

УЧНЯМ ПРО ГОЛОГРАФІЮ НА УРОКАХ ФІЗИКИ

У статті пропонується можливий варіант методики вивчення початкових відомостей з голографії на уроках фізики у загальноосвітніх навчальних закладах.

Possible variant of the methodology of studying the elementary holography at the lessons of physics in general secondary schools is proposed in the article.

Ключові слова: фізика, метод голографії, інноваційні технології навчання

Keywords: physics, method of holography, innovative technologies of studies

Постановка проблеми

Останнім часом у ЗМІ та матеріалах багатьох наукових конференцій, присвячених проблемам стану та перспектив розвитку вітчизняної освіти [3], все частіше лунає критика чинних програм і підручників з фізики як для школи [5], так і для ВНЗ, що вони не відображають новітніх досягнень науки, розроблених на їх основі новітніх технологій та впровадження цих технологій у сучасне виробництво. У зв'язку з цим дедалі більшим стає розрив між проривними досягненнями наук і змістом навчальної літератури з природничо-наукових предметів.

Одним із визначних відкриттів, зроблених у галузі фізики в ХХ столітті, є голографія. Проте вивчення цього цікавого і перспективного з точки зору практичного застосування явища програмою [5] не передбачається.

Мета роботи полягає в спробі підібрати матеріал з початкових відомостей про голографію і запропонувати методику його викладу в поєднанні із традиційним матеріалом з оптики чинних програм з фізики для середньої школи [5], що, на думку авторів, хоч частково зможе компенсувати відмічений недолік.

Виклад основного матеріалу

При вивченні «Розділу 4.» програми [5], - «Хвильова і квантова оптика» — з матеріалом про «інтерференцію і дифракцію світових хвиль» можна учням розповісти коротку історичну довідку про відкриття голографії.

При цьому варто відмітити, що хоч відкриття цього явища пов'язують з ім'ям. Деніса Габора, історична справедливість вимагає сказати, що в нього було принаймні три попередники.

Ще за півстоліття до Габора французький вчений Габріель Ліппман запропонував (1892 р.) метод запису інтерференційної картини світлових хвиль на фотоплівку з метою отримання кольорових фотографій.

Варто також пригадати, що приблизно за два десятиліття до винайдення голографії опорні хвилі уже використовувалися у радіолокації.

Адже голографія, по суті, є досить простим з фізичної точки зору процесом фотографічного запису інтерференційної картини, утвореної двома наборами світлових хвиль, один з яких і називають опорним пучком.

Другий з них — польський фізик Мечислав Вольфке. В опублікованій у 1920 році науковій праці «Про можливість оптичного зображення молекулярної ґратки», він показав, що використовуючи дифракційні картини при проходженні рентгенівських променів через кристал, можна відтворювати оптичне зображення кристалічної ґратки.

Таким чином, можна констатувати, що вперше ідея голографічного методу отримання зображень була висунута і експериментально перевірена саме цим польським вченим.

Проте, як часто трапляється в науці, що деякі ідеї бувають «передчасними», так і робота М.Вольфке не знайшла відгуку у фізиків того часу і була забута.

Третім попередником Д.Габора був англійський фізик Уільям Л. Брегг. У своїй праці «Рентгенівський мікроскоп» (1942 рік) він описав метод візуалізації кристалічної ґратки за допомогою дифракційної картини, отриманої в рентгенівських променях.

Якщо про роботу М.Вольфке, за свідченням істориків фізики, Д.Габор не знав, то на роботу У.Брегга він навіть послався. До ідеї голографії він прийшов через розробку методів покращення роздільної здатності електронного мікроскопа за рахунок усунення сферичної аберації електронних лінз.

Описані вище явища і стали фізичною основою голографії. Заслуга Д.Габора полягає в тому, що дякуючи гостроті свого розуму і інтуїції, він зумів об'єднати їх в одну блискучу ідею.

Щоб викликати в учнів інтерес до наукового пошуку, на прикладі голографії якраз можна їм продемонструвати, що завжди існує можливість висунути нові цінні ідеї на основі вже відомих старих понять і гіпотез.

У своїх працях (1947, 1948 роки) Д.Габор розвинув принципи голографії і описав експерименти по отриманню плоских голограм у променях ртутної лампи. У 1956 році у спільних роботах з Джорджем Строуком Д. Габор створив квадратурну голограму і відкрив можливість зворотності голограм.

За роботи в галузі голографії Д. Габору в 1971 році була присуджена Нобелівська премія з фізики.

Значний внесок у розвиток методу голографії зробив російський вчений Юрій Денисюк (1958-1962 рр.). він обґрунтував голографічний метод запису у трьохвимірних середовищах, який вперше дав можливість записати амплітуду, фазу і спектральний склад хвильового поля об'єкта і отримати його неспотворене просторове зображення. Голограми, отримані цим методом можуть бути відтворені звичайним джерелом випромінювання з суцільним спектром.

Вивчаючи матеріал того ж розділу програми про «квантові генератори та їх застосування», варто показати яку роль вони відіграли у розвитку голографії.

Оскільки з тими джерелами світла, які міг використати Габор у сорокових роках, не можна було продемонструвати всю силу голографії, інтерес до неї протягом десятка років знизився.

Лише з появою у 1960 році лазерів голографічні принципи швидко перетворилися у важливий і перспективний науковий напрямок. У 1961-1963 роках американські фізики Е.Лейт, Ю.Упатнієкс і Д.Строук розробили двохпроменевий метод голографії, в якому поряд з пучком променів, що йде від об'єкта, використовується опорний пучок від лазера.

Тут учням варто наголосити, що хоч принципи голографії були розроблені задовго до появи лазерів, проте оптична голографія як серйозний науковий і технічний напрямок почала формуватися лише завдяки застосуванню лазерів.

Починаючи з 1965 року в лабораторіях низки розвинених країн майже одночасно розпочалися дослідження з голографічної інтерферометрії, яка дала можливість виявити велику практичну цінність і перспективність голографічного методу.

Розповідаючи учням про застосування лазерів у голографії, варто продемонструвати найпростіші схеми запису і відтворення голограм, які можна запозичити з [1,2,4]. Тут же учням можна розповісти про цікаві властивості голограм і про ті властивості, що відрізняють голографію від фотографії та стереозображення.

Так, відомо, що при фотографуванні завжди застосовуються лінзи. Тому, щоб отримати чітке зображення предмета, його необхідно розташувати на цілком визначеній відстані від фотоапарата. Інші предмети, які попадають в поле зору, але розташовані ближче або далше цієї відстані, виходять не чіткими. При голографуванні предметів лінзи не використовуються, голограма однаково чітко реєструє всі предмети - і близькі, і далекі.

Крім того, рівномірний розподіл світла по голограмі об'єктом не викликає локальних переекспозицій реєструючого матеріалу (фотоемульсії), як це буває при звичайному фотографуванні при наявності в об'єкта перепадів яскравості.

Голограма записує інтерференційну картину, що утворюється комбінацією опорної хвилі і світлових хвиль, які йдуть від предмета. Якщо після проявлення

і закріплення голографічну пластинку знову освітити тим же лазерним променем, можна спостерігати відтворене зображення предмета. Зображення отримується настільки просторово-правдоподібним, що у спостерігача виникає мимовільне бажання доторкнутися до нього руками. Спостерігач може дивитися на голографічну картину з різних боків. Можна заглянути і за предмет, який знаходиться на передньому плані. Для цього потрібно лише змінити положення голови.

Відмінність стереографії, в якій використовується два стерео знімки, полягає в тому, що тут об'ємне зображення можна спостерігати лише під одним певним кутом зору.

Учням варто показати одну з найцікавіших властивостей голограми, яка полягає в тому, що кожна її ділянка містить інформацію про весь предмет, картину, сцену і т.ін. Тобто, якщо голограму розбити на кілька кусків, то кожен з них буде давати повне зображення. В цьому сенсі голограму варто порівнювати не з фотографією, а з дзеркалом. Наприклад, половина фотографії містить лише половину зображення того, що було сфотографовано; половина ж дзеркала відбиває предмет як звичайне ціле дзеркало.

Ще одна цікава властивість голограми полягає в тому, що при звичайному освітленні вона являє собою однорідну сіру пластинку, на якій не видно ніякого зображення до тих пір, поки вона не буде освітлена світлом певної довжини хвилі. Така властивість голограм дозволяє використовувати їх в якості носіїв зашифрованої секретної інформації, – не знаючи необхідної довжини (частоти) світла, голограму розшифрувати неможливо.

Важливою властивістю голографічного методу є й те, що голографічний запис інформації відрізняється виключно високою щільністю. Наприклад, на пластинці всього в кілька квадратних сантиметрів можна записати зміст досить об'ємної книги. Ця властивість особливо цінна тим, що має дуже високу надійність запису, вона не вибаглива до зовнішніх впливів, тобто має слабку

чутливість до таких завад як пилинки, подряпини, дрібні дефекти реєструючого середовища (наприклад, фотоемulsії) та ін.

Голографічний метод дозволяє також записувати на одному і тому ж місці пластинки зображення різних предметів, а потім роздільно (окремо) їх відтворювати. Можливість такого запису полягає у використанні при кожній експозиції опорних пучків променів, що падають під різними кутами.

Розповідаючи учням про принципи голографії, доречно підкреслити, що голографія – це універсальний метод, що він стосується не лише оптичної голографії, а може бути використаний для запису любых хвильових процесів незалежно від їхньої природи – чи це електромагнітні коливання будь-якого діапазону частот, чи акустичні хвилі.

Щоб підсилити інтерес учнів до засвоєння бодай початкових відомостей про голографію, варто їм навести найбільш яскраві приклади її практичного застосування.

Таким прикладом може бути застосування голографії в образотворчому мистецтві. Це окремий напрямок розвитку голографічного методу, що складає певний комплекс наукових досліджень і техніку виготовлення голограм, призначенням яких є демонстрації в музейних експозиціях, на виставках, в рекламній справі, а також у навчальному процесі. Доцільність використання голографії в наведених прикладах вмотивована тим, що практично не існує інших способів відтворення оригінала з такою точністю, яку забезпечує голографія, і одночасно з широкими художніми можливостями.

Дуже принадливими, але настільки ж і складними, є перспективи використання голографічного методу у створенні дійсно об'ємного кінематографа. Перша експериментальна демонстрація системи голографічного кінематографа була здійснена в колишньому СРСР у 1976 році.

Голографічний метод дозволив вирішити одну з виключно важливих технічних проблем – реєстрацію швидкоплинних процесів і нестабільних

(змінних) у часі об'єктів. В якості прикладу можна навести застосування голографії в надто складних експериментах по дослідженню аеробалістичних траєкторій. У цих експериментах одна єдина голограма тіла, що летить з великою швидкістю, дозволяє отримати практично любую кількість знімків, що виявляють деталі і особливості цього процесу в різних точках траєкторії рухомого тіла.

В різних галузях науки і техніки часто виникає необхідність об'ємної візуалізації досліджуваного об'єкта, в той час як первинна інформація про нього наявна у вигляді плоских знімків. Так, особливо в медицині плоскі рентгенівські зображення не завжди можуть дати повну інформацію про сканований об'єкт. Підвищити діагностичну цінність рентгенівських знімків і значно полегшити роботу лікарів дозволяє голографічний метод отримання просторових зображень. На такій голограмі можна розглядати об'єкт практично зі всіх сторін і навіть із зворотного боку.

При вивченні питань, пов'язаних із застосуванням оптичних інтерферометрів, слід, паралельно з цим, розповісти учням і про застосування голографічної інтерферометрії. Найбільше користі приносить цей метод, коли виникає необхідність досліджувати не статичні, а процеси, що відбуваються в динаміці (нагрівання об'єкта, зміщення одних його частин відносно інших, вплив механічних деформацій та ін.). Якщо під дією якихось з перелічених причин досліджуваний об'єкт змінює свій стан, в якому він знаходився під час запису голограми, то хвильові фронти від об'єкта і голограми вже будуть різними. Оскільки ці хвильові фронти когерентні, то вони будуть давати інтерференційну картину. Дослідник буде бачити систему інтерференційних полос, розташування і вигляд яких відобразатиме зміни, що відбулися з об'єктом.

Голографічна інтерферометрія дає можливість задовольнити виклики науково-технічного прогресу, який пред'являє все більш жорсткі вимоги до

точності виготовлення різних деталей. Особливо це стосується мікромініатюризації виробів, комп'ютерних пристроїв, нанотехнологій та ін. Відповідно виникає проблема методів контролю цієї точності. Як правило ця проблема повинна вирішуватися з використанням методів не лише неруйнівного, а й безконтактного (коли до виробу не можна навіть доторкатися звичайними вимірювальними інструментами, щупами, шаблонами і т. ін.) контролю.

Голографічна інтерферометрія застосовується також для контролю розмірів і форми предмета та контролю якості обробки його поверхні. З цією метою порівнюють світлові хвилі, одна з яких відбивається від досліджуваного об'єкта, а друга відтворюється з голограми, на яку був записаний еталонний зразок.

При наявності у вчителя резерву навчального часу і можливостей інтерпретації відповідного матеріалу, на нашу думку, учням було б цікаво повідомити про застосування голографії в таких галузях, які суміжні з кібернетикою, як розпізнавання образів, асоціативний пошук інформації (створення асоціативної пам'яті), кодування та декодування інформації та ін.

Перспективними є напрями застосування голографії у обчислювальних пристроях оптикоелектронного типу; у голографічних запам'ятовуючих пристроях з високою інформаційною ємкістю і надійністю зберігання інформації, а також високою швидкістю отримання із запам'ятовуючого пристрою потрібної інформації; створення і застосування цифрової голографії, яка дозволила підняти на якісно новий технічний рівень контроль якості обробки оптичних поверхонь в оптичному приладобудуванні; методи цифрової голографії виявилися дуже корисними для відтворення зображень в акустичній і радіолокації.

Висновок

Використання на уроках фізики в школі пропонованого матеріалу з історії виникнення, розвитку, упровадження та перспектив застосування голографії допоможе вчителям сформувавши підвищений інтерес учнів до новітніх досягнень фізики, техніки, виробництва і дасть можливість скоротити розрив між досягненнями сучасної науки і їх відображенням у навчальній літературі.

Список використаних джерел

1. Бахрах Л.Д. Голография / Л.Д. Бахрах, Г.А. Гаврилов. - М.: Знание, 1979 - 63, [1] с. - (Новое в жизни, науке, технике. Серия «Физика»; № 6, 1976 г.).
2. Кок У. Лазеры и голография: введение в когерентную оптику / Уинстон Е.Кок; пер. с англ. Г.И. Кузнецова; под ред. Я. А. Смородинского. - М.: Мир, 1971. — 135, [1] с: ил. - (В мире науки и техники).
3. Проблеми фізико-математичної і технічної освіти і науки України в контексті євроінтеграції: збірник наукових праць за матеріалами науково-практичної конференції («Вища освіта - 2006») / МОН України, Академія наук вищої школи, АПН України, Нац. пед. ун-т ім.М.П. Драгоманова, Нац. техн. ун-т ім. Тараса Шевченка, Київський нац. ун-т будівництва і архітектури. - К., 2007.-405 с.
4. Тарасов Л.В. Оптика, рожденная лазером: книга для внеклассного чтения: VIII – X классы / Л.В.Тарасов. - М.: Просвещение, 1977. - 139, [5] с: ил. - (Мир знаний).
5. Фізика. Астрономія: програми для загальноосвітніх початкових закладів: 7-12 класи: затверджено МОН України / МОН України. - К.; Ірпінь: Перун, 2006.- 79,[1]с.

Автори:

1. Краснобокий Юрій Миколайович, Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини, декан фізико-математичного факультету, к. ф.-м. н., доцент, заслужений працівник народної освіти УРСР.

2. Поліщук Ольга Ігорівна, Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини, студентка III курсу фізико-математичного факультету.

3. Ткаченко Ігор Анатолійович, Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини, доцент кафедри фізики і астрономії та методики їх викладання, к. п. н., доцент.

Надійшла до редакції 19.03.2010