

P.L. Tokarev

H.S. Skovoroda Kharkiv National Pedagogical University

**IMPLEMENTING OF MODERN HARDWARE TECHNOLOGIES
IN THE STUDY OF PHYSICS IN SECONDARY SCHOOL**

The problem of implementing information and communication technologies in an educational process is considered in the article. The applications of modern hardware technologies in an educational physical experiment in the study of physics in secondary school are reviewed.

Key words: *hardware technologies, educational physical experiment, computer technologies.*

П.Л. Токарев

Харьковский национальный педагогический университет имени Г.С. Сковороды

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ АППАРАТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОЦЕССЕ
ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКИ В ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ШКОЛЕ**

В статье рассматривается проблема реализации информационно-коммуникационных технологий в учебном процессе. Рассмотрены особенности использования современных аппаратных технологий в учебном физическом эксперименте при изучении физики в общеобразовательной школе.

Ключевые слова: *аппаратные технологии, учебный физический эксперимент, компьютерные технологии.*

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА

Токарев Павло Леонідович – завідуючий лабораторією кафедри фізики Харківського національного педагогічного університету імені Г.С. Сковороди.

Коло наукових інтересів: ІКТ в освіті, удосконалення навчального фізичного експерименту.

УДК 37.02:372.853

Г.П.Томашевська, І.В. Сальник

Кіровоградський державний педагогічний університет

імені Володимира Винниченка

**ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ МЕТОДІВ У ПРОЦЕСІ
НАВЧАННЯ СПЕЦІАЛЬНОЇ ТЕОРІЇ ВІДНОСНОСТІ**

Основу фізичних теорій, названих релятивістськими, складає теорія відносності. Вона утвердилась як струнка, теоретично бездоганна фізична теорія, що є частиною сучасної фізичної картини світу. Природно, що теорія відносності повинна зайняти належне місце і в практиці викладання фізики. Вивчення елементів теорії відносності важливе як з точки зору пізнавальних, так і прикладних завдань.

У статті наводяться методичні поради з вивчення окремих питань цієї теорії, а також приклади задач та фізичних експериментів (уявних та реальних), які дозволяють довести або підтвердити деякі положення спеціальної теорії відносності. Розробка таких завдань мала на меті викликати в учнів певні ускладнення, збуджувати інтерес через нестандартний підхід до їх розв'язання, активізувати до пошуку розв'язків, сприяти засвоєнню навчального матеріалу.

Ключові слова: *спеціальна теорія відносності, експериментальні методи, релятивістська теорія, емпіричні знання, навчальний експеримент, шкільний курс фізики, уявний експеримент.*

Постановка проблеми. Реалізація завдань фізичної освіти на сучасному етапі її реформування насамперед пов'язана із формуванням гармонійно та всебічно розвиненої особистості учня, що передбачає комплексне запровадження у навчання традиційних і нових технологій. Це, в свою чергу, вимагає перегляду навчального матеріалу, який пропонується вивчати згідно з пропонованими програмами та розробці й удосконаленні існуючих методик викладання окремих тем і розділів, відображених у підручниках. Особливої уваги тут

потребують розділи та теми, що відносяться до сучасної фізики та стосуються нових фізичних теорій, а саме, релятивістська та квантова.

Основу фізичних теорій, названих релятивістськими, які розвивають мислення учнів та формують у них розуміння сучасної наукової картини світу, складає теорія відносності, як фундаментальна теорія простору, часу і руху.

Виходячи з аналізу цілей навчання фізики можна зробити висновок, що вивчення елементів теорії відносності важливе як з точки зору пізнавальних, так і прикладних завдань. Значущість теорії відносності визначається новим, істотно відмінним від класичного, світоглядом; вона проявляє своє важливе практичне значення в ядерній фізиці, слугує теоретичною основою створення прискорювачів елементарних частинок.

Аналіз раніше опублікованих результатів. Майже за 100 років, які пройшли з дня створення теорії відносності, вона утвердилась як струнка, теоретично бездоганна і така, що цілком виправдала себе на практиці, фізична теорія, що є частиною сучасної фізичної картини світу. Природно, що вона повинна зайняти належне місце і в практиці викладання фізики.

Важливим в цьому плані є з'ясування суті та обсягу матеріалу курсу фізики, який буде достатнім для наукового розуміння цієї теорії.

Теорія відносності для людини, яка тільки починає з нею ознайомлюватись, здається дещо парадоксальною, тому її викладання вимагає особливих підходів. Важливо розкрити її логічність, теоретичну бездоганність, перевіреність експериментами та використання на практиці її положень.

На даному етапі навчання фізики спостерігається невідповідність між станом розвитку фізики та існуючою методичною системою забезпечення учнів сучасними знаннями й новітніми науковими методами дослідження природних явищ.

Виклад основного матеріалу. Піднести рівень викладання теорії відносності, на нашу думку, можна завдяки запровадженню в освітньому процесі експериментальних методів через розв'язування експериментальних задач та проведення різних видів навчального експерименту, що стане запорукою формування в учнів не лише теоретичного, але й емпіричного знання.

У науково-методичних і педагогічних дослідженнях проблему відображення сучасної фізики у курсі фізики для ВНЗ та шкільному курсі фізики з наголосом на фундаментальні наукові принципи і новий виклад незмінного за обсягом навчального матеріалу розглядали П.С.Атаманчук, С.П.Величко, О.А.Коновал, О.І.Ляшенко, М.Т.Мартинюк, О.В.Сергєєв, В.П.Сергієнко, Б.А.Сусь, М.І.Шут.

Аналіз сучасних програм та шкільних підручників з фізики показує, що теорія відносності висвітлена досить вузько: наводяться лише формули, без пояснюється, не достатньо розкрито принцип еквівалентності мас; не пояснюються формули перетворення Лоренца; не проводиться порівняння принципу далекодії Ньютона з принципом близькодії та інше. Приклади підтвердження теорії відносності подані в недостатньому об'ємі, не враховані останні відкриття у фізиці та астрономії, в підручниках мало практичних завдань, а фізичний експеримент взагалі не передбачений.

Суттєвим недоліком традиційного підходу до вивчення СТВ у шкільному курсі є порушення причинно-наслідкових зв'язків, трактування окремих фізичних величин за способом визначення, вилучення з програми окремих питань, які на сьогодні є актуальними. Наприклад, у підручнику з фізики за 11 клас [6, с.208] формули перетворення Лоренца

наводяться без доказу, а релятивістська формула додавання швидкостей взагалі не наводиться. У посібнику [1] запропонований варіант виведення релятивістської формули додавання швидкостей на основі введення коефіцієнтів, що досить складно зрозуміти учням. Ми пропонуємо наступний варіант виведення цієї формули:

Формула додавання швидкостей: Якщо тіло M рухається у ІСВ (інерційній системі відліку) K' зі швидкістю $u' = \Delta x' / \Delta t'$ вздовж осі Ox , а сама система K' має швидкість v , то спостерігач у системі K зафіксує швидкість u , яка дорівнює:

$$u = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{\Delta x' + v\Delta t'}{\Delta t' + \frac{v}{c^2}\Delta x'} = \frac{v + \frac{\Delta x'}{\Delta t'}}{1 + \frac{v}{c^2} \frac{\Delta x'}{\Delta t'}} = \frac{v + u'}{1 + \frac{vu'}{c^2}}$$

В процесі поясненні цієї формули досить важливим буде зазначити, що вченими проводилось вимірювання швидкості пари фотонів, що виникли при анігіляції електрона і позитрона, центр мас яких рухався зі швидкістю, що дорівнювала половині швидкості світла. З точністю 10 % додавання швидкості світла і швидкості джерела виявлено не було.

Введення поняття маси також є одним з найбільш складних і фундаментальних в науці. Це поняття використовується як для об'єктів макросвіту (матеріальних і польових), так і для об'єктів мікросвіту (частинок речовини і поля). Складність сприйняття поняття маси полягає в тому, що воно характеризує різні властивості матерії – інертні і гравітаційні.

Рівність гравітаційної та інертної мас була підтверджена Ньютоном експериментально з відносною точністю 10^{-3} : В кінці XIX століття більш точні експерименти провів фон Етвеш, довівши точність до 10^{-9} . Сучасна техніка дозволила підтвердити рівність мас з точністю $10^{-12} - 10^{-13}$ (Брагінський, Дікке).

Ототожнення гравітаційної та інертної мас хвилювали Ейнштейна. В процесі пояснення доцільно, на нашу думку навести уявний експеримент Ейнштейна, що дозволить активізувати їхню пізнавальну діяльність та використати елементи емпіричного знання.

Отже, за Ньютоном, тіла притягуються один до одного навіть якщо їх розділяють величезні відстані, причому, сила тяжіння, або гравітація, поширюється миттєво. Гравітаційна маса служить мірою сили тяжіння. Що ж до руху тіла під дією цієї сили, то воно визначається інертною масою тіла, яка характеризує здатність тіла набувати прискорення під дією даної сили. Ейнштейна зацікавило, чому ці дві маси збігаються. Він зробив так званий “уявний експеримент”. Нехай ми помістимо нашу випробувальну лабораторію в кабінку ліфта. Уявімо собі величезний ліфт у вежі хмарочос. Раптово канат, що підтримує ліфт, обривається, і ліфт вільно падає у напрямку до землі. Експериментатор в своїй лабораторії проводить наступний дослід: виймає зі своєї кишені хустку і годинник і випускає їх з рук. Відносно хмарочоса падає ліфт з лабораторією, експериментатор, годинник і хустка. Подивимося, яким чином обидва спостерігачі, внутрішній і зовнішній, описують те, що відбувається в ліфті. Внутрішній спостерігач – експериментатор: підлога ліфта повільно починає йти з-під ніг, годинник з хусткою не рухаються відносно підлоги. Експериментатор робить висновок: всі тіла до землі рухаються з однаковим прискоренням. Висновок – система неінерційна. Зовнішній спостерігач – всі чотири тіла: ліфт, експериментатор, годинники і хустка падають з однаковим прискоренням до землі. Його висновок також збігається з думкою внутрішнього спостерігача – система неінерційна.

Зовнішній спостерігач помічає рух ліфта і всіх тіл в ньому, і знаходить його відповідним законам тяжіння Ньютона. Для нього рух є нерівномірним, а прискореним,

внаслідок дії поля тяжіння Землі. Однак, каже Ейнштейн, покоління фізиків, народжене і виховане в ліфті, міркувало б зовсім інакше. Воно було б впевнене в тому, що воно має інерціальну систему і відносило б усі закони природи до свого ліфта, заявляючи з упевненістю, що закони приймають особливо просту форму в їхній системі координат. Для них було б природним вважати свій ліфт нерухомим і свою систему координат інерціальною. Отже, тіла в ліфті для них мають інертну масу, але вона еквівалентна гравітаційній, бо вони одночасно досягнуть землі. [7, с 194]

Спеціальна теорія відносності встановлює максимальну можливу швидкість руху тіла – швидкість світла. Ця швидкість задає також максимальну можливу швидкість передачі сигналу. Швидкість світла – це універсальна фізична стала, що входить до рівнянь Максвелла. Оскільки швидкість розповсюдження сигналу скінченна, то певна подія, що відбулася в певній точці простору в певний момент часу, не може вплинути на іншу подію в іншій точці простору в інший момент часу, якщо між ними не встигне пройти сигнал. Це так званий принцип причинності, який можна продемонструвати наступним прикладом.

Звернемось до уявного польовання на качок. Якщо уявити, що куля має миттєву швидкість, то, щоб поцілити качку, що летить, треба приціл рушниці наводити прямо на качку, але мисливці, знають, що приціл треба відводити вперед за напрямом польоту качки.

Отже, якщо куля має кінцеву швидкість (швидкість світла, наприклад), то подія влучення в качку може і не відбутись. Все буде залежати від відстані, яку пролетить качка і куля до їх зустрічі. Виходячи з цього, можна стверджувати, що теорія відносності відкидає принцип далекодії, замінюючи його принципом близькодії.

В процесі вивчення теорії відносності, як було нами зазначено, доцільно широко використовувати прикладні задачі та експеримент (уявний, віртуальний або реальний). Ми пропонуємо серію прикладів, проблемних запитань та експериментальних завдань, які дозволяють довести або підтвердити деякі положення спеціальної теорії відносності.

1. Як довести той факт, що світло розповсюджується не миттєво, а з кінцевою швидкістю?

Це можна продемонструвати за допомогою мобільного телефону: якщо абонент, що відповів, переведе свій телефон в режим гучного зв'язку, в нашому телефоні ми почуємо власний голос з деякою затримкою. Якби світло, або електромагнітні хвилі поширювались миттєво, цього б не відбувалось.

2. Експеримент, що демонструє залежність часу від системи відліку і швидкості поширення сигналу в ній, тобто відносність часу.

Можна продемонструвати задачу про падіння каменя в колодязь. Якщо час падіння фіксувати по утворенню хвиль в колодязі, він буде одним, а якщо по звуку падіння, він буде іншим.

3. Ефект Доплера можна пояснити використовуючи фотографії спектрів світла від комети при її наближенні та віддаленні до Землі, де явно спостерігається різниця в спектральних лініях при наближенні комети і при її віддаленні. Спостерігаючи, аналогічно, за сигнальними ліхтарями літака, ми б помітили, що вони мигтять швидше, коли літак наближається і повільніше, коли літак віддаляється.

4. Для ілюстрації нелінійності простору розглянемо, як кривизна поверхні Землі може бути виміряна спостерігачем, який весь час перебуває на цій поверхні. Проведемо такий уявний експеримент: Ви вирушаєте з Північного полюса на південь і проходите приблизно 10 000 км (до екватора), потім повертаєте наліво точно на 90 градусів, йдете 10 000 км,

повертаєте знову наліво на 90 градусів і йдете ще 10 000 км і повертаєтесь точно туди, звідки почали, причому під кутом 90 градусів до першого відрізка шляху. Такий трикутник з трьома прямими кутами, абсолютно неможливий в евклідовій геометрії, виявляється можливим на поверхні Землі лише тому, що Земля є викривленою поверхнею.

Розробка таких завдань мала на меті викликати в учнів певні ускладнення, збуджувати інтерес через нестандартний підхід до їх розв'язання, активізувати до пошуку розв'язків, сприяти засвоєнню навчального матеріалу. Наведені приклади практичних завдань і експериментів, як показує практика, покращують розуміння учнями теорії відносності, показують реальний вплив релятивістських ефектів на нашу дійсність, розширюють світогляд учнів.

Висновки. Отже, в рамках відведеного у шкільному курсі фізики на вивчення елементів теорії відносності часу, цей матеріал можна викладати не фрагментарно, а послідовно й логічно, як і будь-яку іншу фізичну теорію. Це означає, що необхідно показати емпіричний базис теорії, її основні постулати, логіку побудови та евристичні можливості на прикладі отримання основних наслідків. Розширення положень теорії відносності є необхідним елементом для реалізації принципу науковості під час вивчення фізичних теорій у шкільному курсі фізики.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Глазунов А.Т. Методика викладання фізики в середній школі / Глазунов А.Т., Нурімський І.І., Пінський А.А. / М.:Просвещение, 1989. – 272 с.
2. Іваницький О.І. Технології навчання фізики: теоретико-методичні засади [навч. посібник] / О.І. Іваницький, С.П. Ткаченко. – Запоріжжя: ЗНУ, 2010. – 254 с.
3. Інтерактивні технології навчання: метод. посіб. /О.І. Пометун та ін.-Умань, 2003 – 71 с.
4. Коновал О.А. Теоретичні та методичні основи вивчення електродинаміки на засадах теорії відносності : монографія / О. А. Коновал – Криворіз. держ. пед. ун-т. - Кривий Ріг : Вид. дім, 2009. - 345 с.
5. Коновал О.А. Технологія вивчення електродинаміки на основі теорії відносності/ Коновал О.А., Сергєєв О.В.// Збірник наукових праць: Педагогічні науки. – Херсон: Видавництво ХДУ, 2002. – Вип.32. – Частина 2. – С. 72-76.
6. Коршак Є.В. Фізика: 10 клас: підручник для загальноосв. навч. закладів: рівень стандарту. / Є.В.Коршак, О.І.Ляшенко, В.Ф.Савченко. – К.: Генеза, 2010. – 192 с.
7. Эйнштейн А. Собрание научных трудов. Т.IV. - М.: Наука, 1967. - 600 с.

A.P.Tomashevskya, I.V. Salnyk

Kirovograd State Pedagogical University named after Volodymyr Vynnychenko
**INTRODUCTION OF EXPERIMENTAL METHODS IN THE STUDY OF SPECIAL
THEORY OF RELATIVITY**

The theory of relativity is the basis of physical theories called relativistic. It has established itself as a theoretically perfect physical theory that is part of modern physical picture of the world. Sure that the theory of relativity must take its proper place in the practice of teaching physics. Study of the elements of theory of relativity is important from the standpoint of cognitive and applied problems.

The article presents methodical advices on studying certain issues of the theory, also examples of tasks and physical experiments (real and imaginary) that allow prove or confirm certain provisions of special theory of relativity. The purpose of developing such problems is to cause students some complications, arouse interest through their unusual approach to solving, intensify the search for solutions and promote mastering of educational material.

Key words: *special theory of relativity, experimental methods, relativistic theory, empirical knowledge, learning experiment, school course of physics, imaginary experiment.*