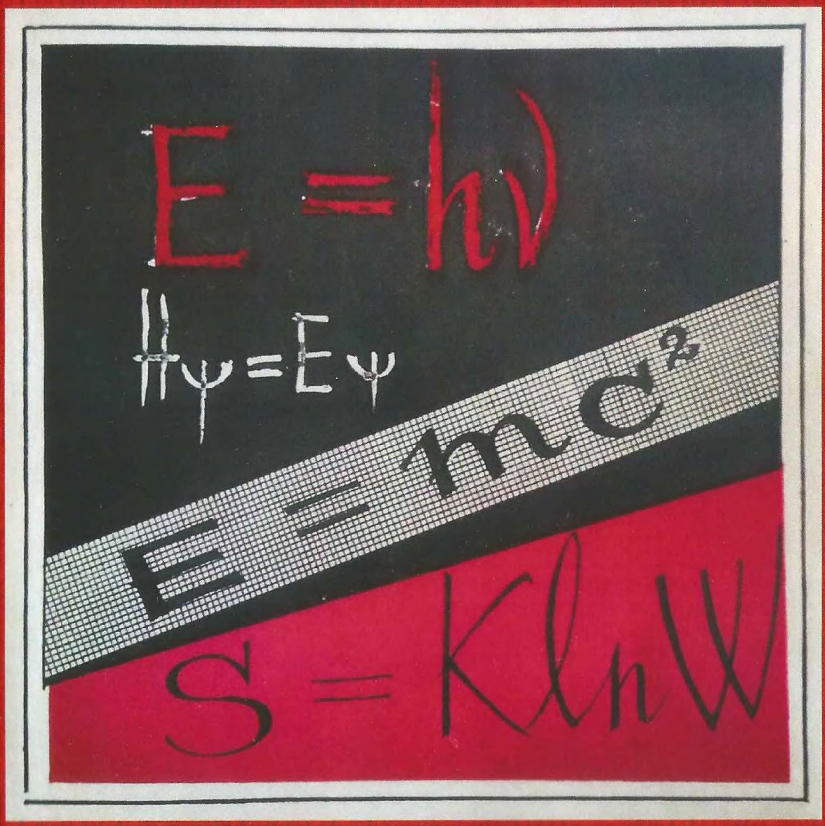
К. С. Ільніцька, Ю. М. Краснобокий, І. А. Ткаченко

СПЕЦІАЛЬНА ТЕОРІЯ ВІДНОСНОСТІ

МАТЕРІАЛИ ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

ПОСІБНИК ДЛЯ СТУДЕНТІВ



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини

К. С. Ільніцька, Ю. М. Краснобокий, І. А. Ткаченко

СПЕЦІАЛЬНА ТЕОРІЯ ВІДНОСНОСТІ

(матеріали до практичних занять)

Посібник для студентів

2024

УДК 530.121(075.8)
І-45
ISBN 978-617-7252-34-3

Рецензенти:

Ковальов Л. Є, кандидат фізико-математичних наук, доцент, завідувач кафедри математики і фізики Уманського національного університету садівництва;

Мартинюк О. С., доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри експериментальної фізики, інформаційних та освітніх технологій Волинського національного університету імені Лесі Українки;

Терещук С. І., доктор педагогічних наук, професор кафедри фізики та інтегративних технологій навчання природничих наук Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини

Рекомендовано вченою радою
Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини
(протокол № 22 від 25 червня 2024 року)

Ільніцька К. С.

І-45 Спеціальна теорія відносності : (матеріали до практичних занять) : посіб. для студ. / К. С. Ільніцька, Ю. М. Краснобокий, І. А. Ткаченко. — Бровари: ТОВ «АНФ ГРУП», 2024. – 108 с.

У посібнику представлені теоретичні основи спеціальної теорії відносності та відповідні задачі для практичних занять за організації освітнього процесу з вивчення загального курсу фізики на ОС «Бакалавр».

Посібник може бути корисним учителям фізики та учням старшої школи.

УДК 530.121(075.8)
ISBN 978-617-7252-34-3

© Ільніцька К. С., Краснобокий, Ю. М., Ткаченко І. А., 2024

ЗМІСТ

ВІД АВТОРІВ 4

I. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА 6

А. Встановлення формули релятивістського коефіцієнта та формул перетворення координат і часу Лоренца 6

Б. Елементи кінематики СТВ 23

В. Елементи релятивістської динаміки 29

II. ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ТИПОВИХ ЗАДАЧ 41

III. ЗАДАЧІ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО РОЗВ'ЯЗАННЯ..... 92

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА 103

ВІД АВТОРІВ

У посібнику пропонується один із апробованих варіантів методики вивчення основних положень спеціальної теорії відносності у загальному курсі фізики, який викладається за програмами фізико-математичних спеціальностей педагогічних університетів. Основні підходи, на яких базується пропонована методика, полягають у посиланні на принцип відповідності щодо трансформації фізичних теорій від їх часткових випадків до більш загальних. У цьому плані в теоретичній частині посібника аналізуються межі застосовування класичної механіки Галілея-Ньютона у площині абсолютизації цією теорією категорій простору і часу, одночасності подій у різних системах відліку, миттєвої передачі взаємодій між тілами на відстані тощо. Розкривається фізичний зміст постулатів Ейнштейна, які лежать в основі теорії відносності, стосовно особливого статусу швидкості поширення світла як природного явища. На основі цих постулатів виводяться формули перетворень координат і часу Лоренца. Встановлення цих формул спирається на математичний апарат, який відповідає рівню шкільної математичної підготовки учасників освітнього процесу. На основі одержаних результатів щодо формул перетворень Лоренца, математично доказово продемонстровано відносність понять «тривалості подій», «проміжків часу», «зміни розмірів та форми тіл», а також релятивістських формул взаємозв'язку маси і енергії, імпульсу, законів збереження, тощо, якщо їх розглядати у системах відліку, які перебувають у русі одна відносно одної. Ці ж поняття переважно складають й зміст пропонованих задач.

Посібник складається з трьох частин: 1) теоретична частина містить основні поняття кінематики і динамівки СТВ (спеціальної теорії відносності) та основні формули,

які використовуються при розв'язуванні задач; 2) приклади розв'язків типових задач; 3) задачі для самостійного розв'язання.

Перша частина посібника розроблена доц. К. С. Ільніцькою; друга – доц. К. С. Ільніцькою і доц. Ю. М. Краснобоким; задачі третьої частини посібника підібрані проф. І. А. Ткаченком.

І. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

А. Встановлення формули релятивістського коефіцієнта та формул перетворення координат і часу Лоренца

Спеціальна теорія відносності (СТВ) є фундаментальною фізичною теорією, яка лежить в основі сучасної фізики і володіє колосальним світоглядним потенціалом. У той же час у процесі викладання (вивчення) елементів СТВ в школі і ЗВО стикаються з низкою проблем. Ці проблеми пов'язані, насамперед, зі складним математичним апаратом, що її описує; розглядом уявних модельних представлень, які реально в природі не існують (на кшталт «інерціальних систем відліку», які вимагають наявності тіл відліку, що не взаємодіють з іншими тілами); формуванням поняття «подія» та розрізненням за різних початкових умов понять «відносного», «переносного» і «абсолютного» переміщень тощо.

У зв'язку з цим пошук шляхів удосконалення методики вивчення елементів СТВ є актуальним.

Насамперед мова йде про отримання формул перетворень координат і часу Лоренца, на яких фактично базуються всі висновки СТВ. Основою цих формул є коефіцієнт $k = 1/\sqrt{1-\upsilon^2/c^2}$, де υ – швидкість об'єкта/системи відліку, а c – швидкість поширення світла у вакуумі. Саме в коректному математично обґрунтованому виведенні формули цього коефіцієнта полягає оптимальний методичний підхід до послідовного вивчення елементів СТВ.

Досвід викладання основ СТВ свідчить, що вивчення цього матеріалу варто розпочинати з розкриття змісту важливого методологічного «принципу

відповідності», який є одним з елементів формування у студентів над предметної (ключової) компетентності.

Принцип відповідності у його найбільш загальній формі стверджує, що теорії, достовірність яких встановлена експериментально для тієї, чи тієї галузі природознавства, з появою нових, більш загальних теорій, не відкидаються як помилкові, а зберігають своє значення для попередньої сукупності явищ як гранична форма і частковий випадок нових теорій.

У розгорнутому вигляді принцип відповідності стверджує: по-перше, що кожна природничо-наукова теорія є відносною істиною, яка містить елемент абсолютної істини; по-друге, він стверджує, що зміна природничо-наукових теорій – це не послідовність руйнування різних попередніх теорій, а логічний процес розвитку природознавства, руху через послідовність відносних істин до абсолютної; по-третє, принцип відповідності стверджує, що як «нові», так і «старі» теорії утворюють (відображують) єдине ціле.

Процес викладання основ СТВ переконує, що краще її сприйняття студентами відбувається тоді, коли вона представляється як до певної міри узагальнення механіки Галілея-Ньютона, що й відповідає принципу відповідності.

Вивчення цього матеріалу краще реалізовувати у формі комбінованого лекційно-практичного заняття, під час якого теоретичні його основи подаються викладачем, а математичні розрахунки проводяться студентами. За цього вивчення основних положень СТВ здійснюється у процесі поступового переходу від аналізу теоретичних установок механіки Галілея-Ньютона, які мають бути засвоєні студентами з шкільного курсу фізики.

Як відомо, основний закон класичної механіки Ньютона аналітично виражається формулою: