводить як до розвитку науки, так і до проведення ефективних наукових досліджень і одночасно до більш раціональної організації навчального процесу, що відповідає методичним та науковим цілям сучасного етапу вдосконалення освітньої галузі.

У педагогічній науці завжди приділялася серйозна увага проблемі навчального експерименту (НЕ) з фізики як у загальноосвітніх навчальних закладах (ЗНЗ), так і вищих навчальних закладах (ВНЗ). Розвиток НЕ відбувався у двох основних напрямках: 1 – виявлення шляхів використання експерименту як методу навчання, виховання і розвитку учнів та студентів, джерела знань, об'єкту вивчення та виду наочності; 2 – матеріально-технічне забезпечення, яке охоплює устаткування фізичної лабораторії, прилади, установки та обладнання для постановки демонстраційного експерименту та виконання учнями і студентами самостійно дослідів, а також різні засоби навчання, що у комплексі з приладами дозволяють досліджувати явища і процеси, встановлювати і перевіряти фізичні закони, закономірності тощо.

Основною метою нашої роботи є вдосконалення навчально-виховного процесу з фізики та відповідного обладнання для ознайомлення і вивчення у ЗНЗ і ВНЗ наукових фізичних методів дослідження оточуючого світу, серед яких оптичний спектральний метод відноситься до одних з найпотужніших, найефективніших і найпоширеніших методів вивчення природних явищ у різних напрямках діяльності людини з урахуванням концепції розробки сучасних засобів навчання ЗН.

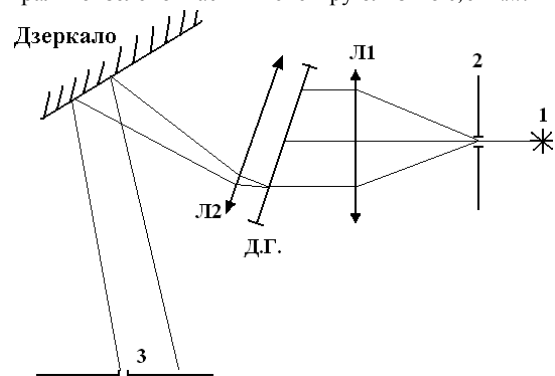
Аналіз наукових досягнень у спектроскопії [4], а також методики розкриття основ спектрального аналізу у

курсі фізики середніх і вищих навчальних закладів дають підставу стверджувати, що дана проблема у дидактиці фізики є досить актуальною і потребує серйозних змін і вдосконалення. Зокрема в окремих працях [1; 2; 5] розкриваються нові ідеї у методиці ознайомлення учнів і студентів з усіма аспектами виконання і запровадження спектрального методу у науковій практичній та навчальній галузі: пропонується універсальний спектральний прилад для навчальних цілей, який забезпечує не лише вивчення будови лабораторного устаткування, а й виконання серії змістовних оригінальних досліджень в обсязі вимог програм з фізики профільного вивчення її у ЗНЗ та ознайомлення студентів з візуальним, фотографічним, фотоелектричним способами вивчення спектрів у ВНЗ; пропонується ряд нових джерел випромінювання у вигляді еталонів спектрів як для навчальних, так і для практичних цілей та ін.

Зокрема оптична схема приладу, що показана на *рис. 1*, передбачає використання коліматора, що утворений вхідною щілиною 2, розміщеною у фокальній площині лінзи Л1. За цих умов коліматор дає можливість отримати паралельний пучок випромінювання і спрямувати його на дифракційну ґратку (ДГ), що розкладає його в спектр. Дисперговане оптичне випромінювання лінзою Л2 фокусується у фокальній площині де може розміщувати: **окуляр** і тоді прилад працює як *спектроскоп*, дозволяючи виконувати візуальне вивчення спектрального складу досліджуваного спектра; **щілину**, яка дозволяє виділити досліджуваний діапазон спектра ( $\Delta\lambda$ ), а прилад відповідно працює як *монохроматор*; **фотокамеру**, котра дає можливість зафіксувати відповідні ділянки спектра на фотопластинці (фотоплівці чи у цифровому вигляді) й отримати *спектрограф*, ще для фотографічного методу дослідження спектрів, а також використовувати запропоновану модель спектрального приладу як *спектрофотометр*, що дає можливість вивчати характер розподілу енергії у спектрі випромінювання досліджуваного джерела.

Перша лінза Л1 має фокусну відстань 170 мм, диспергуючим елементом є дифракційна ґратка з періодом 1000 нм/мм, при цьому робочим є перший максимум. Друга лінза має фокусну відстань 640 мм. Після проходження другої лінзи світло відбивається від зовнішньої поверхні дзеркала, що дає змогу, повертаючи дзеркало під різними кутами, спрямовувати по чергово різні частини спектра на реєструючий елемент, функцію якого виконує фотоелектронний елемент, або фотопластинка чи окуляр. Фотоелектронний помножувач використовується для електричної реєстрації, окуляр – для візуального спостереження, а фотопластинка – для фотореєстрації спектрів.

Проведені попередні лабораторні дослідження показали, що реальна ширина оптичного спектру становить 160 мм, відповідно до розмірів реєстраційної щілини, яка становить 0,25 мм; роздільна здатність приладу для центральної зеленої частини спектру близько 0,62 нм.



*Рис. 1. Оптична схема приладу*

При проведенні електричного сканування спектру ми плануємо використати аналіз його інтенсивності завдяки використанню комп'ютерної техніки з відповідним програмним забезпеченням, що дозволить реєстрацію спектральних ліній.

При вивченні спектрального аналізу у ВНЗ передбачено ряд лабораторних робіт зокрема: „Одержання спект-

програм та вивчення спектрів водню і гелію»; „Візуальне дослідження спектрограм, визначення довжини спектральних ліній та деяких атомних констант»; „Фотометрування за допомогою мікрофотометра” та інші. Виконання даних лабораторних досліджень зазвичай здійснюється за допомогою спектрографа ИСП-51, та мікрофотометра МФ-2. Диспергуючим елементом ИСП-51 слугує складна система призм, яка в порівнянні з голографічними дифракційними ґратками має ряд недоліків. Зокрема поглинаюча здатність призм значно перевищує поглинаючу здатність голографічних ґраток, які виготовлені на основі сучасних високоточних лазерних технологій, а відповідно використання даних ґраток надає ширші можливості при проведенні кількісного аналізу і дозволяє реєструвати та аналізувати спектральні лінії дуже слабкої інтенсивності. Поряд з цим голографічні дифракційні ґратки мають ряд переваг при аналізі спектральних ліній, оскільки у максимумі першого порядку дають неперервний спектр у всьому діапазоні світлових хвиль. Поряд з цим при вивченні характеристик спектрального приладу з дифракційною ґраткою студенти мають можливість при аналізі диспергуючої частини приладу використовувати формули для дифракційних ґраток які їм відомі ще з шкільного курсу фізики (ШКФ), що значно спрощує розуміння всіх фізичних процесів, які відбуваються в приладі. Ще однією з переваг використання дифракційної ґратки замість системи призм є зменшення робочого об'єму приладу, не тільки за рахунок того, що системи призм мають більший розмір, а й за рахунок виготовлення так званих гнутих дифракційних ґраток [4].

Враховуючи із зазначені нові ідеї, ми обґрунтували і розпочали своє дослідження з метою розробки та реалізації такого поєднання сучасного спектрального обладнання та інформаційно-комунікаційних технологій, що сприятиме, з одного, боку удосконаленню методики навчання фізики і на прикладі вивчення основ спектроскопії у школі і ВНЗ суттєво активізуватиме самостійну пошуково-пізнавальну діяльність учнів і студентів, розширить систему можливих навчальних досліджень з фізики та підвищить якість їхніх результатів, а з іншого – сприятиме значному удосконаленню спектрального обладнання для навчальних і практичних цілей (використання дифракційної ґратки як диспергуючого елемента, запровадження методу сканування, програмне керування реєструванням, збереженням, графічною інтерпретацією та обробкою одержаних результатів) і стане можливим використання такого комплексу у ході виконання досить важливих для фізики напрямків наукового спектрального дослідження, бо розподільна здатність, світло сила і чутливість створеного обладнання не вичерпує усіх його переваг для успішної реалізації цього обладнання у процесі навчання фізики.

Пропонований комплекс вигідно відрізняється від наявних у фізичних лабораторіях ВНЗ вартістю, габаритними розмірами та масою, розподільною здатністю та світлосилою, можливістю сканування спектрів та графічним їх представленням, використанням комп'ютерної техніки для статистичної обробки результатів вимірювань а також для збереження, накопичення та передачі інформації у вигляді таблиць, графіків і діаграм.

Лабораторні дослідження розробленої моделі переконують у доцільності запровадження такого обладнання як для вирішення навчальних цілей як у середніх загальноосвітніх навчальних закладах в умовах профільного навчання фізики,

так й у процесі вивчення основ спектрального аналізу і залучення студентів до науково-дослідної роботи у педагогічних ВНЗ та в інших навчальних закладах технічного профілю.

Програмне забезпечення для керування процесом електричного сканування спектром написане мовою С++. Прикладне програмне забезпечення (ППЗ) «Спектрометр-1» дає можливість проводити кількісний та якісний спектральний аналіз, зберігати одержані спектри та іншу необхідну інформацію для подальшого її використання. Інтерфейс програми має стандартний вигляд для прикладних програм операційної системи Windows, що полегшує роботу користувача. Сканування спектру можна здійснювати у ручному режимі, що дає можливість детальніше аналізувати обрані спектральні лінії.

Отже, створене нове обладнання для виконання різних видів спектрального аналізу з високим рівнем наочності і науковості виконуваних досліджень для наукових і навчальних цілей, а його поєднання з ІКТ надає можливість розробки і впровадження нових методик вивчення спектрів у курсі фізики вищої школи.

#### Висновки:

1. У статті розглянуто прилад, використання якого в навчальному фізичному експерименті, може надати можливість розробити ряд лабораторних робіт на новому рівні, з високим рівнем наочності та науковості.
2. Підключення приладу до комп'ютера надає можливість впровадження нових методик вивчення теми «Оптичний спектральний аналіз».

#### Список використаних джерел:

1. Величко С.П. Розвиток системи навчального експерименту та обладнання з фізики у середній школі. – Кіровоград, 1998. – 302 с.
2. Величко С.П., Сірик Е.П. Нове навчальне обладнання для спектральних досліджень: посіб. для студ. фізмат. фак-тів пед. вищих навч. закладів. – 2-е вид., перероб. – Кіровоград, ТОВ «Імекс ЛТД», 2006. – 202 с.
3. Гончаренко С.У. Фізика. Підручник для 11 кл. серед загальноосв. шк. – К.: Освіта, 2002. – 319 с.
4. Зайдель А.Н., Островский Г.В., Островская Ю.И. Техника и практика спектроскопии. – 2-е изд., справ. и доп. – М.: Наука, 1976. – 180 с.
5. Оптика и атомная физика. Лабораторный практикум по физике: отв. ред.: проф. Р.И. Солоухин. – Новосибирск: Наука, 1976. – 168 с.
6. Свентицкий Н.С. Визуальные методы эмиссионного спектрального анализа. – М.: ГосИздат, 1961. – 256 с.

The article examines the problem of improvement of the methods of investigation and usage of the spectral method when studying natural phenomena at Physics classes at school and at higher educational establishments. The paper also analyses possible ways of improving the training experiment on this theme. To reach this goal the article analyses the suggestion of creating new equipment, the dispersive element of which is a holographic diffraction grating; the work of this equipment is provided by introducing computer hardware with corresponding programmed product.

**Key words:** an educational experiment, equipment for a spectrology.

Отримано: 15.06.2010