

УДК 378:53.02

ТРАНСЛЯЦІЯ ЯК ЕЛЕМЕНТ СИМЕТРІЇ У ПРОЦЕСІ НАВЧАННЯ ФІЗИКИ В ТЕХНІЧНИХ ВУЗАХ В УМОВАХ РОЗВИТКУ STEM- ОСВІТИ

Кузьменко Ольга¹, Дембіцька Софія²

¹Кіровоградська льотна академія Національного авіаційного університету
(Кропивницький)

²Вінницький національний технічний університет
(Вінниця)

Анотація. Стаття присвячена особливостям вивчення курсу фізики у вузах технічного профілю із використанням симетрії. Поняття симетрії – одне з найфундаментальніших понять науки та практики. Відзначено, що теорія великого об'єднання, заснована на принципах симетрії, знаходиться у стадії розробки. Симетрія виявляє взаємозв'язок фізичних законів, спрощує розуміння складних процесів, що розглядаються внаслідок вивчення студентами загального курсу фізики у вищих навчальних закладах. В статті розглянуто операції та елементи симетрії. Метою написання статті є розгляд основних елементів симетрії, зокрема трансляції в навчальному процесі із загального курсу фізики у ВНЗ в умовах розвитку STEM-освіти.

Перспективи подальших досліджень полягають в детальному аналізі поняття симетрії та розробки методики вивчення фізики з використанням даного поняття в умовах розвитку STEM - освіти.

Ключові слова: симетрія, навчальний процес, фізика, елементи симетрії, трансляція, STEM-освіта.

Постановка проблеми. Система освіти є одним із найважливіших соціальних інститутів у будь-якому суспільстві. Її значимість та ефективність функціонування виступають показниками рівня розвитку усієї держави. На даному етапі відбувається глобальне реформування вищої освіти, спрямоване на зміну концептуальних пріоритетів, на пошук шляхів інтеграції до Європейської системи. Одним із перспективних напрямків є впровадження STEM-освіти, яка передбачає об'єднання наук,

спрямоване на розвиток нових технологій, на інноваційне мислення та забезпечення потреби в добре підготовлених інженерних кадрах.

В такому контексті відбувається переорієнтація освітнього процесу на розвиток особистості. Це вимагає вдосконалення усієї системи освіти, а відповідно й методики навчання дисциплін, зокрема фізики із врахуванням вимог та особливостей STEM-освіти. Зокрема, виникає потреба, щоб фізика сприймалась суб'єктом навчання не просто як перелік відкриттів чи наявність формул, а цілеспрямовано формувала наукове мислення студентів у процесі пізнання навколишнього світу.

Аналіз актуальних досліджень. Проблемі симетрії у фізиці присвячені роботи Дж. Еліота, П. Добера [3], Г.Вейля (унітарні симетрії), О.Ю. Шмідта (опис абстрактних груп), І.С. Дмитрієва [2] (симетрія в квантовій хімії), В.В. Мултановського [5] (симетрія у класичній механіці), І.З. Ковальова [4] (розгляд симетрії в курсі фізики в середній школі), М.М. Мурача [6] (геометричні перетворення симетрії), М.І. Садового [7] (симетрія мікрочастинок), а також Е. Вігнера [1], який відзначав в своїх роботах найважливіші проблеми філософського і природничо-наукового характеру, пов'язані з симетрією.

Історія створення теорії груп зародилася в рамках теорії алгебраїчних рівнянь в роботах Ж.Л. Лагранжа, Н.Х. Абеля, Е. Галуа та геометричних досліджень в наукових працях Г.Л. Гельмгольца, С. Лі, Ж.А. Пуанкаре, Ф. Клейна, Д. Гільберта, Е.Ж. Картана).

Метою статті є розгляд основних елементів симетрії, зокрема трансляції під час вивчення загального курсу фізики у ВНЗ технічного профілю в умовах розвитку STEM-освіти.

Методи дослідження. Досліджуючи дану проблему ми використовували такі теоретичні методи: аналіз підручників, навчальних посібників і наукових публікацій, які відображають проблему дослідження, з метою виявлення та узагальнення сучасних наукових

положень та досягнень, тенденцій розвитку методики навчання фізики у ВНЗ технічного профілю в умовах розвитку STEM-освіти.

Виклад основного матеріалу. Працівники майбутнього мають вирішувати проблеми, розуміючи й використовуючи наукові підходи, знаючи технології, якими можна вирішити ці проблеми. Саме на досягнення такої мети і орієнтовані завдання STEM-освіти.

Завданням вивчення фізики у вузах технічного профілю в межах такої концепції змінюються із засвоєння студентами певного обсягу знань до формування творчого мислення. Для цього, на нашу думку, доцільно сформувати у студентів під час вивчення загального курсу фізики цілісне уявлення про науку на основі вивчення фундаментальних понять, зокрема симетрії та розглянути основні її елементи під час вивчення фізики у ВНЗ технічного профілю.

Розглянемо особливості вивчення властивостей симетрії у ВНЗ технічного профілю. Симетрія властива не лише матеріальним об'єктам і розглядається в фізичних законах.

У природі панує суперпозиція симетрій, оскільки самореплікація з постійним обміном речовиною й енергією відбувається в умовах дії полів, що мають власну симетрію. Як наслідок, фізичне явище, яке при цьому спостерігається, також має певну симетрію. Простота й витонченість у фізиці значною мірою обумовлені симетрією фізичних законів і фізичних систем. Застосування теорії симетрії у фізиці означає виявлення фізичних наслідків наявності симетрії.

Симетрія (від грец. *συμμετρέιν* — міряти разом) – це категорія, що визначає процес існування та становлення тотожних моментів у певних умовах та відношеннях між різними та протилежними станами явищ світу [9, с.26].

Якщо розглядати симетрію з фізичної точки зору, то вона має інваріантний характер до матеріального об'єкта щодо його перетворень,

тобто змін фізичних умов. Вивчаючи симетрію фізичних систем розглядають їхню зміну під час різних перетворень. При цьому головним є стан або властивість інваріантності, якими визначаються певні фізичні величини, рівняння, закони.

У квантовій механіці існує інваріантність величин відносно так званих калібрувальних симетрій. Для квантово-механічних систем фізичні наслідки симетрії такі: закони збереження; енергетичне виродження; простота перетворення власних функцій і існуючого для них симетричного індексу, що не залежить від особливого виду оператора Гамільтона; правила відбору; співвідношення між матричними елементами спостережуваних величин.

Названі закони збереження впливають з однорідності та ізотропності «простору-часу». Теорема Нетер дає найпростіший універсальний спосіб знаходження законів збереження. Деяко спрощене формулювання теореми Нетер з позицій теорії симетрії таке: якщо властивості фізичної системи не змінюються внаслідок будь-якого перетворення фізичної системи, то цьому відповідає деякий закон збереження. Теорія симетрії використовується не тільки для узагальнення наявних знань, коли на прикладі різноманітних симетричних систем визначаються загальні принципи. Вона є евристичним методом пізнання фізичних закономірностей навколишнього світу. Ідеї симетрії дуже чітко виявляються завдяки використанню теорії груп за допомогою математичного апарату.

Симетричне тіло можна описати сполученням різних елементів симетрії. Геометрично подібні тіла мають однаковий набір (комбінації) елементів симетрії. Будь-яка комбінація елементів симетрії, які входять у кристалографічний клас, дає елемент цього ж класу, оскільки кожному кристалографічному класу відповідає певна точкова група, а над елементами симетрії виконуються групові операції.

Г.В.Легкова виділяє сполучення елементів симетрії. Наприклад, одночасна наявність осі повороту на кут π (C_2) і інверсії (I) породжує площину відбиття (σ_h), яка перпендикулярна до цієї осі. Є теореми, які доводять, що не всі сполучення елементів симетрії можливі. У разі знаходження елементів симетрії без застосування теорії груп (на геометричній основі) користуються вибором основного елемента симетрії, який у комбінації з іншими елементами породжує весь набір. Зазвичай, основним елементом вибирають вісь симетрії, до якої по черзі додають інші елементи симетрії і розглядають результат їх послідовної дії як елемент симетрії [8, с.34].

Вивчаючи поняття симетрії виділимо поняття «елементи симетрії» та «симетричні операції». *Елемент симетрії* – це уявний геометричний образ, який відображає операцію симетрії. *Операції симетрії* – це переміщення (перетворення, дії), які призводять до суміщення тіла з самим собою.

Основними операціями симетрії є: поворот або обертання тіла на заданий кут у площині, перпендикулярній до осі обертання; дзеркальне відбиття тіла від деякої площини та паралельне перенесення. Основними елементами симетрії, відповідно, є вісь обертання, площина відбиття та трансляція.

Розглянемо детальніше трансляцію, який є важливим елементом симетрії у процесі вивчення загального курсу фізики студентами авіаційних вузів.

Опис поворотів являє собою досить складну математичну задачу, суттєво більш складнішу, ніж опис трансляцій. Достатньо зазначити, що трансляції описуються звичайним вектором $\vec{\tau}$ у тривимірному просторі, а результат послідовного здійснення двох трансляцій $\vec{\tau}_1$ і $\vec{\tau}_2$ визначається вектором $\vec{\tau}_1 + \vec{\tau}_2$. Результат трансляцій не залежить від послідовності їх здійснення, що вказує на властивість комутативності трансляцій.

Повороти описуються ортогональною матрицею α_{ij} . Результат двох поворотів, спочатку \hat{a}_1 , а потім \hat{a}_2 , визначається добутком цих матриць $\hat{a} = \hat{a}_2 \cdot \hat{a}_1$. У загальному випадку $\hat{a}_1 \cdot \hat{a}_2 \neq \hat{a}_2 \cdot \hat{a}_1$, що вказує на некомутативність поворотів. Більш складний характер «додавання» поворотів, особливо внаслідок їх некомутативності, суттєво ускладнює опис обертального руху. Оскільки ці проблеми виникають і у квантовій механіці, корисно розглянути властивості поворотів більш детально.

При описанні обертального руху зручно використовувати кути Ейлера. Рухома площина $x_1'x_2'$ перетинає нерухому x_1x_2 по деякій прямій ON , яку називають лінією вузлів (рис. 1). Кут φ між лінією вузлів ON і віссю x_1 називається кутом прецесії, кут θ між віссю x_3 і віссю x_3' називають кутом нутації, а кут ψ між лінією вузлів ON і віссю x_1' називається кутом власного обертання. Ці кути змінюються в таких межах: $0 \leq \varphi \leq \pi, 0 \leq \theta \leq \pi, 0 \leq \psi \leq \pi$.

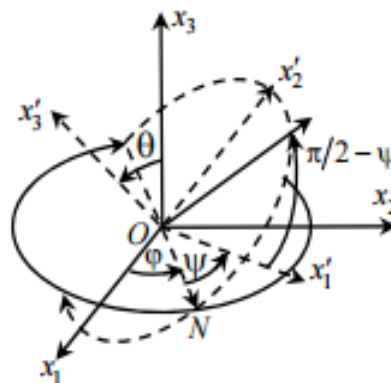


Рис.1. Кути Ейлера

Перехід від нерухомої системи $S(x_1, x_2, x_3)$ до рухомої $S(x_1', x_2', x_3')$ можна здійснити шляхом трьох послідовних поворотів. Спочатку повертаємо систему S навколо осі x_3 на кут φ . Він описується матрицею

$$\hat{R}_\varphi = \begin{pmatrix} \cos \varphi & \sin \varphi & 0 \\ -\sin \varphi & \cos \varphi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Другий поворот на кут θ відбувається навколо осі x_1 в її новому положенні, що збігається з лінією вузлів, і йому відповідає матриця

$$\hat{R}_\theta = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta & \sin \theta \\ 0 & -\sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix}$$

Матриця третього повороту на кут ψ навколо осі x_3 в її новому положенні записується таким чином:

$$\hat{R}_\psi = \begin{pmatrix} \cos \psi & \sin \psi & 0 \\ -\sin \psi & \cos \psi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Матриця повного перетворення, яке переводить систему S у систему S' , є добутком цих трьох матриць:

$$\begin{aligned} \hat{R} &= \hat{R}_\psi \cdot \hat{R}_\theta \cdot \hat{R}_\varphi = \\ &= \begin{pmatrix} \cos \psi \cos \varphi - \cos \theta \sin \varphi \sin \psi & \cos \psi \sin \varphi + \cos \theta \cos \varphi \sin \psi & \sin \psi \sin \theta \\ -\sin \psi \cos \varphi - \cos \theta \sin \varphi \cos \psi & -\sin \psi \sin \varphi + \cos \theta \cos \varphi \cos \psi & \cos \psi \sin \theta \\ \sin \theta \sin \varphi & -\sin \theta \cos \varphi & \cos \theta \end{pmatrix} \end{aligned}$$

Координати x_i' довільної точки P твердого тіла виражаються через координати x_i таким чином:

$$x_i' = R_{ij} x_j$$

Оскільки $x_i' = \alpha_{ij} x_j$, то звідси випливає такий зв'язок між напрямними косинусами матриці $\hat{a} = \hat{R}^T = \hat{R}^{-1}$ та елементами матриці \hat{R} , які виражаються через кути Ейлера: $\alpha_{ij} = R_{ji}$.

Висновок. Таким чином, доцільність підпорядкування змісту навчального матеріалу з фізики базується на фундаментальних поняттях, одним з яких є симетрія, яка розглядається в багатьох розділах фізики. Відповідно ознайомлення та вивчення студентами даного поняття сприятиме формуванню сучасного наукового мислення, а також забезпечуватиме систематизацію знань з фізики та формуванню наукового світогляду.

Перспективи подальших досліджень полягають в детальному аналізі поняття симетрії та розробки методики вивчення фізики з використанням даного поняття в умовах розвитку STEM – освіти.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Вигнер Е. Этюды о симметрии / Е. Вигнер. — М.: «МИР», 1971. - 318с.
2. Дмитриев И.С. Симметрия в мире молекул. / Дмитриев И.С. – Л.: «Химия», 1976. – 128 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. 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.
8. Симетрія у фізиці. Вступ до теорії симетрії : навч. посіб. / Г.В.Легкова. – К. : Вид-во Нац. авіац. ун-ту «НАУ-друк», 2009. – 136 с.
9. Урманцев Ю.А. Симметрия природы и природа симметрии / Ю.А. Урманцев. — М.: Мысль, 1974. — 229 с.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Кузьменко Ольга Степанівна, кандидат педагогічних наук, доцент, Кіровоградська льотна академія Національного авіаційного університету, доцент кафедри фізико-математичних дисциплін Кіровоградської льотної академії Національного авіаційного університету. Коло наукових інтересів методика навчання фізики в загальноосвітніх та вищих навчальних закладах.

Дембіцька Софія Віталіївна, кандидат педагогічних наук, Вінницький, доцент кафедри безпеки життєдіяльності та педагогіки безпеки. Коло наукових інтересів методика навчання фізики та безпеки життєдіяльності у вищих навчальних закладах.