

6. Клайн Пол. Справочное руководство по конструированию тестов. – К.: 1994. – 282 с.
7. Клименко Л.О. Підготовка вчителя фізики до здійснення гуманітаризації навчання // Матеріали Міжнародної конференції “Концепція гуманізму в становленні та розвитку професійної освіти”. – Одеса: “Астро-Принт”. – 1998. – С.85-90.
8. Клименко Л.О. Діагностика ефективності експериментальної методики вивчення оптичних явищ у курсі фізики загальноосвітньої школи, спрямованої на гуманітаризацію змісту // Збірник наукових праць. – Херсон, 1999. – Вип.ІХ. – С.304-312.
9. Разумовский В.Г. Преподавание физики в условиях гуманизации образования // Педагогика. – 1998. – № 6. – С.102-110.
10. Стельмах Н.В. Вивчення моральної вихованості учнів. – Миколаїв, – 1998. – 92 с.
11. Шарко В.Д. Деякі шляхи підвищення ефективності фізичної освіти. // Матеріали Всеукраїнської конференції “Актуальні проблеми вивчення природничо-математичних дисциплін у загальноосвітніх навчальних закладах України. – Київ, 1999. – С.4-5.
12. Коршак Є.В., Ляшенко О.І., Савченко В.Ф. Фізика. 8 клас: Підручник. – К.: Ірпінь, 1999. – 191 с.

*Левандовський В.В., Загайнова Л.І., Пастушенко К.М.  
Національний педагогічний університет  
імені М.П.Драгоманова*

## **ІНВАРІАНТИ ЯК МЕТОД ПІЗНАННЯ ЯВИЩ НАВКОЛИШНЬОГО СВІТУ, ЗАСІБ ЗАСВОЄННЯ ЗАГАЛЬНОГО СУТТЄВОГО**

Під інваріантом розуміється єдиний підхід (метод, алгоритм) до розв’язання завдань, що відносяться до різних галузей знань, явищ, процесів незалежно від специфіки конкретного навчального матеріалу одного або різних навчальних предметів. Знання універсального інваріанту або системи інваріантів незалежно від зовнішньої відмінності завдань і галузей досліджен-

ня дозволяє знайти єдиний шлях до їх аналізу і розв'язку. Система інваріантів націлює на розвиток в особистості творчого підходу до розкриття сутності явищ і процесів, виходячи з їх аналогічності, природного взаємозв'язку і діалектичної єдності. При цьому інваріанти виступають не як самостійні об'єкти пізнання, а як засоби засвоєння загального, суттєвого.

Одним із прикладів інваріанту, ключем до розв'язання задач з фізики, де закони руху тіла задаються рівняннями типу:  $S = At^3 + Bt^2 + Ct + D$ ;  $\varphi = A + Bt + Ct^2 + Dt^3$ ;  $x = A \sin(\omega t + \varphi)$  з різних розділів механіки (кінематика, динаміка поступального, обертального та коливального рухів; робота, енергія тощо) є метод диференціального та інтегрального числення – метод “ДІ” в застосуванні до рівнянь, що призводять до знаходження переміщення, швидкості та прискорення руху тіла [1]. З його допомогою визначають роботу змінної сили, момент інерції. При вивченні фізичних (гравітаційних, електростатичних, електродинамічних) полів його використовують для розрахунку напруженостей та потенціалів, енергії полів, породжених неточковими масами та зарядами, макрострумами тощо. Математичну основу інваріанта складає диференціювання та інтегрування функцій. Він покликаний налаштувати як внутришньо-предметні з фізики, так і міжпредметні зв'язки при вивченні фізики і математики.

Іншим прикладом інваріанту є рівняння, що аналітично виражає теорему Остроградського-Гаусса. Вона встановлює взаємозв'язок між матерією у вигляді поля: між напруженістю гравітаційного поля і масою тіла – в механіці; між напруженістю (індукцією) електричного поля та електричними зарядами – в електростатиці; між індукцією (напруженістю) магнітного поля і рухомими зарядами, що породжують ці поля – в магнітостатиці. Вона дозволяє досліджувати гравітаційні, електростатичні, магнітні поля в застосуванні до конкретних завдань.

Система рівнянь Максвелла є по сутності системою інваріантів, що дозволяє незалежно від специфіки навчального матеріалу: – при вивченні електричних, магнітних, електростатичних полів застосовувати єдиний підхід, єдину діалектико-матеріалістичну методологію розгляду різних процесів, об'єктів.

Сутність системи інваріантів блискуче розкривається при розгляді єдності природи вражаючою аналогічністю диференціальних рівнянь, які відносяться до різних явищ. Так, диференціальні рівняння другого порядку є універсальним інваріантом при розв'язанні завдань, дослідженні механічних коливань і хвильових процесів – в механіці, акустиці; електромагнітних коливань і хвиль – в електродинаміці, хвильовій оптиці; з їх допомогою описується корпускулярно-хвильова поведінка мікрочастинок і хвильові властивості явищ мікросвіту – в квантовій механіці (рівняння Шредінгера).

З розвитком фізики, зокрема після відкриття теорії відносності доведено інваріантність законів природи, тобто об'єктивність і незалежність їх не тільки від людини, але і від стану системи відліку, в якій проводиться дослідження. Якщо закони фізики, котрі встановлюють загальні, суттєві, стійкі і повторювані зв'язки між явищами, властивостями об'єктів, що характеризують дану систему або її зміну у просторі і часі, не змінюються під час певних математичних операцій (перетворень), то вони інваріантні (мають симетрію) відносно даного типу перетворень. Встановлено, що фізичним законам властива трансляційна (просторово-часова) інваріантність: фізичні закони інваріантні (симетричні) відносно таких найбільш загальних перетворень [2–4]:

- просторового переносу, що впливає з однорідності простору; повороту системи як цілого у просторі (поворот осей у просторі), що стверджує ідею еквівалентності усіх напрямів у просторі (ізотопічність простору);
- переміщень у часі, тобто фізичні закони не змінюються з часом (початок відліку не впливає на хід фізичних процесів);
- рівномірного руху по прямій, що свідчить про еквівалентність усіх інерціальних систем відліку (симетрія відносно перетворень Лоренца); просторової інверсії (зміни знаку координат);
- зворотності часу (зміни часу  $t$  на  $-t$ ).

Фізичні закони інваріантні і мають ряд інших властивостей симетрії, що не пов'язані безпосередньо з властивостями простору-часу. Такою є симетрія, наприклад, відносно перестановки однакових частинок (принцип нерозрізнюваності); симетрія зарядового спряження (заміна частинок

античастинками): хід природних процесів і закони фізики при такій заміні залишаються сталими (інваріантними) і симетричними.

Важливими під час досліджень явищ мікросвіту є так звані внутрішні симетрії, симетрії у фізиці елементарних частинок, де здебільшого явища можна зрозуміти і описати лише на основі принципів симетрії.

Так, в класичній фізиці простір і час розглядаються окремо, закони збереження маси, енергії та імпульсу виступають як умовно незалежні. В мікросвіті, де об'єктами є насамперед елементарні частинки, що мають швидкості, близькі до швидкості світла, закони збереження маси, енергії та імпульсу зливаються в єдиний закон чотиривимірного імпульсу [3, 4]:

$$p_{\alpha} = i \frac{m_0 c^2}{c \sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}} = i \frac{E}{c},$$

де  $p_{\alpha}$  – є релятивістсько-інваріантною величиною, тобто величиною, що не змінюється при перетвореннях Лоренца і включає в себе як тривимірний імпульс, так і повну енергію об'єкта. З виразу  $E = c \sqrt{p^2 + m_0 c^2}$ , що є одним з фундаментальних висновків теорії відносності Ейнштейна, випливає, що фізичні величини  $E, p, m_0$  в застосуванні до явищ мікросвіту виступають як взаємозалежні величини, що закони збереження маси, енергії та імпульсу виступають як єдиний закон збереження маси-енергії-імпульсу. Цей закон є яскравим свідченням нерозривної єдності матерії, руху, простору і часу.

Особливо важливого значення набуває зв'язок між принципами симетрії і законами збереження як такими, що належать до фундаментальних принципів фізики, є універсальними законами природи і справджуються в мега-, макро- і мікросвіті. Вони нерозривно пов'язані з принципами симетрії, є визначальними фундаментальними реальностями навколишнього світу, якими є матерія. Її рух, простір і час [2–4]. Закони збереження є відображенням збереження різних видів матерії і форм її руху.

Найбільш універсальний і до того ж простий інваріант у фізиці – фундаментальна теорема фізики – Ньотер теорема, запропонована німецьким математиком Е.Ньотер (1918р.) [2,5]. Вона встановлює зв'язок між властивостями симетрії фізичної системи і законами збереження. Згідно з

цією теоремою для фізичної системи, рух якої описується системою диференціальних рівнянь, кожному неперервно залежному від одного параметра перетворенню, при якому інваріантною (незмінною) залишається дія, відповідає диференціальний закон збереження. Ньотер-теорема дає простий і універсальний метод одержання законів збереження в класичній і квантовій механіці, в теорії полів. Згідно з Ньотер-теоремою з інваріантності відносно зсуву в часі має місце закон збереження енергії, відносно просторового зсуву – закон збереження імпульсу, відносно просторового обертання – закон збереження моменту імпульсу, відносно перетворень Лоренца – закон збереження руху центра мас системи.

Ньотер-теорема стосується не тільки просторово-часових симетрій. Так, виходячи з незалежності руху заряджених частинок в електромагнітних полях від калібрувальних перетворень, має місце закон збереження заряду. Теорема поширюється і на калібрувальну симетрію – внутрішню симетрію рівнянь теорії поля, тобто симетрію, пов'язану з властивостями елементарних частинок, а не з властивостями простору-часу.

Відповідно до чотирьох типів фундаментальних взаємодій: сильної, електромагнітної, слабкої і гравітаційної у фізиці елементарних частинок існує чотири класи елементарних частинок: адрони, які беруть участь у всіх типах взаємодій (баріони і мезони); лептони, що не беруть участі тільки при сильній взаємодії (з яких нейтрино не бере участі в електромагнітній взаємодії); фотон, який бере участь тільки в електромагнітній взаємодії; і гіпотетичний гравітон, який є носієм гравітаційної взаємодії. Кожна з цих груп частинок характеризується своїми специфічними законами збереження. Так, з великою точністю встановлено закон збереження баріонного і електричного зарядів, лептонних (електронного і мюонного) зарядів. Крім того, при сильній взаємодії мають місце наближені закони збереження – повного ізотопічного спіну, зарядового спряження, парності, “дивності” (гіперзаряд), зачарування (шарм), С-парність (заміна частинок античастинками), спонтанне порушення симетрії тощо, які порушуються при електромагнітній і слабкій взаємодіях. Кожний із законів збереження є проявом певної внутрішньої симетрії рівнянь поля (руху).

Ідея калібрувальної інваріантності виявилась найбільш плідною в застосуванні до єдиної теорії слабкої та електромагнітної взаємодій. В цій теорії поряд з фотонами, що здійснюють електромагнітну взаємодію, з'являються нові векторні бозони – частинки, що є носіями слабкої взаємодії. Заслуговує на увагу включення в єдину калібрувальну схему і сильної взаємодії (велике об'єднання). Перспективним напрямом об'єднання вважається суперкалібрувальна симетрія СРТ-теорема, згідно з якою рівняння квантової теорії поля не змінюють свого вигляду, якщо одночасно провести три перетворення: зарядове сполучення  $C$  (заміна частинок античастинками), просторову інверсію (заміна координати частинок  $\vec{r}$  на  $-\vec{r}$ ) і оборотність часу  $T$  (заміна часу  $t$  на  $-t$ ). На відміну від звичайних калібрувальних перетворень, що передбачають “перемішування” частинок з одним і тим же спіном, суперкалібрувальна симетрія передбачає “перемішування” полів, кванти яких мають різні спіни [2, 6].

Розглядаючи симетрію і закони збереження, слід виділити ряд принципових положень [4].

По-перше, симетрія, що тісно пов'язана із збереженням, виділяє в оточуючому постійно змінному матеріальному світі певні інваріанти і тим самим – порядок. Разом з випадковими змінами і перетвореннями виділяється симетрія законів природи на різних рівнях існування матерії – в мега-, макро- і мікросвіті.

По-друге, симетрія виділяє найбільш загальне, фундаментальне в об'єктах і явищах. Тому, досліджуючи невідоме явище (процес), аналізують його спочатку на рівні законів збереження, а потім, на основі одержаних додаткових результатів, вивчають другорядне (деталі). Ряд явищ природи, особливо на рівні мікросвіту, досліджені лише на рівні законів збереження.

По-третє, симетрія скорочує число можливих варіантів, визначає необхідність, накладає обмеження (наприклад, періодична система елементів Менделєєва; Є.С.Федоровим доведена можливість лише 230 просторових груп симетрій кристалів тощо). Поряд із законами збереження симетрія дозволяє виробляти певні правила заборони: на основі законів симетрії можна робити висновки про можливі і заборонені варіанти при дослідженні явищ і процесів і, отже, робити передбачення.

В процесі пізнання матеріального світу можна виділити три рівні: на першому – досліджуються явища, на другому – закони збереження і на третьому – принципи симетрії, що встановлюють зв'язок між законами. При цьому закони збереження дозволяють передбачати явища, принципи симетрії – закони природи. На сучасному рівні прогрес у науковому пізнанні світу визначається в першу чергу за рахунок пізнання принципів симетрії.

Закони симетрії і закони збереження мають надзвичайно велике значення в процесі пізнання явищ природи, при систематизації знань, експериментальних результатів, при розв'язанні поставлених завдань. Дослідження різних симетрій і законів збереження, особливо тих, що стосуються явищ мікросвіту, є провідним завданням сучасної фізики.

Інваріанти допомагають впорядковувати, класифікувати, виділяти основне, найбільш важливе, фундаментальне в явищах і об'єктах серед загального, другорядного. Їх треба “бачити”, ними слід користуватися. Інваріанти тільки тоді будуть дієвими, коли їх підбір і використання відповідатимуть принципу наскрізного (по вертикалі) навчання і можливості алгоритмізації застосування того або іншого методу з тим, щоб згідно з алгоритмом від курсу до курсу підсилювати здатність студента самостійно застосовувати їх при розв'язуванні все більш складних завдань. Без застосування в навчальній практиці системи інваріантів викладання теоретичних положень і методів з різних предметів проводиться безсистемно, варіативно в залежності від смаку і досвіду викладача, не сприяє виробленню у студентів уявлень про єдність і взаємозв'язок явищ природи, процесу пізнання, універсальність методів розв'язування задач. Це, в свою чергу, призводить до того, що студент бачить тільки предметний бік завдань, не усвідомлюючи основного змісту і можливостей методів і, отже, не вмє ними користуватись самостійно. Таке положення має місце, головним чином, тоді, коли кафедри не націлюють молодих викладачів на засвоєння всіх розділів курсу загальної фізики і, отже, на повноцінне використання внутрішньо-предметних зв'язків; коли викладачі не ставлять собі за мету навчити студентів володіти узагальнюючими методами, не враховують наступності у викладанні предметів, а зосереджують увагу лише на фактології викладання.

Інваріанти, поряд з іншими узагальнюючими методами процесу пізнання, є одним із найбільш необхідних інструментів для налагодження міжпредметних зв'язків у процесі пізнання явищ природи, цілісної природничо-наукової картини світу.

### *Література*

1. Б.С.Беликов. Решение задач по физике. Общие методы. – М.: Высшая школа, 1986. – 256 с.
2. Физический энциклопедический словарь. – М.: Советская энциклопедия, 1983.
3. Горбачук І.Т., Дідович М.М., Мусієнко Ю.А. Симетрія і закони збереження. – К.: НПУ, 1997. – Ч. I. – 140 с.
4. Горбачук І.Т., Коцюба Р.М., Мусієнко Ю.А. Симетрія і закони збереження. – К.: НПУ, 1997. – Ч. II. – 60 с.
5. Н.Н.Боголюбов, Д.В.Широков Квантовые поля. – М., 1980.
6. Глешоу Ш. Кварки с цветом и ароматом. – УФН., 1976. – Т.119. – 715 с.

*Сергієчко В.П., Ушаков А.В.  
Національний Києво-Печерський ліцей № 171 "Лідер"*

## **РОЗВИТОК ТВОРЧИХ ЗДІБНОСТЕЙ УЧНІВ У ПРОЦЕСІ ПОГЛИБЛЕНОГО ВИВЧЕННЯ ФІЗИКИ В ШКОЛІ**

В умовах диференціації шкільної фізичної освіти та утворення спеціалізованих шкіл і ліцеїв постає актуальним завдання розробки методики навчання фізики в цих навчальних закладах. У профільних класах необхідно широко використовувати широту фізичних знань, доводити до учнів багатогранний характер фізичної науки, показуючи під різними кутами зору елементи історії становлення та розвитку фізики, глибоко висвітлюючи методологічні аспекти науки.

Одним з найважливіших напрямків перебудови системи шкільної освіти є орієнтація на максимальний розвиток творчих здібностей школяра на основі тези: не вчити учнів самостійності, а створювати умови для її прояву, адже