

## **ВИВЧЕННЯ ОПТИЧНИХ ЯВИЩ ЗАСОБАМИ СПЕЦІАЛЬНОЇ ТЕОРІЇ ВІДНОСНОСТІ**

**Шевцова Ірина**

**Науковий керівник: к. ф-м н., доцент Дудик М. В.**

**Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини**

*Анотація.* В статті розглядаються методичні аспекти вивчення оптичних явищ засобами спеціальної теорії відносності у вищих навчальних закладах в рамках курсу теоретичної фізики.

*Ключові слова:* оптичні явища, спеціальна теорія відносності, методика навчання фізики.

Як відомо з історії фізики, спеціальна теорія відносності (СТВ) виникла на рубежі XIX і XX століть після численних спроб узгодити виявлене в експериментах протиріччя між незалежністю швидкості поширення світла від вибору системи відліку та принципом відносності Галілея. СТВ не лише дала просте пояснення багатьом оптичним ефектам, пов'язаним з відносним рухом тіл, але й принципово змінила уявлення про час і простір та закони руху. Висвітлення зв'язків оптики і теорії відносності є актуальним в методиці викладання фізики як в середній школі, так і в системі навчання загальної та теоретичної фізики вищих навчальних закладів, а також важливим з методологічної точки зору, оскільки вони дозволяють продемонструвати учням і студентам еволюцію наукових поглядів у ході розвитку фізичної науки. Опис окремих оптичних явищ засобами спеціальної теорії відносності може бути також джерелом ефективних методичних прийомів у підготовці майбутніх вчителів фізики при викладанні елементів теорії відносності в шкільному курсі фізики.

Вивчення світлових явищ з позицій спеціальної теорії відносності при підготовці вчителів фізики у вищому педагогічному навчальному закладі можливе в рамках курсу загальної фізики, проте їх строге пояснення з виведенням формул, що описують те чи інше явище, передбачають застосування 4-вимірного подання перетворень компонентів хвильового вектора з елементами тензорного аналізу. Тому більш обґрунтованим ми вважаємо включення відповідних питань в курс теоретичної фізики, а саме, у розділ "Електродинаміка". Саме до розділу "Електродинаміка" державним стандартом освітньо-професійної програми підготовки вчителів спеціальності "Фізика" включено змістовий модуль "Спеціальна теорія відносності" [2]. Крім того, аргументом на користь електродинаміки може бути те, що в рамках цієї ж дисципліни здійснюється обґрунтування електромагнітної природи світла.

---

Аналіз навчальної і наукової літератури зі спеціальної теорії відносності та оптики дає багатий матеріал для висвітлення зв'язку електромагнітних, а отже і оптичних явищ зі спеціальною теорією відносності [3]. Детальне дослідження теоретичних і методичних засад вивчення електродинаміки на принципах СТВ виконано в [1].

Основною формою проведення заняття на тему "Релятивістські ефекти у світлових явищах" ми вибираємо лекцію. Це пов'язано з тим, що у змісті цієї теми передбачається багато нового навчального матеріалу теоретичного характеру, до якого студенти не можуть прийти самостійно в ході розв'язування тієї чи іншої задачі на практичному занятті. Питання, які бажано висвітлити в лекції, повинні представляти гносеологічний інтерес. У зв'язку з цим, ми зупинились на наступному плані лекції:

1. Ефект Доплера і аберація світла
2. Зміна частоти світла при відбиванні від рухомої поверхні (дзеркала)
3. Кванти світла (фотони) як релятивістські частинки

Звичайно, цими питаннями зв'язок оптики і теорії відносності не обмежується. Але ми припускаємо, що частина питань, зокрема, про досліди Фізо, Майкельсона-Морлі, розглядатимуться окремо при експериментальному обґрунтуванні СТВ.

Методика проведення лекції є традиційною. На початку лекції слід нагадати студентам розв'язок рівнянь Максвелла у вакуумі для плоскої електромагнітної хвилі і ввести поняття 4-вимірного хвильового вектора. Розгляд перших двох питань лекції базується на перетвореннях Лоренца компонентів хвильового 4-вектора. Зокрема, використовуючи перетворення часової компоненти, виводяться формули, що пояснюють ефект Доплера. З перетворень просторових компонент встановлюється вплив відносного руху джерела і приймача світлового сигналу на напрямок його поширення в різних системах відліку і пояснюється ефект аберації світла від зірок. Завершуючи розгляд цих двох близьких за змістом і методом розв'язання питань, необхідно звернути увагу студентів на відмінності передбачень класичної механіки, які мають перший порядок по відношенню швидкості руху об'єктів до швидкості світла, і релятивістської механіки, які дають ефекти другого порядку, та відзначити принципову відсутність у передбаченнях класичної механіки поперечного ефекту Доплера.

Дослідження зміни частоти світла при відбиванні від рухомої поверхні (дзеркала), яке розглядається у другому питанні лекції, носить певний прикладний характер і дає інструмент для визначення швидкості руху об'єкту за величиною зміни частоти відбитого світла від об'єкта.

Виведення формул, що визначають частоту відбитого променя та напрямок його поширення, також базується на аналізі перетворень компонент 4-вимірної хвильового вектора при переході від інерціальної системи відліку, що пов'язана із дзеркалом, до системи відліку, пов'язаної зі спостерігачем.

Питання лекції про фотони як релятивістські частинки дає надзвичайно важливий пропедевтичний матеріал для вивчення наступного за електродинамікою розділу теоретичної фізики – квантової механіки. Він стосується обґрунтування властивостей світла як потоку корпускул – фотонів. При розгляді даного питання необхідно в першу чергу з позицій спеціальної теорії відносності пояснити, яким чином можливе існування частинок з нульовою масою спокою. Це є дуже актуально, оскільки в класичній фізиці рівність маси нулю означає відсутність частинки: є маса – отже, є частинка, яка володіє і енергією, і імпульсом. В релятивістській фізиці має місце зовсім інше співвідношення між енергією, імпульсом та масою частинки, яке не заперечує існування частинки з нульовою масою спокою. Спеціальна теорія відносності дозволяє зрозуміти, як може існувати частинка, що не має маси спокою: для цього частинка повинна рухатись виключно зі швидкістю світла; інших швидкостей для неї не існує, а її зупинка означає припинення існування внаслідок поглинання або перетворення в іншу частинку. Той факт, що форми матерії з масою спокою, рівною нулю, переходять у форми матерії з масою спокою, відмінною від нуля (і назад), просто вказує на рівноправність цих форм. Постулюючи формулу Планка-Ейнштейна для енергії кванта світла, за допомогою виразу для чотиривимірної імпульсу встановлюється зв'язок між 4-імпульсом фотона і 4-вимірним поданням хвильового вектора світлового променя, а отже, між корпускулярними і хвильовими характеристиками світла. Цей зв'язок є частинним випадком корпускулярно-хвильового дуалізму і на початку вивчення квантової механіки послужить обґрунтуванням ключової гіпотези сучасної фізики – гіпотези де Бройля.

Враховуючи лінійний зв'язок імпульсу фотона з хвильовим вектором, які власне відрізняються лише множником – сталою Планка, потрібно звернути увагу студентів на можливість перенесення висновків, зроблених у п. 1 і 2 лекції для світлової хвилі, на окремі світлові частинки – фотони, у тому числі і формули, які описують доплер-ефект, аберацію світла, зміну частоти світла при відбиванні від рухомого дзеркала. Оскільки світло у відповідності з висновками теорії електромагнітного поля Максвела чинить тиск на перешкоди, що підтверджується експериментально (досліди П. Лебедева), важливо показати, як на основі корпускулярної

---

теорії світла можна вивести формулу для розрахунку тиску світлового пучка. Також на підставі формул, що зв'язують частоти фотонів при відбиванні від дзеркала, яке здійснює гармонічні коливання, можна визначити енергію відбитого світлового пучка, показавши, як енергія рухомого дзеркала передається пучку, та розрахувати силу реакції, якої зазнає яку дзеркало при відбиванні променя.

#### Список літератури

1. Коновал О.А. Теоретичні та методичні основи вивчення електродинаміки на засадах теорії відносності: монографія [Текст] / О. А. Коновал. - Кривий Ріг : Видавничий дім, 2009. – 346 с.
2. Освітньо-професійна програма підготовки бакалавра. Галузь знань 0402 Фізико-математичні науки. Напрямок підготовки 6.040203 Фізика\*. – К.: Міністерство освіти і науки України. – 2009.
3. Угаров В. А. Специальная теория относительности [Текст] / В. А. Угаров – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Наука, 1977. – 384 с.

## **ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ГРУПОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПРИ ВИВЧЕННІ ФІЗИКИ**

**Щербань Євгенія**

**Науковий керівник: д.п.н., професор Величко С.П.**

**Кіровоградський державний педагогічний університет  
імені Володимира Винниченка**

*Характеризується технологія групової навчальної діяльності у процесі навчання фізики. Розглядається варіант уроку з фізики під час вивчення тертя з використанням даної технології, аналізуються результати такого уроку, що побудований на запровадженні декількох прикладів побудови групової навчальної діяльності восьмикласників.*

**Ключові слова:** сучасні педагогічні технології, технологія групової навчальної діяльності, процес навчання фізики, урок з фізики.

**Актуальність проблеми.** У сучасному вимогливому та швидкозмінному соціально-економічному середовищі рівень освіти, її вплив на особистісний розвиток дитини значною мірою визначається результативністю запровадження інноваційних технологій навчання, що ґрунтуються на нових методологічних засадах, сучасних дидактичних принципах та психолого-педагогічних теоріях.

**Аналіз останніх досліджень** свідчить про значну увагу з боку науковців до теоретичного та практичного аспектів використання різних технологій навчання, зокрема до проблеми групової навчальної діяльності суб'єктів навчального процесу.

Групова форма навчальної діяльності виникла як альтернатива існуючим традиційним формам навчання. В їх основу покладено ідеї Ж.-