УДК 53(07)

Кузьменко О.С.

ВИВЧЕННЯ СИМЕТРІЇ ФІЗИЧНИХ ЗАКОНІВ СТУДЕНТАМИ ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ АВІАЦІЙНОГО ПРОФІЛЮ

У статті аналізується та розглядається поняття симетрії, яке покладено в основу сучасних фізичних теорій та законів. Симетрія виявляє взаємозв´язок фізичних законів, спрощує розуміння складних процесів, що протікають у мікросвіті та розглядаються в фізиці. У статті розглянуто приклади фізичних законів, у яких простежується поняття симетрії.

Ключові слова: *симетрія, закони фізики, асиметрія, елементарні частинки, навчальний процес.*

Постановка проблеми. Проблема розвитку та вдосконалення фізичної освіти є однією з центральних, яка перебуває в центрі уваги світового наукового та громадського співтовариства. Актуальним завданням сучасної дидактики фізики, як педагогічної науки є пошук шляхів і засобів, які мають бути ефективними до практичного використання під час вивчення теоретичних досліджень та поєднання цих досліджень з практикою.

Загальний курс фізики, який вивчається студентами Кіровоградської льотної академії Національного авіаційного університету (КЛА НАУ) на першому курсі є базовим для підготовки операторів складних систем (ОСС) та є основою для дисциплін професійного спрямування, а саме "Основи аеродинаміки та динаміки польоту", "Основи радіоелектроніки та АСУ польотами", "Теоретичної механіки", "Основи електротехніки, електрообладнання ПС та аеродромів" та ін. Під час вивчення курсу фізики студенти знайомляться з основними фундаментальними поняттями, законами, принципами фізики, явищами та експериментальними методами дослідження фізичних явищ і процесів природи, аналізом, сиснтезом, систематизацією спостережуваних явищ фізичного експерименту.

Слід відзначити, що одним із напрямків реформування фізичної освіти у вищих та в загальноосвітніх навчальних закладах є посилення її методологічної спрямованості. Тому виникає потреба, щоб фізика, як наука сприймалась суб`єктом навчання не як перелік відкриттів чи наявність формул, а відповідно формувала наукове мислення в процесі пізнання навколишнього світу.

Рівень сформованості знань у студентів з фізики визначається засвоєнням фундаментальних фізичних понять, законів, теорії та принципів.

У сучасній фізиці виявлено певний взаємозв´язок фізичних законів, особливо законів збереження та поняття симетрії. На нашу думку варто сформувати в студентів під час вивчення загального курсу фізики цілісне уявлення про дану науку, відповідно на основі вивчення фундаментальних понять симетрії з поєднанням із фізичними законами. Розкривати та використовувати поняття симетрії при розв`язуванні фізичних задач, виконанні робіт фізичного практикуму, розв`язку розрахунково-графічних робіт студентами у вищих навчальних закладах авіаційного профілю.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основу методики навчання фізики у вищій школі досліджували в свої роботах О.І. Бугайов, С.У. Гончаренко, І.М. Кучерук, М.Т. Мартинюк, Л.І. Осадчук, Б.А. Сусь, М.І. Шут, М.І. Садовий та ін.

Загальнонаукові категорії симетрії і асиметрії розглядалися в роботах В.С. Готта, Ф.М. Землянського, світоглядні питання в контексті теорії симетрії розглянуті Р.М. Ганієвим [2], проблемі симетрії у фізиці присвячені роботи Дж. Еліота, П. Добера [3], В.В. Мултановського, який розглядає симетрію у класичній механіці [5], І.З. Ковальова (розгляд симетрії в курсі фізики в середній школі) [4], геометричні перетворення симетрії розглядав М.М. Мурач [6], Е. Вігнер відзначав в своїх роботах найважливіші проблеми філософського і природничо-наукового характеру, пов’язані з симетрією [1], М.І. Садовий розглядав у своїх роботах симетрію мікрочастинок [8], Річард Фейнман [9] розглядав поєднання поняття симетрії із фізичними законами.

Метою статті є розгляд поняття симетрії в процесі вивчення фізичних законів студентами з курсу загальної фізики у вищих навчальних закладах авіаційного профілю.

Виклад основного матеріалу. Для людського розуму симетрія володіє привабливою силою. Що таке симетрія предмета зрозуміти легко, але постає питання чи може бути симетричним фізичний закон? Ні, звичайно, але фізики отримують особливе задоволення від того, що беруть найбуденніші слова і використовують їх для позначення зовсім інших понять [9].

Відомий математик Герман Вейль запропонував таке визначення симетрії [9], згідно з яким симетричним називається такий предмет, який можна змінювати, в результаті отримуючи початкову форму. Саме у цьому сенсі говорять про симетрію законів фізики. При цьому слід звернути увагу на те, що фізичні закони або способи їх задання можна змінювати так, щоб це не відбивалося на їх наслідках.

© Кузнєцова О.Я., 2015

Розглянемо разом з студентами приклад симетрії відносно просторового перенесення. Якщо побудувати будь-яку установку та при її допомозі поставити який-небудь дослід, а потім узяти та побудувати таку саму установку для такого самого експерименту з таким самим об'єктом, але у іншому місці, то виявиться, що ми під час обох дослідів будемо спостерігати одне і те ж явище. Розглядаючи симетрію відносно просторових перенесень, необхідно враховувати все те, що грає в експерименті істотну роль.

Опрацюємо закон всесвітнього тяжіння, який стверджує, що сила взаємного тяжіння двох тіл обернено пропорційна квадрату відстані між ними. Нагадаємо, що тіла реагують на силу зміни швидкості в напрямі сили. Візьмемо два тіла, наприклад, планету, що обертається навколо Сонця, і перенесемо цю пару в іншу частину Всесвіту.

Відстань між ними, природно, не зміниться, а, отже, не зміняться сили, що діють між ними. Більш того, в новій ситуації збережеться швидкість руху і всі пропорції змін, що відбуваються, але і в одній системі все відбуватиметься точно так, як і в іншій. Уже те, що в законі всесвітнього тяжіння використовується "відстань між двома тілами", а не якась відстань від центру Всесвіту, вказує на те, що цей закон допускає перенесення в просторі. Ось в цьому і полягає одна з симетрій фізичних законів – симетрія відносно просторових перенесень.

Інша властивість симетрії пов'язана з тим, що для фізичних законів не істотні зміщення в часі. Розглядаючи, закони гравітації, ми згадали про можливість зміни гравітаційних сил в часі. А це означало б, що допустимість зміщень в часі невірна. Проте, на даний час прийнято проводити грань між фізичними законами, які розглядають рух, якщо він розпочався за певних умов, і твердженнями про те, як був створений наш Всесвіт, оскільки про нього ми знаємо зовсім мало. Найхарактернішою рисою фізичного закону є його спільність.

Розглянемо декілька прикладів законів симетрії. Один з них пов'язаний з фіксованими просторовими поворотами. Якщо проводити який-небудь дослід з установкою, побудованою в якому-небудь певному місці, а потім узяти іншу таку саму установку та повернути її так, щоб усі її осі мали іншу орієнтацію, то установка працюватиме так само як і раніше.

Другий приклад закону симетрії пов'язаний з рівномірним рухом по прямій. Вважається, що закони фізики не зміняються при рівномірному русі по прямій. Це твердження називається принципом відносності. Візьмемо космічний корабель та який-небудь пристрій в ньому, що виконує деяку роботу. А також візьмемо ще один досконалий такий же пристрій, встановлений на Землі. Тоді, якщо космічний корабель рухатиметься з постійною швидкістю, спостерігач на борту корабля, що вивчає поведінку пристрою, не помітить в ньому нічого нового в порівнянні з іншим спостерігачем, який спостерігає поведінку нерухомого пристрою на Землі.

Звичайно, якщо спостерігач, що рухається, виглядає в ілюмінатор або налетить на якусь перешкоду, це зовсім інша справа. Але поки він рухається з постійною швидкістю по прямій, закони фізики здаються йому такими ж, як і спостерігачеві на Землі.

У симетрії відносно просторових перенесень, зміщень в часі не було особливої глибини. Симетрія ж відносно рівномірного прямолінійного руху цікавіша тим, що з неї витікають самі різноманітні наслідки. Більш того, ці наслідки можна поширювати на закони, яких ми не знаємо. Наприклад, припускаючи, що цей принцип справедливий і для розпаду μ-мезонів, ми можемо стверджувати, що при їх допомозі не можна дізнатися, як швидко рухається космічний корабель. А це означає, що ми знаємо хоч щось про закони μ-мезонного розпаду, хоча в нас немає ніяких відомостей про те, чим же, власне, викликається цей розпад. У фізичних законах є немало інших властивостей симетрії, і деякі з них зовсім іншого роду. Один з них полягає в тому, що деякий атом можна замінити іншим, того ж виду, і це ніяк не позначиться на будь-якому явищі.

У квантовій механіці твердження, що один атом можна замінити іншим, однотипним, призводить до дивовижних наслідків. Воно пояснює дивне явище, спостережуване в рідкому гелії, який тече по трубах, не зазнаючи якого-небудь опору, просто тече і ніколи не зупиняється. Воно навіть лежить в основі всієї періодичної системи елементів і пояснює, звідки беруться ті сили, що не дають, наприклад, людині провалитися крізь підлогу. Отже, всі закони фізики симетричні відносно інших будь-яких змін.

Розглянемо приклад асиметрії закону фізики. Якщо людина обертаєтеся з постійною кутовою швидкістю в космічному кораблі, то невірно було б стверджувати, що вона цього не помітить. Навпаки, у людини розпочнеться запаморочення. З'являться інші ознаки: всі предмети будуть відкинуті до стін відцентровою силою.

Визначити, що Земля обертається, можливо за допомогою маятника або гіроскопа, або за допомогою маятника Фуко, що є в різних обсерваторіях і музеях, які є доказом факту обертання Землі без спостереження за зірками. Отже, ми обертаємося з постійною кутовою швидкістю на Землі, тому що при такому русі закони фізики не залишаються незмінними.

Закони тяжіння, виявляється, є такими, що в годиннику, дія якого ґрунтована на цих законах, нічого не зміниться. Подібну ж властивість мають і закони електрики та магнетизму, так що, якщо в нашому годиннику є і електрична або магнітна начинка, дроти, струми, то другий годинник як і раніше працюватиме в цілковитій згоді з першим. Нічого не зміниться також, якщо в нашому годиннику використовуються звичайні ядерні реакції.

Але є явища, для яких ця різниця існує. Візьмемо шматок поляроїда, що пропускає лише світло з певною поляризацією, і пропустимо промінь світла через нього та цукрову воду. Побачимо, що якщо після води промінь пропускати через інший шматок поляроїда, то чим товщий пройдений шар води, тим більше вправо потрібно буде повернути другий шматок поляроїда, щоб на виході побачити промінь світла. Якщо пропускати світло через розчин, але в оберненому напрямку, то виявиться, що знову доведеться повертати вихідний шматок поляроїда вправо. Отже, з цього досліду ми отримали різницю між правим і лівим. Цукрову воду і пучок світла можна використати в годиннику.

Нехай є посудина з цукровою водою і ми пропускаємо через нього промінь світла, в якій шматок поляроїда повернули так, що він пропускає увесь світ. Припустимо, що ми відтворимо дзеркальне відображення всієї цієї конструкції в другому годиннику, сподіваючись, що площина поляризації світла обернеться вліво. Світло, як і в першому годиннику, буде обертатися вправо, і другий шматок поляроїда його не пропустить. Значить, за допомогою цукрового розчину ми зможемо виявити різницю між двома годинами.

Це чудовий факт пояснює те, що фізичні закони не мають симетрії відносно дзеркальних відображень. Принцип симетрії відносно правого і лівого, згідно з яким природа не реагує на дзеркальне відображення, невірна, і тоді це дозволить розглянути багато цікавих явищ.

Розглянемо явище радіоактивного розпаду, в якому випускаються електрон і нейтрино, електрон і антинейтрино. Є багато інших реакцій радіоактивного розпаду, при яких заряд ядра збільшується на одиницю і випускається електрон. Але це цікаве тим що: якщо виміряти обертання цього електрона, – а електрони випускаються, обертаючись навколо власної осі, – то виявиться, що всі вони обертаються справа наліво. У тому, що електрони, які випускаються, завжди обертаються в одному напрямі, що у них, так би мовити, лівобічна орієнтація, є певний зміст. Наприклад, при β-розпаді в рушниці, що стріляє електронами, нарізний ствол. Нарізувати ствол можливо двома способами. Завжди є вибір нарізувати ствол так, щоб куля оберталася або справа наліво, або зліва направо.

Між законами збереження і законами симетрії існує деякий зв'язок. Цей зв'язок отримує своє пояснення тільки в квантовій механіці.

Припустимо, що закони фізики допускають формулювання, що базується на принципі мінімуму. Тоді можна показати, що з будь-якого закону, що допускає перенесення експериментальної установки, тобто, що допускає просторові перенесення, витікає закон збереження кількості руху. Намалюємо деякий шлях, що сполучає A і B (мал. 1), та інший можливий шлях наступного виду. Спочатку перейдемо до найближчої точки C, а потім рухаємося по такому ж шляху, як і раніше, до іншої точки D, віддаленої від B на ту ж відстань, що і C від A, оскільки обидва шляхи абсолютно однакові. Закони фізики такі, що загальна величина дії при русі по шляху $ACDB$ в першому наближенні співпадає з дією при русі по первинному шляху AB – згідно принципу мінімуму, якщо AB – дійсний шлях.

Мал. 1

Дія при русі по початковому шляху від A до B повинна співпадати з дією при русі від C до D, якщо світ не змінюється при просторових перенесеннях, оскільки різниця між цими двома шляхами лише в просторовому зміщенні. Тому якщо принцип симетрії відносно просторових перенесень справедливий, то дія при русі по шляху від A до B має бути таким же, як і на шляху від C до D. Проте, для справжнього руху дія для складної траєкторії $ACDB$ в точності співпадає з дією для траєкторії AB і, отже, з дією для однієї своєї частини, від C до D. Але дія для складного шляху є сумою трьох частин: дія для руху від A до C, від C до D, і від D до B. Тому, віднімаючи рівне з рівного від руху від A до C і від D до B, ми побачимо, що сума дорівнюватиме нулю. Відповідно. при русі по одному з цих відрізків ми рухаємося в один бік, а при русі по іншому – в інший бік.

Якщо розглядати дію при русі від A до C та досліджувати його як ефект руху в одному напрямі, а дію при русі від D до B – як дію при русі від D до B, але з іншим знаком через протилежний напрям руху, то ми побачимо, що для забезпечення потрібної рівності слід, щоб дія при русі з A в C співпадала з дією при русі з B в D.

Ця величина – це зміна дії при маленькому кроці вправо, яка є однією і тією ж на початку (від A до C) та в кінці (від B до D).

Отже, є деяка величина, яка не змінюється з часом, якщо тільки справедливий принцип симетрії відносно просторових перенесень. Ця величина, що не змінюється в часі є приблизно рівною кількості руху. Такий взаємозв'язок між законами симетрії та законами збереження, випливають з того, що закони підкоряються принципу найменшої дії. А вони підкоряються йому, як виявляється, тому, що витікають із законів квантової механіки.

Міркуючи так само відносно зміщень в часі, ми приходимо до закону збереження енергії. Твердження про те, що поворот у просторі не змінює фізичних законів, обертається законом збереження моменту кількості руху.

Можливість дзеркального відображення не знаходить собі простого з точки зору класичної фізики твердження. Ця властивість називається парністю, а відповідний закон збереження – законом збереження парності.

Якщо розглядати закони симетрії, то в зв'язку з ними виникло декілька нових завдань. Наприклад, у кожної елементарної частки є античастинка, що відповідає їй: для електрона – позитрон, для протона – антипротон.

Висновки. У результаті проведених досліджень та вище зазначеного констатуємо те, що доцільність підпорядкування змісту навчального матеріалу з фізики базується на фундаментальних поняттях, одним з яких є симетрія. Ознайомлення та вивчення студентами поняття симетрії в поєднанні з фізичними законами сприятимуть формуванню сучасного наукового мислення, а також забезпечуватиме систематизацію знань з фізики при розв`язку задач, розрахунково-графічних робіт з різних розділів фізики та формуванню наукового світогляду.

Перспективи подальших досліджень полягають в детальному аналізі поняття симетрії та його використання в навчанні фізики у ВНЗ авіаційного профілю.

Використані джерела

1. Вигнер Е. Этюды о симметрии / Е. Вигнер. – М.: МИР, 1971. – 318 с.
2. Ганиев Р.М. Групповая симметрия в множестве мировоззренческих высказываний / Роберт Маликович Ганиев. – Владикавказ: Северо-Осетинский гос. ун-т им. К.Л. Хетагурова, 2001. – 108 с.
3. Элиот Дж. Симметрия в физике / Дж. Элиот П. Добер; Соч. в 2-х т. – Т.1. – М : Мир, 1983. – 364 с.
4. Ковалев И.З. Учение о симметрии в курсе физики средней школы: автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. пед. наук : спец. 13.00.02 "Теория и методика обучения (физика)" / И.З. Ковалев. – К., 1976. – 24 с.
5. Мултановский В.В. Курс теоретической физики / Мултановский В.В. – М. : Просвещение, 1988. – 304 с.
6. Мурач М.М. Геометричні перетворення і симетрія / М.М. Мурач. – К.: Радянська школа, 1987. – 178 с.
7. Робоча програма з дисципліни "Фізика" для курсантів за напрямком підготовки 6.07102 "Аеронавігація", професійного спрямування "Обслуговування повітряного руху". / Укладач: В.В. Фоменко. – Кіровоград: КЛА НАУ, 2013. – 22 с.
8. Садовий М.І. Окремі питання сучасної та традиційної фізики: Навчальний посібник для студентів педагогічних навчальних закладів освіти. – Кіровоград: Видавництво ПП "Каліч О.Г.", 2007. – 138 с.
9. Фейнман Ричард Характер физических законов / Фейнман Ричард. – М.: Мир, 1968. – 231 с.

Kuz`menko O.

STUDY OF SYMMETRY OF PHYSICAL LAWS BY STUDENTS OF HIGHER EDUCATIONAL ESTABLISHMENTS OF AVIATION TYPE

A problem of development and perfection of physical education is one of central that is in the spotlight of world scientific and public concord. In accordance with the actual tasks of modern didactics of physics, as pedagogical science there is a search of ways and facilities that must be effective to the practical use during the study of theoretical researches and combination of these researches with practice. It should be noted that one of directions of reformation of physical education in higher and in general educational establishments there is strengthening of her methodological orientation. Therefore there is a necessity, which physics, as science was perceived by the subject of studies not as list of opening or presence of formulas, and accordingly formed the scientific thinking in the process of cognition of the surrounding world.

Flat rate of physics, that is studied by the students of the Kirovohrad flying academy of the National aviation university (KFA NAU) on the first course is base for preparation of operators of the difficult systems (ODS) and is basis for disciplines of professional aspiration, namely "Bases of aerodynamics and dynamics of flight", "Basis of radio electronics and АСУ by flights", "Theoretical mechanics", "Bases of the electrical engineering, electrical equipment and the air fields" and other. The level of formed of knowledge for students from physics is determined by mastering of fundamental physical concepts, laws, theory and principles.

In modern physics it is educed взаємозв'is certain язок of physical laws, especially laws of збереження and concept of symmetry. To our opinion it costs to form for students during the study of flat rate of physics an integral idea about this science, accordingly on the basis of study of fundamental concepts of symmetry with combination with physical laws. To expose and use the concept of symmetry for untiing of physical tasks, implementation of works of physical practical work, decision of calculation-graphic works students in higher educational establishment's aviation profile.

The concept of symmetry, which is fixed in basis of modern physical theories and laws, is analysed in the article and examined. Symmetry finds out of physical laws, simplifies understanding of difficult processes that flow in microworld and examined in physics. In the article the examples of physical laws are considered the concept of symmetry is traced in that.

Key words: *symmetry, educational process, physicist, mechanic, principles of symmetry, untiing of tasks.*

Стаття надійшла до редакції 02.05.2015