

Висновки

Запропоновано спосіб унаочнення впливу лінійних дефектів (дислокацій) на фізичні властивості кристалічних об'єктів. Розроблено методику вивчення деградуючої дії УЗ обробки на випромінювальну рекомбінацію у світлодіодних структурах, розглянуто особливості подання матеріалу, який стосується наслідків УЗ-обробки кристалів – виникнення окремих дислокацій та дислокаційних сіток за моделлю Франка-Ріда. Обґрунтовано необхідність застосування концепції рівноваги сил при поясненні способу множення лінійних дефектів.

Список використаних джерел:

1. Вавилов В.С. Действие излучений на полупроводники. – М.: ФМ., 1963. – 264 с.
2. Физические процессы в облученных полупроводниках / Под ред. проф. Л.С.Смирнова. – М.: Наука, 1977. – 320 с.
3. Коршунов Ф.П., Гатальский Г.В., Иванов Г.М. Радиационные эффекты в полупроводниковых приборах. – Минск: Наука и техника, 1978. – 231 с.
4. Land D.V., Kimmerling L.C. Observation of a thermal defect annealing in GaP // Appl. Phys.Lett. – 1976. – 28. – №5. – 248-250 pp.
5. Вавилов В.С., Кекслидзе Н.П., Смирнов Л.С. Действие излучений на полупроводники. – М.: Наука, 1988. – 191 с.

6. Gontaruk O.M., Khivriyeh V. I., Pinkovska M.B., Tartachnyk V.P., Olich Ya. M., Vernidub R.M., Opilat V.Ya. Ultrasound influence on exciton emission of GaP light diodes. Semiconductor Physics. Quantum Electronics, v.6, №2, p. 223-226, 20003.
7. Гонтарук А.М., Корбутяк Д.В., Корбут Е.В., Мачулин В.Ф., Олих Я.М. Тартачник В.П. О влиянии ультразвука на деградационно-релаксионные явления в светоизлучающих р-н структурах // Письма в ЖТФ. – Т.24. – №5. – 1998. – С.64-68.
8. Gontaruk O.M., Krivutenko A. M., Petrenko I.V., Tartachnyk V.P., Olich Ya. M., Vernidub R.M., Opilat V.Ya., Pinkovska M.B. Radiation-Acoustic Treatment of GaP light diodes. Fourth Int. conf. on Mat. Properties for Infrared Optoelectronics. 29-02 oktober, 1998, Kyiv, (Ukraine) – Proc. SPIE, 1999, V.3890, pp.559-563.
9. Китель Ч. Элементарная физика твердого тела. – М.: Наука, 1965. – 366 с.
10. Чэрт Ч., Томсон Р. Физика твердого тела. – М.: Мир. – 558 с.

The method of study of degrading action of BONDS of treatment is developed on radiate rekombinatsiyu in svitlodiodnikh structures, the features of presentation to material which touches the consequences of UZ-OBROBKI of crystals – origin of separate distributions and dislokatsiyinikh nets after the model of Franka-rida are considered.

Key words: methodical terms, crystalline objects, distributions, dislocation nets.

Отримано: 1.09.2009

УДК 53(07)

В. П. Вовкотруб, О. М. Трифонова

Кіровоградський державний педагогічний університет імені В.Винниченка

СТАНДАРТИ ФІЗИЧНОЇ ОСВІТИ І ПРОГНОЗУВАННЯ НАУКОВОГО ЗМІСТУ ЗНАТЬ

Стаття присвячена проблемі удосконалення методики вивчення симетрії та законів збереження в курсі фізики вищої школи.

Ключові слова: вивчення поняття симетрії, вивчення законів збереження, принцип науковості.

Проблема якості підготовки вчителів фізики в контексті вимог стандартів вищої освіти та інформаційно-комунікаційних технологій навчання є актуальною. Освітньо-кваліфікаційні характеристики фахівців вимагають прогнозування наукового змісту знань. Фізика високих енергій, яка вивчає фундаментальні взаємодії, структуру речовини і полів, взаємоперетворення елементарних частинок, Всесвіту, субмікросвіту, визначає один з напрямків такого прогнозування. Розуміння природи елементарних частинок, їх взаємодії та взаємоперетворення – необхідна ланка наукового фізичного знання. Це відповідає науковому рівню пізнання структури матерії.

Методичних досліджень змісту і структури понять симетрії та законів збереження у мікросвіті практично не проводилось. Аналіз матеріалів науково-практичних конференцій з методики навчання фізики такої висновки підтверджує. Як результат має місце значне відставання за провадження знань з елементарних частинок у курс загальної фізики і науковими досягненнями фізики високих енергій. Ми проаналізували дану проблему, і пропонуємо удосконалити методику вивчення цих понять, чим забезпечиться науковість викладання явищ мікросвіту.

Протягом усього періоду навчання учнів у школі в них створилось уявлення про елементарну частинку, як про дрібну кулясто подібну кульку зі своїми властивостями та особливостями. Такий підхід зберігся і в курсі загальної фізики. Виклад тем здійснено без урахування логіки науки фізики елементарних частинок, яка склалась в останній період. Зокрема, поняття «елементарна частинка» безпосередньо пов'язане з поняттям симетрії та законів збереження, що не враховано у посібниках. Тому ми пропонуємо виклад навчального матеріалу розділу здійснити з аналізу наукового поняття елементарної частинки у безпосередньому зв'язку з симетрією та законами збереження.

Для здійснення такого підходу необхідно зміст загальної фізики доповнити навчальним матеріалом про симетрію, коротку історію розвитку цього поняття.

Студентам доцільно наголосити, що поштовх до розвитку теоретичної фізики дало відкриття зв'язку між геометричними принципами симетрії і законами збереження класичної фізики, зв'язку, який уже в невяній формі міститься в динамічних законах механіки.

Уявлення про симетрію зустрічається у вченнях про природу античних натурфілософів. Проте систематичне вивчення симетрії виникло у другій половині XVIII ст.

Г.Галілей розглядав простір та час як об'єктивну реальність, яка існує незалежно від людської свідомості. Відкритий ним принцип відносності руху показав, що простір повинен мати властивості однорідності та ізотропності.

Після Г.Галілея розвиток уяви про простір та час здійснив І.Ньютон. Простір і час абсолютні в тому розумінні, що їх властивості не залежать від руху тіл у них і механічних явищ, що протікають там, а абсолютний характер часу проявляється в незалежності його від стану та властивостей рухомої матерії. Тому матерія і час у І.Ньютона виступають як деяка арена, на якій розіграються механічні явища. При цьому простір і час абсолютно не взаємозв'язані. Наслідком динамічних законів Ньютона є визнання однорідності та ізотропності простору і часу [2].

Зокрема, це впливає з того, що другий закон механіки інваріантний відносно перетворень Галілея і, таким чином, не зв'язаний з будь-якою конкретною системою відліку, а це означає еквівалентність усіх точок простору, тобто його однорідність. Згідно першого закону механіки тіло буде зберігати свій стан спокою або рівномірного прямолінійного руху, який не має прискорення в будь-яку сторону. Усі напрямки є рівноможливі. Відсутність обраних напрямків у просторі означає, що простір має властивості ізотропності. Аналогічно і другий закон руху, де прискорення завжди пропорційне силі незалежно від напрямку дії цієї сили в просторі і завжди напрямлено в сторону дії сили. Закони руху виявляються інваріантними по відношенню до зміни знаку часу.

У методичних посібниках з проблем навчання фізики у вищій школі мало досліджена технологія ознайомлення суб'єктів навчання з математичним апаратом теорії симетрії. Не акцентовано, що теорія груп і зв'язані з нею питання геометрії й алгебри набули визнання у фізичних явищах. Їх суть полягала у визначенні умов перетворення фізичних явищ чи ситуацій, які виникають в експерименті, щоб одержати запланований результат [3, с.238]. Теорія груп виникла при дослідженні алгебраїчних рівнянь вищих степенів у радикалах. Виявилось, що властивість симетрії коренів рівняння відіграє основну роль у його розв'язку. Ця ідея слугувала основою для вивчення закономірностей симетрії в геометрії, фізиці та інших науках. Французький фізик П.Кюрі один з перших виявив такі симетрії у фізичних явищах. Встановлено, що у кристалографії вивчав симетрії російський учений Є.С.Федоров.

Властивості простору і часу накладають певні обмеження на наслідки із законів механіки. Так, «жива сила» повинна бути пропорційна квадрату швидкості, а кількість руху – першій степені швидкості. Звідси впливає певний зв'язок між законами збереження «живої сили» і кількістю руху та властивостями простору і часу. Таким чином, закони збереження, наслідки з них у неявній формі зв'язані з властивостями однорідності і часу. Природно, що Г.Галілей, І.Ньютон, інші вчені зв'язку такого не бачили. Такі узагальнення виникли лише в ХХ ст.

При поглибленому вивченні зі студентами поняття симетрії важливим є ознайомлення їх з механічними концепціями Г.Лейбніца, за якими визначено властивості фізичного простору такими, що окремі його частини нероздільні [6]. Класичні принципи інваріантності зв'язані з геометричною симетрією, з геометричними принципами інваріантності. Геометричні принципи інваріантності тісно зв'язані з класичними законами збереження енергії, імпульсу, моменту імпульсу. Ті принципи, які зв'язані з внутрішньою симетрією фізичних систем назвали динамічними принципами інваріантності. Вони відіграють вирішальну роль у структурі нових законів, яким підкоряються об'єкти мікросвіту. Е.Вігнер різницю між цими принципами сформулював таким чином: «Геометричні принципи інваріантності, хоч вони і визначають структуру законів природи, формулюються у термінах самих подій. Так, сформульована належним чином інваріантність відносно зсуву в часі виглядає таким чином: кореляція між подіями залежить лише від проміжків часу між ними і не залежить від моменту часу, коли пройшла перша подія» [1, с. 731].

У наступному ми пропонуємо розглянути з студентами відомі симетрії простору і часу, до яких відносяться: дзеркальна симетрія, дисиметрія, антисиметрія і сумісна симетрія. Це дасть можливість свідомо використовувати вказані поняття при аналізі взаємоперетворень частинок. Поняття про симетрію виникло з поділу на праве і ліве, існування позитивної і від'ємної електрики, у правильному чергуванні атомів і молекул у кристалах.

На дзеркальній симетрії, яка визначає властивості простору і часу, ґрунтується вся класична механіка Галілея і Ньютона. Простір однорідний – означає відсутність обраних точок підрахунку; будь-яка точка простору може бути обрана за початок підрахунку інерціальних координат і протікання фізичного явища в ній від цього не зміниться. Властивість однорідності простору визначає рівноправність усіх інерціальних систем підрахунку, яке описане принципом відносності Галілея.

Ізотропність простору означає, що в просторі немає ніяких переваг обраним напрямкам. При русі будь-якого тіла у просторі воно не набуває жодних переваг у швидкості руху, енергії, імпульсі тощо порівняно з іншими тілами.

У навчальних посібниках із загальної фізики під однорідністю часу розуміють: абсолютне положення початкового і кінцевого моментів є не суттєвим для протікання процесу чи явища; перебіг фізичних процесів не залежить від вибору початкового моменту часу; абсолютне положення початкового і кінцевого моментів не існує для процесів, що здійснюються.

Визначені властивості відповідали життєвому досвіду людства, а тому були взяті на озброєння всіма природознавчими концепціями.

Важливою проблемою є показати студентам чому існує взаємозв'язок між симетрією та законами збереження. В працях Л.Ейлера, У.Р.Гамільтона, Ж.Л.Лагранжа простежується дослідження та встановлення зв'язку між симетрією та законами збереження, зокрема, при розгляді законів збереження як інтегралів диференціальних рівнянь динаміки [4, с.181-182].

Узагальнення навчального матеріалу посібників із курсу загальної фізики, спеціальної літератури привело нас до висновку про необхідність вироблення методичних рекомендацій для студентів з аналізом простих видів симетрії:

- дзеркальна симетрія, коли деяка точка А простору буде дзеркально-симетричною точці В, якщо площина Р перетинає відрізок АВ точно посередині;
- дзеркальна симетрія, коли геометричне тіло буде розбиватись площиною на дві частини, з яких кожна є дзеркальним відображенням другої відносно цієї площини;
- має місце перетворення (перетворення – геометричне переміщення тіла чи системи точок простору) множини М, в якій кожній точці А простору ставиться у відповідність точка В, одержана шляхом повороту навколо осі на деякий кут; або здійснюється паралельне перенесення усіх точок простору на задану відстань, при якій сукупності точок А, В, С, ... співставляється сукупність А₁, А₂, А₃, ... Всі перенесення описуються диференціальними рівняннями.

У студентів важко формуються уявлення, що у фізиці важливі такі перетворення, які не порушують будь-яких зв'язків між елементами множини, зокрема, відстані між двома точками. Перетворення, які не порушують таких зв'язків називаються рухом простору. Паралельне перенесення і поворот є такими перетвореннями, при яких відстані між точками не змінюються. Рух простору, у свою чергу, є або поворот, або паралельне перенесення, або одне й друге, типу гвинтового руху.

Ми пропонуємо показати студентам, що сукупність взаємно однозначних перетворень симетрії множини М, на яку накладаються такі властивості [4, с.185-188] складають:

- добуток двох перетворень, що означає послідовне їх проведення, має привести до перетворення, яке належить даній сукупності. Гвинтовий рух розглядається як такий добуток із поворотів навколо вісі та зсувом уздовж цієї осі;
- тотожне перетворення належить даній сукупності, наприклад, двократне відбивання в одній площині є тотожним перетворенням;
- якщо перетворення належить сукупності, то обернене перетворення також належить цій сукупності для даного тіла і руху простору створює групу.

У сучасній фізиці важливі не приведені для прикладу геометричні перетворення, а властивості симетрії, зв'язані з тими перетвореннями координат, які залишають інваріантними певній комбінації функцій та їх похідних, які описують рух чи зміну певних фізичних об'єктів: тіл, частинок, полів. Ці рухи в математиці описуються відповідними диференціальними рівняннями.

У курсі загальної фізики поняття принципу найменшої дії згадується у геометричній оптиці, як принцип Ферма, хоч принцип найменшої дії є найбільш загальним формулюванням закону руху механічних систем [5]. Ми пропонуємо більш детально розкрити його фізичну сутність. Згідно цього принципу кожна механічна система характеризується певною функцією узагальнених координат q_1, q_2, \dots, q_n їх похідних $\dot{q}_1, \dot{q}_2, \dots, \dot{q}_n$ і часом t , яка має вигляд функції Лагранжа $L(q, \dot{q}, t)$. Ця функція така, що

інтеграл дії $S = \int_{t_0}^t L(q, \dot{q}, t) dt$, має властивість: серед усіх

кінематично можливих переміщень фізичної системи з одного даного положення в друге, близьке до першого,

здійснюваного за один і той же проміжок часу, яке починається в момент часу t_0 і закінчується в момент часу t , дійсним є те переміщення, для якого S буде мінімальним. Ця властивість для S дозволяє знайти диференціальне рівняння руху системи з варіаційної умови $\delta S = 0$. Таким чином, із принципу найменшої дії одержується диференціальне рівняння Лагранжа $\frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{q}} - \frac{\partial L}{\partial q} = 0$ або система таких

рівнянь, які описують рух системи. Функція Лагранжа зв'язана з властивостями симетрії простору і часу. Це відіграє виключну її роль для опису властивостей фізичних систем. Однорідність простору і часу означає, що функція Лагранжа не повинна містити в явній формі координату q і час t . Простір має і властивість ізотропності, що позбавляє залежності функції від напрямку вектора швидкості. Ці дві умови приводять до того, що лагранжіан буде функцією квадрату швидкості $L = L(v^2)$. Рівняння Лагранжа для рухомої точки має вигляд $\frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial v} = 0$, тому $\frac{\partial L}{\partial v} = const$, а

$L = L(v^2)$ і $v = const$. Рух механічної системи з постійною швидкістю передбачає прояв закону інерції в умовах, коли простір і час є однорідними та ізотропними. Отже, існування в природі інерційних систем є прямим наслідком особливих властивостей симетрії простору і часу. Справедливе і обернене твердження: якби простір не мав однорідності та ізотропності і час не був би однорідним, то не існувало б інерційних систем відліку, а фізичні закони в таких умовах були б відмінними від відомих законів, принцип відносності Галілея, перетворення Лоренца та інше не мало б місця.

Важливо повідомити студентів, що із створенням норвезьким математиком Софсом Лі теорії груп і з'ясуванням їх ролі у класичній механіці проблема набула нового змісту. Вперше, найбільш переконливо, аксіоми основних властивостей симетрії простору і часу пов'язані із законами механіки Г.Гамель: «В основі механіки лежать загальні аксіоми природи: а) час і простір однорідні; б) простір ізотропний» [5, с.6].

Ми вважаємо за необхідне наголосити, що до створення СТВ проблемі зв'язку законів збереження та симетрії вчені належної уваги не приділяли [5, с.18]. Положення суттєво змінилось зі створенням релятивістської фізики та після відкриття теореми Нетер у 1918 р. Е.Нетер у сутність теореми поклала твердження, що кожній властивості симетрії повинен відповідати певний закон збереження. «Зміст теореми полягає в тому, що всякому неперервному перетворенню координат, яке перетворює в нуль варіацію дії, коли заданий і закон перетворення, відповідає певний інваріант, тобто деяка зберігаюча величина, яка складається з відповідних функцій та їх похідних. Так як перетворення тісно пов'язане з властивостями симетрії простору і часу, то останнє означає, що кожній властивості простору і часу, вираженій в коваріантності диференціальних рівнянь відносно певної групи перетворень, повинен відповідати певний закон збереження» [4, с.190].

Для створення у студентів уяви про неперервний розвиток учення про симетрію доцільно повідомити, що з розвитком фізики елементарних частинок Е.Вігнер писав: «З другої сторони, нові динамічні принципи інваріантності формулюються у термінах законів природи. Вони застосовуються до певних видів взаємодії, а не у якійсь кореляції між подіями» [1, с.732].

Таким чином, той факт, що закон збереження енергії впливає з однорідності часу, означає, що протікання часу саме по собі не може викликати зміни фізичних станів деякої замкненої системи. Зв'язок закону збереження імпуль-

су з властивостями однорідності простору означає, що переміщення замкнутої системи недостатньо для зміни її стану. Останнє може мати місце тільки в результаті взаємодії даної системи з іншими системами. Зв'язок закону збереження моменту імпульсу з властивостями ізотропності простору означає, що поворот замкнутої системи в просторі не змінює механічних властивостей цієї системи.

Існування двох мір руху скалярної і векторної безпосередньо впливає з властивостей симетрії простору і часу. Скалярна відповідає кінетичній енергії, а векторна – імпульсу.

У посібниках показано, що простір і час є формами існування матерії та тісно з нею пов'язані. Цей взаємозв'язок проявляється в залежності законів збереження від властивостей симетрії простору і часу. З точки зору філософського узагальнення теорема Нетер якраз і показує, що з відомих властивостей простору і часу як форми існування матерії можна теоретично вивести закони збереження, які керують рухом цієї матерії. З метою узагальнення цього ми розробили таблицю 1, де співставили закони збереження класичної фізики з відповідними формами симетрії [4, с.195].

Таблиця 1

Закони збереження та симетрії

Назва закону збереження	Інваріантність лагранжіана відносності	Форма симетрії
Закон збереження енергії	Зміщення початку відліку часу	Однорідність часу
Закон збереження імпульсу	Зміщення початку відліку координат	Однорідність простору
Закон збереження моменту імпульсу	Просторові повороти	Ізотропність простору
Закон збереження електричного заряду	Калібрувальні перетворення скалярного та векторного потенціалів або квантово-механічної фази ψ -функції	Симетрія електромагнітної взаємодії

Аналіз спеціальної та методичної літератури з дослідження поняття симетрії, змісту викладу цього поняття в посібниках із курсу загальної фізики у вищих навчальних закладах показав відсутність єдиного підходу до з'ясування цього поняття, тому розроблені нами методичні рекомендації є актуальними. Ми вважаємо, що запропонований нами матеріал сприятиме глибокому розумінню явищ мікросвіту студентами вищих навчальних закладів.

Список використаних джерел:

1. Вигнер Е. Симметрия и законы сохранения. Т. 83 / Е.Вигнер // Успехи физических наук. – Вып. 4. – 1964. – С. 728-732.
2. Ньютон И. Математические начала натуральной философии / И.Ньютон; [пер. и ред. акад. А.Н.Крылова]. – М.: Гостехиздат, 1937. – 265 с.
3. Фейман Р. Феймановские лекции по физике / Р.Фейман, Р.Лейтон, М.Сэндс. – Вып. 4. – М.: Мир, 1965. – С. 238.
4. Гельфер Я.М. Законы сохранения / Я.М.Гельфер. – М.: Наука, 1967. – 264 с.
5. Hamel G. Die Axiome der Mechanik. Hand. D. / G.Hamel // Physik, V. – Berlin, 1926. – S. 6-18.
6. Leibnitz G.W. Leibnizens mathematische Schriften. C.J. Gerhardt (Hrsg.) Zweiter Abt. / G.W. Leibnitz. – Bd. II. – Halle, 1860. – S. 117-123.

The article is devoted the problem of improvement of method of study of symmetry and laws of saving in a course physics of high school.

Key words: study of concept of symmetry, study of laws of maintainance, principle of scientific character.

Отримано: 29.07.2009