

ФІЗИКА

УДК 378.371:53

Благодаренко Л. Ю., Мазуркевич О. Я.

ВИВЧЕННЯ ЕКЗОТИЧНИХ ЯДЕР ТА ЇХ ВЛАСТИВОСТЕЙ В КУРСІ ЗАГАЛЬНОЇ ФІЗИКИ ПРИ ПІДГОТОВЦІ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ І НАУКОВЦІВ

У статті досліджується проблема підвищення рівня фундаментальної підготовки з фізики майбутніх учителів та викладачів фізики, а також науковців. Зазначено, що сучасний рівень розвитку фізики, техніки та технологій вимагає від людини досить ґрунтовних знань у цій галузі, а на учителя у цьому сенсі покладається просвітницька місія. Наголошено, що нині основні зусилля у фізичних дослідженнях спрямовані на пізнання мікросвіту та Всесвіту, при цьому розуміння процесів у мікросвіті є шляхом до розв'язання проблем Всесвіту. Констатовано, що у майбутніх учителів та викладачів фізики, а також науковців повинно бути сформоване глибоке розуміння фізичних явищ і процесів у галузі мікросвіту. Запропоновано методичні підходи до ознайомлення студентів фізичних спеціальностей педагогічних університетів із фундаментальною проблемою ядерної фізики – дослідженням властивостей ядерної матерії в екстремальних станах, тобто екзотичними ядрами. Показано, що запропоновані підходи сприятимуть підвищенню загального рівня ерудиції студента у галузі фізики та показників освітнього процесу.

Ключові слова: *фізика екзотичних ядер, екстремальний стан ядерної речовини, квантова теорія матерії, навчальний спецкурс.*

Людина майбутнього – це людина, яка, насамперед, володіє ґрунтовними науковими знаннями. Не применшуючи ролі гуманітарних та суспільних наук, слід визнати, що вони є необхідною, але не достатньою умовою розвитку та існування цивілізації. Визначальну ж роль в цьому відіграють природничі науки, серед яких найважливіше значення має фізика. Що таке фізика сьогодні? Це атомна промисловість та енергетика, електроніка, нанотехнології, робототехніка, засоби комунікації – цей перелік є нескінченним. Таким чином, фізика – це базис сучасної цивілізації, без якого її існування неможливе. Саме завдяки досягненням фізики з'явилася концепція сучасної світобудови. При цьому безумовним є той факт, що як у найближчому, так й у віддаленому майбутньому провідна роль фізики збережеться. Але, на жаль, нині у більшій частині населення знання з фізики знаходяться на дуже примітивному рівні, і це не вважається соромним, адже фізика не відноситься до числа популярних наук. Це дуже ганебний факт, але його можна пояснити з двох об'єктивних позицій. По-перше, фізика – наука складна, яка вимагає розвиненого мислення та високого рівня інтелектуальних здібностей, а сучасна молодь не схильна прикладати значних розумових зусиль і, навпаки, надає перевагу більш простим видам

діяльності. По-друге, спеціальності, пов'язані з фізикою, не користуються попитом у роботодавців. Проте у наш час, коли техніка досягла найвищого рівня розвитку, а наукові дослідження перейшли на якісно новий рівень людина, яка володіє знаннями з фізики лише в рамках навчальних програм (шкільної або навіть університетської) ризикує назавжди залишитися у минулому та відстати від науково-технічного прогресу. У цьому контексті просвітницька місія покладається саме на учителів і викладачів фізики.

Нині фізика вийшла далеко за межі видимого світу – у мікросвіт елементарних частинок та у мегасвіт величезних космічних масштабів. З останніх досягнень фізики найбільш значущим є, безумовно, відкриття гравітаційних хвиль, яке знаменує собою початок нового етапу в розвитку науки і в подальшому може мати величезну практичну користь. Також учені впритул підійшли до встановлення зв'язку між матерією та антиматерією, і, що особливо цікаво, до розгадки парадоксу кота Шредингера на прикладі внутрішньої будови молекули, яка виявляється в одночасному знаходженні системи у двох квантових станах. Нобелівську премію з фізики у 2019 році присуджено за дослідження космосу, зокрема, за відкриття екзопланет та дослідження походження Всесвіту. У 2019 році американські учені змогли створити в лабораторних умовах міні-копію Сонця, відтворити процеси, які відбуваються в його магнітному полі, а також реалізувати рух сонячної плазми. Зрозуміло, що нині ми стоїмо на порозі нових величезних проривних відкриттів. Таким чином, підтверджується твердження про те, що нині основними об'єктами досліджень фізиків у всіх провідних наукових установах є мікро- та мегасвіти.

Але було б помилкою вважати, що ці дослідження не пов'язані між собою. Дійсно, знання і розуміння процесів, що відбуваються в мікросвіті – це шлях до розв'язання глобальної проблеми людства – пізнання Всесвіту. Адже його будова визначається у підсумку тим, як побудований світ елементарних частинок, як діють фундаментальні фізичні закони на малих відстанях. Завдяки сучасному розумінню мікросвіту, ми можемо пояснити процеси, які відбуваються далеко за межами нашої планети – у нескінченних просторах космосу. Отже, досліджуючи мікросвіт, наука значно просунулася в напрямку розуміння Всесвіту.

Все вищевикладене дозволяє нам зробити висновок про те, що у майбутніх учителів та викладачів фізики, а також науковців повинно бути сформоване глибоке розуміння фізичних явищ і процесів у галузі мікросвіту.

Метою статті є ознайомлення читачів з важливою фундаментальною проблемою сучасної ядерної фізики – дослідженням екзотичних ядер, а також методичними підходами до уведення відповідного навчального матеріалу до освітнього процесу при підготовці майбутніх учителів та викладачів фізики, а також науковців-фізиків.

Проблема екзотичних ядер нині є однією з глобальних та найскладніших в ядерній фізиці. За звичайних умов такі ядра не існують, вони виникають всередині зірок і при вибухах наднових, коли мають місце надзвичайно високі температури і тиски. Екзотичні ядра переміщуються у Всесвіті разом із сонячним вітром, а тому їх можна виявити і на Землі. Виробництво і дослідження екзотичних ядер здійснюється в прискорювачах і має велике значення для подальшого розвитку теоретичної та експериментальної фізики. Чим зумовлене це значення? У першу чергу – це шлях до перевірки теоретичних моделей властивостей ядер. Крім того, нині вже встановлено, що синтез елементів у зорях проходить за участі екзотичних ядер, розпад яких відбувається через випускання високошвидкісних електронів до появи стабільних ядер, відомих на Землі. Отже, через властивості екзотичних ядер можна впритул підійти до розуміння глибинних процесів, які супроводжують термоядерний синтез.

Технологія одержання екзотичних ядер така: пучок частинок прискорюється на лінійному прискорювачі або циклотроні і спрямовується на фольгу (мішень). На мішені

відбуваються ядерні реакції, продуктами яких є екзотичні ядра. Вони відокремлюються сепараторами відповідно до їх заряду і маси. Таким чином екзотичні ядра стають доступними для досліджень. Відомо, що найбільш важливу інформацію про стабільність атомних ядер дає час їх життя або період піврозпаду. Коли ядро досягає межі стабільності, воно стає надзвичайно короткоживучим і існує тільки впродовж малої долі секунди. Нині для визначення періодів піврозпадів ядер, в тому числі екзотичних, розроблені надзвичайно чутливі методи. Період бета-розпаду екзотичних ядер має фундаментальну важливість для розуміння структури матерії у Всесвіті.

Вивчення властивостей ядерної матерії в екстремальних станах дає інформацію про властивості мікросвіту і дозволяє моделювати різні процеси, що відбуваються у Всесвіті. Таким чином, синтезуючи і вивчаючи екзотичні ядра, науковці значно просуваються в розумінні не лише фундаментальних властивостей самого ядра, але і навколишнього Всесвіту.

Дослідження екзотичних ядер в найближчому майбутньому дозволить розв'язати ряд важливих для теоретичної фізики проблем, а саме:

- існування компактних областей стійких ядер поза кордонів енергій відділення протона і нейтрона та можливі причини існування таких областей;
- поява нових магічних чисел для екзотичних ядер внаслідок їх сильної деформації;
- зміна властивостей атомних ядер у разі відмінностей між співвідношенням числа нейтронів і протонів і рівноважними значеннями для ядер області стабільності;
- виникнення нейтронного гало і нейтронного шару у легких нейтронадлишкових ядрах; існування стану нейтронного гало у збуджених станах ядер;
- форма атомних ядер в областях з різними значеннями N/Z ;
- виникнення якісно нових явищ при розпаді екзотичних ядер.

Особливо слід відзначити, що українські учені не знаходяться осторонь розв'язання такої важливої світової наукової проблеми, як дослідження екзотичних ядер. Зокрема, цим питанням займаються в Інституті ядерних досліджень Національної академії наук України, у відділі теорії ядра та квантової теорії поля Інституту теоретичної фізики ім. М. М. Боголюбова, в Київському національному університеті імені Т. Г. Шевченка.

Очевидно, що в разі розв'язання цих проблем фізика перейде на якісно новий рівень пояснення фізичної і наукової картин світу, шляхів виникнення і еволюції Всесвіту, глибинних процесів, що супроводжують існування матерії. Безумовно, що дослідження у галузі фізики екзотичних ядер є коштовними і вимагають значних зусиль науковців, але вони можуть здійснити революцію у квантовій теорії матерії, яка є основою розуміння сучасної світобудови.

З метою детального ознайомлення студентів фізичних спеціальностей педагогічних університетів з властивостями екзотичних ядер нами запропоновано навчальний спецкурс "Екзотичні ядра – ключ до пізнання Всесвіту".

Спецкурс "Екзотичні ядра – ключ до пізнання Всесвіту"

Пояснювальна записка

Програма спецкурсу розрахована на 22 аудиторних години і передбачає вивчення окремих питань теорії екзотичних ядер. Курс призначений для студентів 3-го курсу, які навчаються за спеціальністю "Середня освіта (фізика)". Доцільно також внести спецкурс до варіативної складової навчальних планів для магістрів, які навчаються за спеціальностями 104 "Фізика та астрономія" та 014 "Середня освіта (фізика)". Оцінювання навчальних досягнень студентів здійснюється протягом навчання відповідно до чинних критеріїв, форми оцінювання обирає викладач фізики.

Метою спецкурсу є усвідомлення студентами значення наукових відкриттів для розвитку цивілізації; поглиблення розуміння студентами ключових аспектів квантової теорії матерії; усвідомлення того факту, що дослідження властивостей екзотичних ядер дозволить людству просунути в розумінні не лише фундаментальних властивостей самого ядра, але і навколишньої Всесвіту.

Завдання спецкурсу:

1. Ознайомити студентів з фундаментальною проблемою ядерної фізики – дослідження ядер, що знаходяться в екстремальному стані.
2. Сформулювати уявлення про можливості одержання екзотичних ядер, дослідження їх властивостей та можливості застосування.
3. Забезпечити усвідомлення студентами інформації про властивості ядерної матерії в екстремальних станах як джерело розуміння явищ мікросвіту і можливостей моделювання процесів, що відбуваються у Всесвіті.

Зміст спецкурсу

1. Основні аспекти проблематики теорії екзотичних ядер

Одержання та дослідження екзотичних ядер – один з найбільш цікавих наукових напрямків у сучасній світовій фізичній науці. Розвиток фізичних досліджень у галузі фізики екзотичних ядер. Фундаментальна проблема ядерної фізики – отримання екзотичних ядер та їх дослідження. Штучний синтез ядер, які знаходяться в екстремальному стані. Ядерні реакції між двома складними ядрами для центральних і периферичних зіткнень. Нейтронно-протонна карта ізотопів.

Студенти дають означення екзотичних ядер; пояснюють необхідність їх дослідження; характеризують основні етапи розвитку уявлень про екзотичні ядра; усвідомлюють сутність проблеми отримання екзотичних ядер; описують нейтронно-протонну карту ізотопів.

2. Пізнання екзотичних ядер як основа становлення новітнього фізичного світогляду на природу і рух речовини

Вивчення природи взаємодії системи кінцевого числа нуклонів. Сили спарювання та нульовий спіні основних станів як один з проявів цих сил. Область існування екзотичних атомних ядер. Екзотичні ядра та магичні числа.

Властивості екзотичних ядер залежно від співвідношення між числом нейтронів і протонів в цих ядрах та цими значеннями для стабільних ядер. Властивість розшарування протонної і нейтронної матерій в екзотичних ядрах з сильно нерівноважним відношенням N / Z . Розподіл мас і зарядів в екзотичних ядрах. Стан нейтронного гало в збуджених ядрах. Ефекти кластеризації ядерних станів в області малої нейтронної щільності. Форма атомних ядер в областях з різними значеннями N / Z . Якісно нові явища, які спостерігаються при розпаді екзотичних ядер. Зміна уявлень про еволюцію Всесвіту з появою нової інформації про властивості екзотичних ядер.

Студенти мають уявлення про природу взаємодії систем нуклонів; характеризують сили спарювання та називають основний прояв цих сил; обґрунтовують існування магичних чисел для екзотичних ядер; пояснюють властивості екзотичних ядер та вплив відношенням N / Z на ці властивості; розповідають про розподіл мас і зарядів в екзотичних ядрах; мають уявлення про нейтронне гало та ефекти кластеризації ядерних станів; описують форму атомних ядер в областях з різними значеннями N / Z ; розуміють сутність явищ, які спостерігаються при розпаді екзотичних ядер; здатні обґрунтувати, чому дослідження властивостей екзотичних ядер здатні призвести до зміни уявлень про еволюційні процеси в космічному просторі. д

3. Нові можливості в одержанні екзотичних ядер та перспективи наукових пошуків у цьому напрямку

Використання ядерних реакцій з важкими іонами при проміжних енергіях в перехідній області в околиці енергії Фермі для отримання вторинних пучків ядер з аномальним відношенням N/Z . Мішені з різним надлишком нейтронів для дослідження ізоспінової залежності перерізу утворення нейтронно-надмірних ядер. Використання радіоактивних пучків ізотопів бору, кисню і фтору в якості бомбардуючих частинок в спектроскопічних дослідженнях структури їх зв'язаних і незв'язаних станів. Новітні підходи до розв'язання проблеми одержання екзотичних ядер.

Студенти мають уявлення про використання ядерних реакцій для одержання екзотичних ядер; називають ядра, які використовуються як мішені для одержання екзотичних ядер; знають про використання радіоактивних пучків в експериментальних дослідженнях екзотичних ядер; усвідомлюють можливості розв'язання проблеми одержання екзотичних ядер.

4. Перспективи дослідження та практичного використання екзотичних ядер. Фізика екзотичних ядер в Україні

Актуальні напрямки фізики екзотичних ядер. Нові проекти прискорювальних комплексів і експериментальних установок для одержання екзотичних ядер. Стан розвитку фізики екзотичних ядер в Україні. Дослідження науковців Інституту ядерних досліджень Національної академії наук України. Внесок у розвиток фізики екзотичних ядер науковців відділу теорії ядра та квантової теорії поля Інституту теоретичної фізики ім. М. М. Боголюбова НАН України та Київського національного університету імені Т. Г. Шевченка.

Студенти характеризують найбільш актуальні і перспективні напрямки у галузі фізики екзотичних ядер; мають уявлення про нові проекти на шляху реалізації завдань експериментального дослідження ядер у збудженому стані; розповідають про основні етапи становлення фізики екзотичних ядер в Україні та науковців, які зробили вагомий внесок у розвиток цієї галузі науки.

Досвід показує, що впровадження запропонованого спецкурсу при підготовці майбутніх учителів та викладачів фізики, а також науковців-фізиків дозволяє поглибити їх знання у галузі квантової теорії, розширити кругозір і забезпечити вагомий вплив на становлення світогляду, а також закріпити матеріалістичні орієнтації щодо світобудови на прикладі пізнаваності явищ і процесів.

Таким чином, на нинішньому етапі розвитку науки, техніки і технологій при викладанні дисципліни “Загальна фізика” для вчителів та викладачів фізики, а також науковців-фізиків вже не можна обмежуватися змістом лише навчальних програм. Студенти повинні знаходитися на передньому краї наукових досліджень, бути обізнаними у питаннях стану сучасної фізики, її актуальних проблем. Адже наука розвивається так швидко, що людина, яка відстала від її досягнень сьогодні, завтра взагалі зможе загубити орієнтацію в сучасному світі. Отже, необхідно шукати шляхів залучення студентів до ознайомлення з видатними подіями у фізиці, з останніми науковими досягненнями, до їх аналізу та узагальнення. У разі, якщо студент свідомо працює у цьому напрямку, значно підвищуються загальний рівень його ерудиції у галузі фізики та показники освітнього процесу.

Використана література:

1. *Благодаренко Л. Ю.* Складові навчальних досягнень студентів з дисципліни “Загальна фізика”, критерії їх оцінювання та засоби діагностики / Л. Ю. Благодаренко // Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Серія № 3. Фізика і математика у вищій і середній школі : збірник наукових праць. – Випуск 18. – С. 28–31.

2. Благодаренко Л. Ю. Шляхи підвищення наукового рівня навчання фізики в закладах загальної середньої освіти / Л. Ю. Благодаренко, Н. О. Конончук, О. Я. Мазуркевич // Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Серія № 3.
3. http://www1.jinr.ru/PePan/2012-v43/v-43-4/02_pen.pdf

References:

1. *Blagodarenko L. Yu. Skladovi navchalnih dosyagnen studentiv z disciplini "Zagalna fizika", kriteriyi yih ocinyuvannya ta zasobi diagnostiki / L. Yu. Blagodarenko // Naukovij chasopis NPU imeni M. P. Dragomanova. Seriya № 3. Fizika i matematika u vishij i srednij shkoli : zbirnik naukovih prac. – Vipusk 18. – S. 28–31.*
2. *Blagodarenko L. Yu. Shlyahi pidvishennya naukovogo rivnya navchannya fiziki v zakladah zagalnoyi serednoyi osviti / L. Yu. Blagodarenko, N. O. Kononchuk, O. Ya. Mazurkevich // Naukovij chasopis NPU imeni M. P. Dragomanova. Seriya № 3.*

Благодаренко Л. Ю., Мазуркевич О. Я. Изучения экзотических ядер и их свойств в курсе общей физики при подготовке будущих учителей и ученых

В статье исследуется проблема повышения уровня фундаментальной подготовки по физике будущих учителей и преподавателей физики, а также учёных-физиков. Отмечено, что современный уровень развития физики, техники и технологий требует от человека достаточно основательных знаний в данной области, а на учителя в этом смысле возлагается просветительская миссия. Сделан акцент на том, что сегодня основные усилия в физических исследованиях направлены на познание микромира и Вселенной, при этом понимание процессов в микромире является путём к решению проблем Вселенной. Констатировано, что у будущих учителей и преподавателей физики, а также учёных-физиков должно быть сформировано глубокое понимание физических явлений и процессов в области микромира. Предложены методические подходы к осознанию студентами физических специальностей педагогических университетов фундаментальной проблемы ядерной физики – исследованием свойств ядерной материи в экстремальных состояниях, то есть экзотических ядер. С целью более детального ознакомления студентов со свойствами экзотических ядер предложен учебный спецкурс “Экзотические ядра – ключ к познанию Вселенной”. Обосновано, что внедрение предложенного спецкурса при подготовке учителей и преподавателей физики, а также учёных-физиков позволяет углубить их знания в области квантовой теории, расширить кругозор и обеспечить весомый вклад в становление мировоззрения, а также закрепить материалистические ориентации относительно мироустройства на примере познаваемости явлений и процессов. Показано, что предложенные подходы будут содействовать повышению общего уровня эрудиции студента в области физики и повышению показателей образовательного процесса.

Ключевые слова: физика экзотических ядер, экстремальное состояние ядерного вещества, квантовая теория материи, учебный спецкурс.

Blagadenko L., Mazurkevich O. Studies of exotic nuclei and their properties in the course of general physics in the training of future teachers and scientists

The article explores the problem of increasing the level of fundamental training in physics of future teachers and teachers of physics, as well as physicists. It is noted that the current level of development of physics, engineering and technology requires a person to have sufficiently thorough knowledge in this field, and an educational mission is assigned to teachers in this sense. The emphasis is placed on the fact that today the main efforts in physical research are aimed at the knowledge of the microworld and the Universe, while understanding the processes in the microworld is the way to solve the problems of the Universe. It was stated that future teachers and teachers of physics, as well as physicists, should have a deep understanding of physical phenomena and processes in the microworld. Methodological approaches to the students' understanding of the physical specialties of pedagogical universities by the fundamental problem of nuclear physics are proposed – by studying the properties of nuclear matter in extreme conditions, that is, exotic nuclei. In order to familiarize students with the properties of exotic nuclei in more detail, a special training course “Exotic nuclei is the key to understanding the Universe” is proposed. It is proved that the introduction of the proposed special course in the preparation of teachers and physicists, as well as physicists, allows them to deepen their knowledge in the field of quantum

theory, broaden their horizons and provide a significant contribution to the establishment of a worldview, as well as consolidate materialistic orientations regarding the world order by the example of cognizability of phenomena and processes. It is shown that the proposed approaches will help to increase the general level of erudition of a student in the field of physics and increase the performance of the educational process.

Keywords: *physics of exotic nuclei, extreme state of nuclear matter, quantum theory of matter, special training course.*

УДК 378.371:53

Василенко С. Л.

ОЗНАЙОМЛЕННЯ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ І ВИКЛАДАЧІВ ФІЗИКИ З МЕТОДАМИ ОДЕРЖАННЯ ПОЛІМЕРІВ З НОВИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ

У статті досліджуються питання, пов'язані з підготовкою майбутніх учителів і викладачів фізики до науково-дослідної діяльності та можливостями її реалізації. Відзначено, що для їх подальшої успішної роботи у тих галузях, де фізика є основою, необхідно забезпечити досягнення високого рівня компетентності з дисципліни “Загальна фізика”. Показано, що для підвищення рівня компетентності студентів з дисципліни “Фізика” велике значення має їх занурення в наукову і дослідницьку сферу сучасної фізики, ознайомлення з конкретними прикладними напрямками, оскільки учитель, який має достатній науковий рівень, буде набагато краще викладати основи фізики як навчального предмета. Обґрунтовано, що в навчанні фізики майбутніх учителів і викладачів фізики особливої уваги слід приділяти полімерам, що не завжди можливо на лекційних заняттях. Запропоновано під час вивчення модуля 2 “Молекулярна фізика і термодинаміка” проведення в рамках практичних занять семінару, присвяченого питанням одержання полімерів з новими фізичними властивостями “Зміна властивостей полімерів як актуальне прикладне завдання фізики”.

Ключові слова: *компетентність з дисципліни “Загальна фізика”, науково-дослідна робота студентів, семінарські заняття, полімери з новими фізичними властивостями.*

У фаховій підготовці майбутніх учителів і викладачів фізики дисципліна “Загальна фізика” має особливе значення, оскільки в майбутньому стає їх професією. Причому специфіка фізики як науки і як галузі практичного прикладання зумовлює для студентів можливість вибору різних напрямків професійної діяльності. Так, нинішні студенти, які навчаються в педагогічних університетах на фізичних спеціальностях, можуть в подальшому бути вчителями або викладачами фізики, а також працювати безпосередньо у галузі науки. Така багатовекторність професійної діяльності вимагає глибокої фундаментальності знань з фізики, інтеграції наукових знань взагалі, обізнаності у питаннях практичного прикладання фізичної науки, володіння сучасними методами фізичних досліджень тощо. Тому під час навчання студентів необхідно забезпечити досягнення ними високого рівня компетентності з дисципліни “Загальна фізика”, що дозволить їм в майбутньому успішно працювати у тих галузях, де фізика є основою діяльності. Тому особливістю курсу загальної фізики при підготовці майбутніх учителів і викладачів повинна стати його спрямованість на використання знань, умінь і навичок у житті та безпосередньо у професії. Навчання загальної фізики у кінцевому результаті має не тільки забезпечити студента певною сумою знань, але й сформувати в нього достатній рівень прикладних умінь. Тому складовими знань студентів з курсу загальної фізики є не лише теоретичні знання теорій, законів і закономірностей та здатність до їх відтворення, але й уміння та навички відбору сучасної наукової інформації, її