

УДК 372.147

Хомутенко Максим Володимирович

учитель фізики та інформатики

Добровеличківська загальноосвітня школа I–III ступенів № 1, Добровеличківської районної державної адміністрації Кіровоградської області, смт. Добровеличківка, Кіровоградська обл., Україна
max156@mail.ru

Садовий Микола Ілліч

доктор педагогічних наук, професор, проректор з наукової роботи, завідувач кафедри теорії і методики технологічної підготовки, охорони праці та безпеки життєдіяльності, професор кафедри фізики та методики її викладання

Кіровоградський державний педагогічний університет імені Володимира Винниченка, м. Кіровоград, Україна
smikdpu@i.ua

Трифоновна Олена Михайлівна

кандидат педагогічних наук, доцент кафедри фізики та методики її викладання

Кіровоградський державний педагогічний університет імені Володимира Винниченка, м. Кіровоград, Україна
olena_trifonova@mail.ru

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ В АТОМНОМУ ЯДРІ

Анотація. Стаття присвячена питанню використання інформаційно-комунікаційних технологій навчання для моделювання фізичного експерименту з квантової фізики, зокрема дослідженню «долини стійкості». Проаналізовано особливості процесів, які відбуваються в атомі, впливають на стійкість ядер та їх розташування в долині стійкості ядер. Актуальність дослідження полягає у необхідності активізації процесу використання моделей і моделювання, абстрагування й ідеалізації, та аналогії у навчальному процесі з фізики. Створення ідеалізованих об'єктів, зокрема, долини стійкості ядер, допомагають у першому наближенні дійти до істини і підвищити якість оволодіння знаннями з фізики, сприяють підвищенню рівня успішності опанування знань й умінь, оскільки спрямовані на формування взаємозв'язку між фізичними поняттями, теоріями та законами.

Ключові слова: моделювання фізичного експерименту; долина стійкості; інформаційно-комунікаційні технології; дидактика фізики; навчальний процес.

1. ВСТУП

Постановка проблеми. Інформатизація суспільства є глобальним світовим соціальним процесом, унаслідок якого забезпечується інтерактивність, розробка новітніх технологій, нагромадження, обробка та передавання інформації, інформаційна доступність, активне використання інтелектуального потенціалу світу. У кінці XX – на початку XXI ст. в Україні вживаються заходи щодо інформатизації суспільства. Цим самим відкриваються перспективи до економічного, соціального та освітнього розвитку країни і населення. Згідно Закону України «Про основні засади розвитку інформаційного суспільства в Україні на 2007–2015 роки» одним із головних пріоритетів України є прагнення побудувати орієнтоване на інтереси людей, відкрите для всіх і спрямоване на розвиток інформаційне суспільство, у якому кожен може створювати і накопичувати інформацію і знання, мати до них вільний доступ, користуватися й обмінюватися нею. Такий підхід дає можливість кожній людині повною мірою реалізувати свій потенціал, сприяючи суспільному й особистому розвитку і підвищуючи якість життя [5]. Тому одним із напрямків розвитку інформаційного суспільства в Україні є розв'язання проблеми з надання кожній особистості можливості для здобуття компетенцій і компетентностей, знань, умінь і

навичок із використанням інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) під час навчання, виховання та професійної підготовки. Інформатизація в освіті дає широкі можливості сформувати науковий світогляд людини, поліпшити якість навчального процесу, забезпечити доступність до якісної освіти, підвищити зацікавленість суб'єктів навчання, а в загальному підняти вітчизняну галузь освіти на вищій щабель розвитку.

Основою сучасного наукового світогляду компетентної особистості є зміст курсу фізики. Але особливого впливу на формування такого світогляду мають новітні знання про будову і властивості ядра атома. Тому актуальним є удосконалення методики навчання вказаної теми.

Запровадження принципів інформатизації забезпечує зв'язок навчально-виховного процесу з дидактичними принципами навчання. Дидактичний принцип науковості вимагає, щоб зміст навчання відповідав науковим основам науки, з об'єктивними фактами, поняттями, законами, теоріями. Принцип науковості навчання має реалізовуватись ще під час розробки навчальних програм і підручників і в процесі навчання шляхом дотримання стандарту фізичної освіти в її теоретичній і практичній частинах. Реалізація принципу науковості навчання забезпечує формування в суб'єктів навчання наукового світогляду, цілісної картини світу, умінь і навичок наукового пошуку.

Ядерна фізика – розділ фізики, що вивчає структуру, взаємоперетворення і властивості атомних ядер [11]. Ядерна фізика започаткована відкриттям у 1896 році Анрі Беккерелем природної радіоактивності солей урану, ще задовго до відкриття атомного ядра, що проявляється в спонтанному невидимому випромінюванні. Довгий час вважалося, що ядра складаються з протонів і електронів. Але в цій теоретичній моделі були недоліки, які входили в суперечності з експериментальними фактами. Це стосується спінів і магнітних моментів ядер. Лише після відкриття Джеймсом Чедвіком нейтрона було встановлено, що ядро складається з протонів і нейтронів, які одержали назву нуклони. Далі були проведені й інші дослідження, що привели вчених до сучасних уявлень про будову і властивості ядер.

Прямі експерименти з ядерної фізики в умовах обладнання середніх шкіл чи вищих навчальних закладів поставити досить складно. На нашу думку, реалізацію принципу науковості під час вивчення питань квантової фізики на належному рівні забезпечить використання комп'ютерного моделювання, яке є одним з ефективних методів вивчення складних для прямого спостереження систем. Попри це, комп'ютерне моделювання є інноваційним методом навчання фізики, спрямованим на розвиток інтелектуальних здібностей суб'єктів навчання, формування мотивації до процесу оволодіння знаннями через посилення інтересу до вивчення фізики, формування різних типів мислення й активізації навчально-дослідницької діяльності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання організації сучасного інформаційно-освітнього середовища, інтеграції системи освіти України у світовий освітній простір відображаються у працях українських науковців В. Ю. Бикова [1], А. М. Гуржія [1], М. І. Жалдака [3], Ю. О. Жука [4], В. В. Лапінського [3], М. І. Шута [3] та ін. Проблемою визначення шляхів комп'ютерного моделювання у вивченні понять, законів і закономірностей фізики займалися Ю. О. Жук [4], Ю. В. Єчкало [2], Л. Р. Калапуша [6], С. В. Каплун [7], Ю. С. Рамський [12], С. О. Семеріков [15], В. . Сумський [14], І. О. Теплицький [15], С. А. Чеховський [18], С. А. Хазіна [12] та ін.

Ми використали їх загальні підходи і пропонуємо розглянути конкретні питання застосування такого моделювання у дослідженні явищ рівноваги у квантових процесах. У цьому випадку моделювання ми розглядаємо в органічному зв'язку з ІКТ.

Метою статті є розробка методики інтерактивного моделювання у навчанні питання рівноваги в атомних ядрах з урахуванням вимог принципу науковості.

Сформульована мета дослідження передбачає розв'язання таких завдань:

- здійснити аналіз стійкості атомних ядер хімічних елементів періодичної системи Д. І. Менделєєва у вигляді моделі долини стійкості;
- виокремити фактори утворення і розвитку моделі навчального середовища, пов'язаного з формуванням віртуальних експериментів у навчанні фізики;
- удосконалити методику навчання моделей атомних ядер за допомогою ІКТ.

2. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

У ході дослідження ми застосовували інтерактивний контент-аналіз (контент – content – будь-яке інформаційно-значиме наповнення ресурсу [9; 19]) як методологію не лише кількісної оцінки наукового досвіду вчених, а й віртуально-модельного відображення, які в сукупності характеризуються об'єктивністю висновків і строгістю процедури досягнення і полягають у квантифікаційній обробці дослідних результатів (кількісне вираження якісних ознак) з подальшою інтерпретацією результатів. Предметом контент-аналізу є внутрішні закономірності об'єкта дослідження – ядра атома. Емпіричною інформацією для інтерактивного контент-аналізу, а в подальшому для моделювання є накопичений історичний досвід вивчення проблем ядра. Кодування – процес категоризації зібраних даних. За одиниці аналізу ми обрали поняття, що характеризують ядро; наукові моделі ядра; судження як ступінь конструктивності; кодування як процес категоризації накопичених даних.

3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Ми здійснили аналіз основних понять, що описують будову і стійкість атомних ядер, на основі яких здійснюється виконання визначених завдань. Для цього забезпечуємо актуалізацію знань суб'єктів навчання. Для реалізації поставлених завдань окреслимо коло понять курсу фізики. До складу атома входять позитивно заряджене ядро й електрони, що рухаються навколо нього. У свою чергу, ядро атома складається з протонів і нейтронів. Згідно з планетарною моделлю будови атома загальна кількість нуклонів, сума протонів і нейтронів, дорівнює масовому числу A ; кількість протонів дорівнює заряду ядра Z , кількість нейтронів $N = A - Z$. Маса протона й нейтрона приблизно дорівнюють 1 атомній одиниці маси. У нормальному стані будь-який атом електронейтральний. Атомні ядра одного й того самого хімічного елемента містять однакоє число протонів, що дорівнює порядковому номеру цього елемента в періодичній системі Д. І. Менделєєва. Протонів в атомних ядрах певного хімічного елемента завжди буде визначене число, а число нейтронів у ядрі, а відповідно й число ізоотопів атомів може бути різним. Ізотопи мають однаковий атомний номер, але різні масові числа. Усі ізотопи поділяють на стабільні й нестабільні. Стабільність визначається періодом їх напіврозпаду. Зокрема, період напіврозпаду нестабільних ізоотопів починається від значень порядку 10^{-24} с до віку Всесвіту, і більше. Решта ізоотопів є стабільними. Нестабільні ізоотопи піддаються радіоактивному розпаду й утворюють атоми інших елементів, утворюючи радіоактивні ряди. До їх числа належать усі елементи, які розташовані в періодичній системі за Вісмутом, а також Технецій і Прометій. Більшість радіоактивних елементів добуті штучно й у природі у вільному стані не виявлені [8, с. 220–225].

Взаємодія між нуклонами визначається сильною взаємодією, вона сильніша, ніж кулонівське притягання між зарядами. Ядерні сили короткодіючі, вони зменшуються з відстанню швидше, ніж кулонівські, і діють на відстані до 10^{-15} м. Вони виникають під час обміну піонами: один нуклон випромінює піон, а другий його підхоплює. Це є квантово-механічною моделлю взаємодії. Квантова механіка дозволяє довільній частинці змінити конкретну енергію на ΔE та невизначений час Δt , вказані величини пов'язує принцип невизначеності І. Є. Тамма:

$$\Delta E \Delta t \geq 2\pi\hbar,$$

де $\hbar = 6,625 \times 10^{-34}$ Дж·с – стала Планка. Для народження піона масою m_π , нуклон повинен змінити свою енергію на величину $\Delta E_\pi = m_\pi c^2$. Тоді час життя такого піона $t \approx \hbar/m_\pi c^2$ [17].

Для моделювання ядерних процесів необхідно врахувати, що зарядова незалежність ядерних сил може мати довільне число протонів і нейтронів. Але на практиці такого не спостерігається. Співвідношення між числом протонів і нейтронів в ядрі є чітко визначеним. У легких ядрах число протонів Z і нейтронів N практично однакове, а у міру збільшення атомного номера елемента в його ядрі число нейтронів

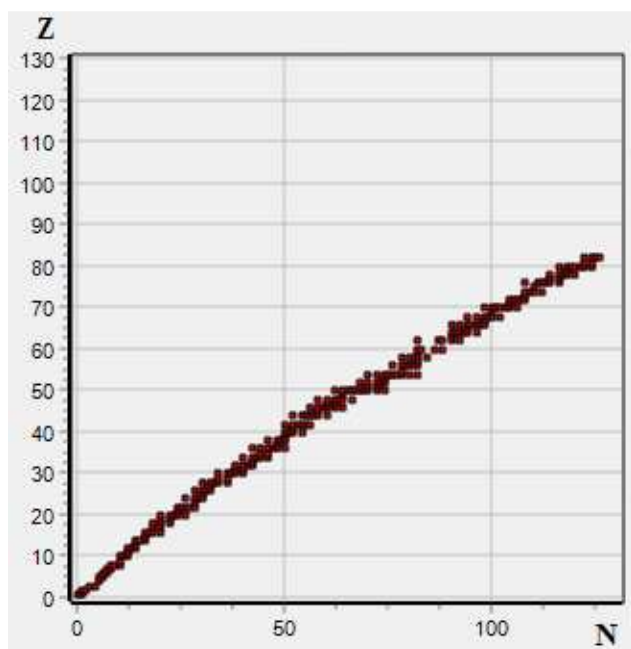


Рис. 1. Лінія стабільності; Квадрати – стабільні ядра

стає більшим за число протонів. У важких ядрах їх число приблизно у півтора рази більше. Ядро гелію складається з 2 протонів і 2 нейтронів, кисню – з 8 протонів і 8 нейтронів, ядро кальцію – з 20 протонів і 20 нейтронів, а в урану – 92 протони і 146 нейтронів.

Стійкість ядер атомів обумовлена рівнем у моделі основного квантового стану, рис. 2. Притягуючись один до одного, нуклони самі створюють потенціальну яму, у якій вони ж і знаходяться. Цим ядро відрізняється від електронів в атомі, у якому кулонівське поле тяжіння створюється протонами ядра. Найнижчий за енергією стан нуклонів у цій ямі відповідає найбільш стабільній системі. Для знаходження основного стану нуклонів, пов'язаних між собою ядерною взаємодією ми скористалися краплинною моделлю ядра, основи

якої були розроблені в середині 30-х років ХХ ст. К. Вейцеккером і Н. Бором [11].

У краплинній моделі ядра атом розглядається як практично нестискувана крапля речовини великої густини. Густа маса ядра складається із Z протонів і $N = A - Z$ нейтронів (A число нуклонів). Вона менша суми мас складових його нуклонів на величину енергії зв'язку, що утримує нуклони в ядрі. Середня енергія зв'язку з розрахунку на 1 нуклон майже для всіх стабільних ядер при $A > 50$ стала і складає 8-9 МеВ [11; 17]. Така сталість безпосередньо привела до створення краплинної моделі ядра. Вона описується напівемпіричною формулою для енергії зв'язку ядра:

$$E_{\text{зв}} = a_v A - a_s A^{\frac{2}{3}} - \frac{a_c Z^2}{A^{\frac{1}{3}}} - \frac{a_T (N - Z)^2}{A} + a_p \delta A^{-\frac{1}{2}}, \quad (1)$$

a_s, a_c, a_T, a_p – константи, a_v – енергія зв'язку на 1 нуклон для нескінченно великого ядра, яке не має поверхні, а перший член суми – об'ємна енергія. Нуклони, розташовані на поверхні ядра, мають менше число зв'язків з іншими нуклонами, чим внутрішні. Тому для визначення реальних кінцевих розмірів ядра потрібно враховувати поверхневий вклад в $E_{зв}$, пропорційний поверхні ядра, тобто $A^{\frac{2}{3}}$, і який зменшує повну енергію зв'язку (другий член суми).

Стійкими є легкі ядра з $Z = N$, а в області важких ядер – з $N > Z$. Це враховується введенням 3-го (кулонівська енергія) і 4-го (енергія симетрії ядра) доданків у

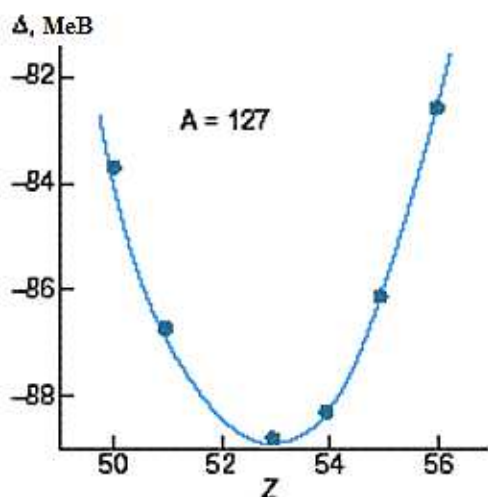


Рис. 2. Залежність дефекту маси A від Z для ізобарних ядер з $A = 127$ порушується на користь нейтронів [17].

формулу (1). Доданок, що відповідає кулонівській енергії, виникає через відштовхування протонів, що повинно сприяти появі стабільних нейтронно-надмірних ядер – ізобар. Якщо ядро – куля радіусом $r_c \sim A^{\frac{1}{3}}$ і протони в ній розподілені рівномірно, то кулонівська енергія ядра $\sim Z^2/A^{\frac{1}{3}}$, зменшується при зменшенні Z . Експериментальні факти, свідчать про те, що стабільні не всі ядра – ізобари з надлишком нейтронів, а тільки поміщені у вузьку смугу на діаграмі NZ (рис. 1). Це враховується так званим ізотопічним членом або енергією симетрії, роль якої ілюструє крива залежності дефекту мас A від Z для всіх ізобар з визначеним A (рис. 2). Ядро, що лежить на дні «долини», є стабільним. Ядра, розташовані на її схилах є не стабільні, вони «скачуються» на дно в результаті β -розпаду. Енергія симетрії виникає з тієї причини, що заборона Паулі послабляє взаємодію між однойменними нуклонами. Енергія симетрії описує тенденцію ядра бути найбільш стабільним при $A = 2Z$. Проте кулонівське відштовхування протонів перешкоджає цьому, так що стабільні важкі ядра мають $A > 2Z$. Енергія симетрії більше залежить від відносної густини нейтронів і протонів, ніж кулонівська енергія. $E_{зв}$ систематично змінюється залежно від того, парні або непарні Z і N . Це можна пояснити наявністю парних кореляцій нуклонів між однойменними нуклонами, що призводить до додаткової енергії зв'язку й описується останнім доданком у формулі (1): $d = 0$ для непарного A , $d = -1$ для парних A і парних Z і $d = 1$ для парних A і непарних Z . Усі константи у формулі (1) визначаються «підбором» енергії зв'язку під експериментально виміряні маси ядер: $a_v = 15,56$ MeV, $a_s = 17,23$ MeV, $a_c = 0,697$ (для $r_c = 1,24$ фм) MeV, $a_T = 23,28$ MeV, $a_p = 12$ MeV. У середньому формула (1) добре описує маси ядер. Відхилення спостерігаються поблизу магічних ядер. Відхилення пов'язані з оболонковою структурою і деформацією ядер. Оболонкова поправка до енергії зв'язку збудженого ядра швидко зменшується зі збільшенням збудження. Для ядер з $A > 200$ оболонкова поправка практично зникає при енергії збудження 30–50 MeV. Краплинна модель ядра описує процес ділення ядер як результат квадрупольної деформації поверхні краплі, що призводить до утворення

двох ядер, що було досліджено Л. Майтнером, О. Фришом, Н. Бором, Д. Уілером, Я. Френкелем.

Як уже зазначалось, у легких ядрах в долині стійкості число протонів приблизно

дорівнює числу нейтронів, і цей факт необхідно відобразити введенням так званого члена із симетричною енергією

$$E_{\text{sym}} = (N - Z)^2 A. \quad (4)$$

Так як електричний заряд нуклонів різний, протони і нейтрони незалежно послідовно заповнюють свої енергетичні рівні. Через наявність у протонів кулонівського взаємодії глибина потенційної ями для протонів дещо менша, ніж для нейтронів (рис. 3).

Найвищі протонний і нейтронний рівні повинні знаходитися при одній енергії.

Симетрична енергія виникає з тієї причини, що відповідно принципу Паулі ядра з великим числом нуклонів мають і більшу середню кінетичну енергію, а тому енергетично вигідно ядру мати рівне число протонів і нейтронів.

Обчислюючи енергію ядра, слід врахувати ефект спарювання. Дослідники довели, що врахування додаткової взаємодії тяжіння однакових нуклонів приводить до їх злучення між собою. Утворюється стан з нульовим моментом кількості руху. Найбільш стійкими є парно-парні ядра, ядра з парним числом протонів і парним числом нейтронів. Потім йдуть непарні і, нарешті, непарно-непарні. Причому маса ядер при послідовній зміні заряду Z на одиницю змінюється не плавно, а стрибкоподібно. Будь-який непарний нуклон завжди має меншу енергію зв'язку.

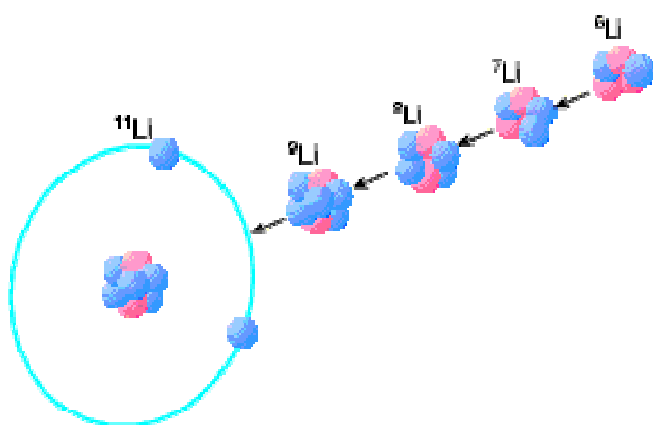


Рис. 4. Схематичне зображення еволюції ядра літію в міру збільшення числа нейтронів [17].

Отже, атоми як системи, що перебувають у долині стійкості, мають найменшу енергію. Це пов'язано з тим, що в атомі кожен електрон розташовується так, щоб його енергія була мінімальною.

На основі актуалізованих знань ми здійснили класифікацію ядер, визначили місце кожного з них і сформуvalи модель долини стійкості.

Для прикладу розглянемо еволюцію ядра атома літію (рис. 4). Додамо до стабільного ядра ${}^6\text{Li}$ нейтрони «ущільнимо

їх» аж до стану ${}^9\text{Li}$. Але на ${}^9\text{Li}$ закінчується формування оболонки. Тоді в ${}^{11}\text{Li}$ два нейтрони виявляються набагато далі компактного ${}^9\text{Li}$. Вони створюють дифузну хмарину нейтральної речовини.

На іншому схилі долини стабільності протонів у ядрі буде у надлишку. Має місце прояв кулонівських сил, які активно формують цілісність речовини. Збільшення числа нуклонів у ядрі приводить до зростання сили кулонівського відштовхування протонів, яка компенсує збільшення енергії зв'язку. Для масивних хімічних елементів зростання кулонівського відштовхування протонів приводить до зниження питомої енергії зв'язку і до зменшення стійкості ядер. Отже, вивчення ядерної фізики потребує абстрактних уявлень. На нашу думку, це завдання можна розв'язати через запровадження комп'ютерного моделювання.

Моделювання – форма вивчення різноманітних явищ, за якої предметом дослідження виступає особливим чином одержана модель, що відображає ті чи інші ознаки самих явищ [18, с. 7].

Метод моделювання характеризується такими гносеологічними функціями [18]: демонстраційною або ілюстративною, евристичною, трансляційною, апроксимуючою, екстраполяційно-прогностичною та функцією відображення дійсності.

Використання комп'ютерного моделювання стимулює науково-пізнавальну та навчально-пізнавальну діяльність учнів під час навчання. Розглядаючи комп'ютерні моделі, учні не тільки поглиблюють знання з фізики, а й дізнаються про різні програмні засоби, які застосовуються для створення комп'ютерних моделей, розвивають навички роботи з ними.

Комп'ютерні моделі дозволяють спостерігати й досліджувати явища й процеси в динаміці їх розгортання, здійснювати багаторазові випробування моделі, одержувати різноманітні кількісні показники в числовому або графічному вигляді, зокрема такі, які вимагають виконання складних, численних або трудомістких розрахунків.

Ми використали три типи динаміки системи: функціонування, ріст, розвиток. Під функціонуванням розуміємо процеси, які відбуваються в ядрі для того, щоб система реалізовувала свою ціль. Під ростом системи розуміємо закономірності формування долини стійкості та її функціонування, коли відбуваються якісні зміни деяких характеристик ядер. Під розвитком розуміємо такі зміни в системі долини стійкості, коли відбуваються якісні зміни в ядрах.

Це, як правило, пов'язано із змінами цілей навчання. Досягнення нових цілей потребує від системи нових функцій, що вимагає, у свою чергу, від підсистем, агрегатів та елементів системи нових властивостей. Ріст і розвиток системи необов'язково є супутніми один одному. Будь-яка складна система, зазвичай, рідко знаходиться в якійсь одній динамічній фазі, частіше мають місце всі три фази динаміки системи, тобто система функціонує, росте та розвивається одночасно [10, с. 20].

Формування сучасного фізичного світогляду учнів на прикладі більш детального розгляду ролі частинок атомного ядра у фундаментальних взаємодіях; наочного математичного пояснення залежності між питомою енергією зв'язку нуклонів і масовим числом ми пропонуємо розглянути програму для визначення властивостей елементів у долині стійкості «Карта ізотопів» – динамічну модель долини стійкості, яка створена нами у програмному середовищі Delphi.

Ми виокремили фактори утворення і розвитку моделі навчального середовища пов'язаного з формуванням віртуальних експериментів у навчанні фізики атомного ядра: доцільність моделювання ядерних явищ, візуалізація математичних моделей ядра, заміна реальних експериментів ядерних взаємоперетворень комп'ютерними моделями, використання програмно-апаратних засобів, призначених для аналогово-цифрових перетворень.

Програмне середовище Delphi згідно галузевого стандарту вищої освіти: Галузь знань 0402 Фізико-математичні науки. Напрямок підготовки 6.040203 Фізика*. Спеціалізація: Інформатика є обов'язковим для вивчення у вищих педагогічних навчальних закладах. Це слугувало підставою для створення утиліти.

Програма «Карта ізотопів» призначена для моделювання місця знаходження ізотопів хімічних елементів на графіку залежно від числа протонів і числа нейтронів (див. рис. 5). За допомогою цієї програми ми одержали наочне зображення хімічного елемента в системі координат NOZ , розрахували відношення числа нейтронів до числа протонів $\frac{N}{Z}$. Такий підхід сприяє науковому і наочному викладу теми про будову і властивості ядер, сприяє кращому засвоєнню знань і підвищенню інтересу до цієї теми.

У програмі реалізовано три способи побудови графіка.

Запустивши програму, ми можемо спостерігати область, у якій будемо побудувати графік. Визначаємо вкладки способів побудови, до яких додаємо елементи для вхідних і вихідних даних й кнопки побудови графіків і проведення обчислень. Також передбачаємо можливу зміну масштабу графіка через введення у відповідні поля максимальних і мінімальних значень x та y координат і крок між двома сусідніми значеннями. Побудова графіка дозволяє кожного разу очищати попередні значення, або залишати попередні значення на графіку з окремим виділенням кольором, шрифтом тощо. Така функція представлена у вигляді двох перемикачів. Визначаємо кнопку очищення графіка. Наочно представлені кольорові позначки груп ізотопів, на які вони поділяються за періодами піврозпаду. Кожний ізотоп під час побудови на графіку набуває свого кольору групи, до якої він відноситься.

Перший спосіб. У відповідні поля вводяться значення масового числа A і число протонів Z ізотопу хімічного елемента. Натиснувши на кнопку «Обрахувати та відобразити» за цими даними будується графік, рис. 6, який показує місце розташування хімічного елемента в долині стабільності. Розраховується параметр N/Z ,

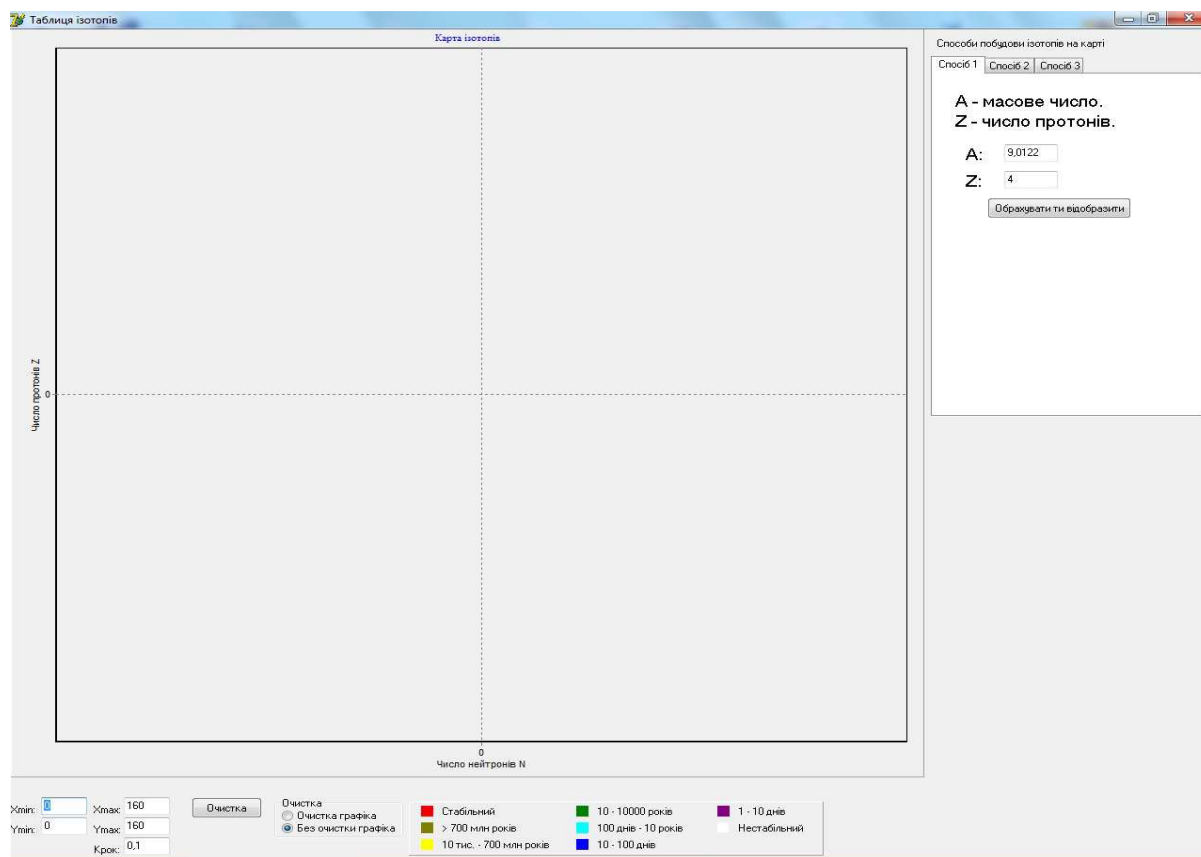


Рис. 5. Вікно запуску програми

відношення числа нейтронів до числа протонів, з якими можна судити про співвідношення протонів і нейтронів і відповідно впливає величина стабільності хімічного елементу. Для найбільш стабільних $N \approx Z$. Заносяться дані про хімічний елемент, вказується назва ізотопів, а також вказується період піврозпаду.

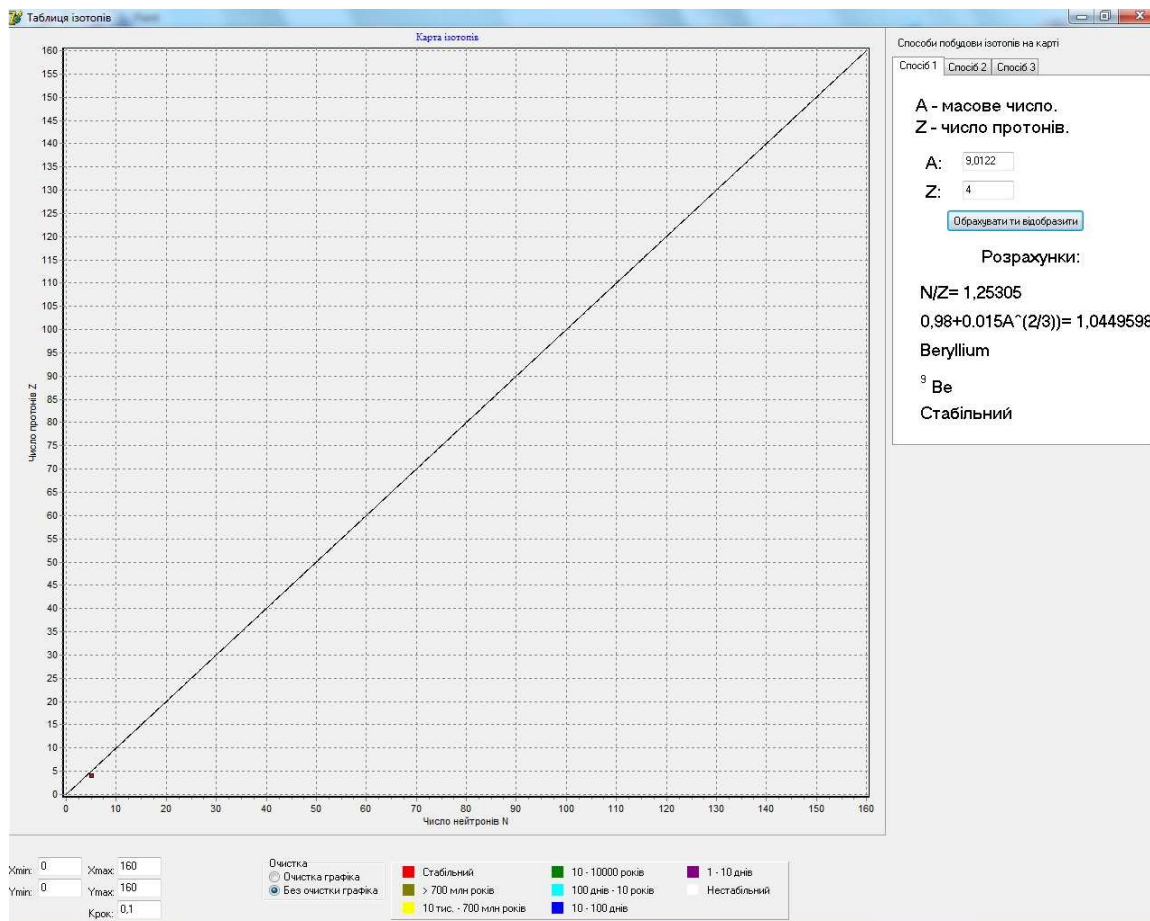


Рис. 6. Область побудови графіка

Другий спосіб. Кожен ізотоп довільного хімічного елементу має період піврозпаду. За періодом піврозпаду всі ізотопи ми поділили на вісім груп:

- стабільний;
- > 700 млн. років (природній радіоактивний);
- 10 тис. – 700 млн. років;
- 10–10000 років;
- 100 днів – 10 років;
- 10–100 днів;
- 1–10 днів;
- нестабільний.

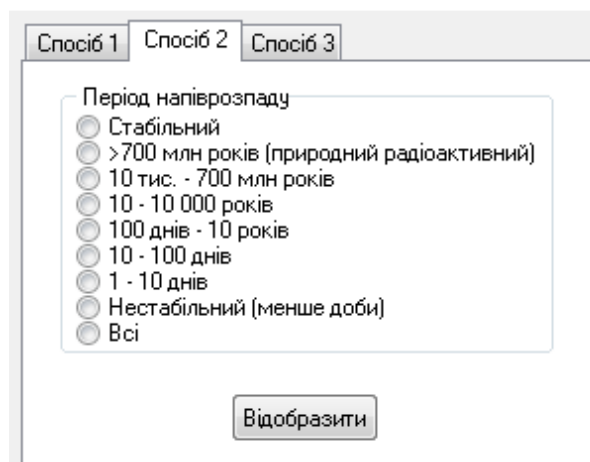


Рис. 7. Періоди напіврозпаду

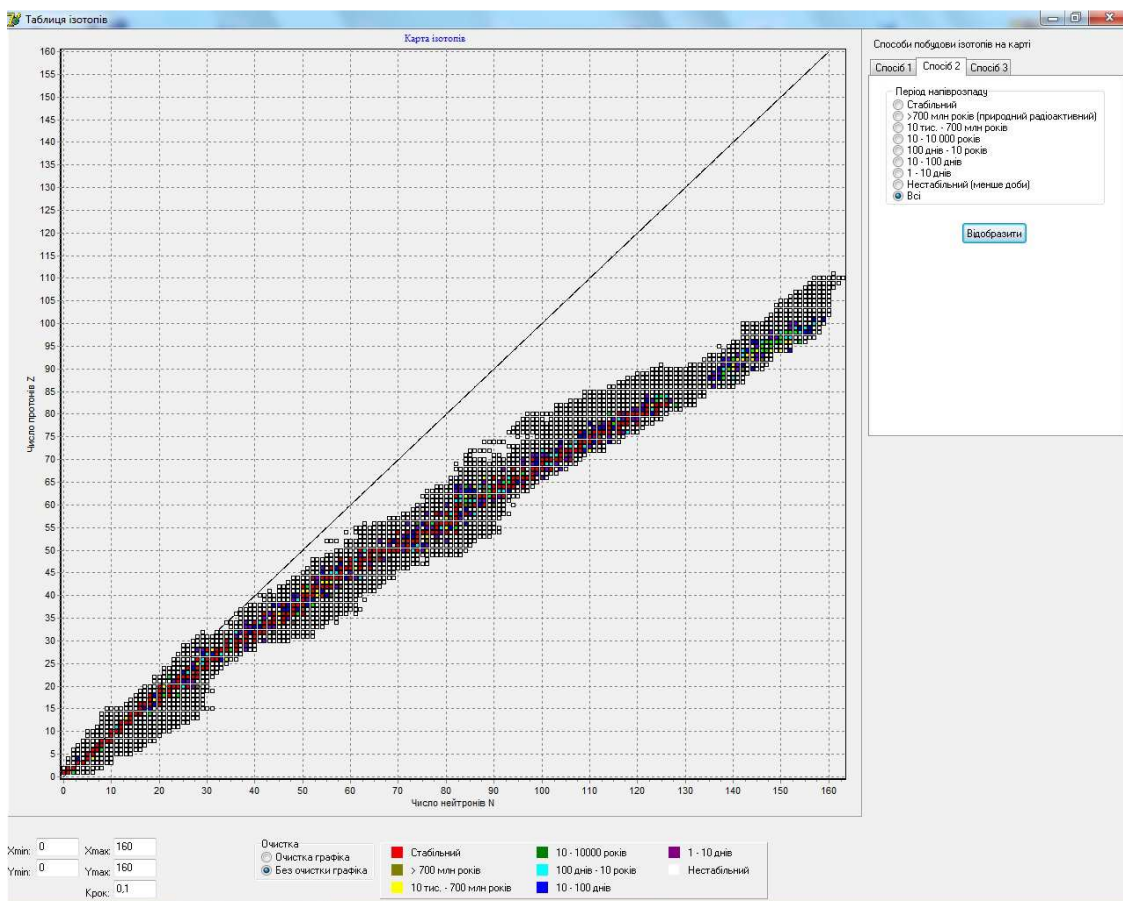


Рис. 8. Приклад побудови всіх груп ізотопів

Цей спосіб дає змогу відобразити групу ізотопів (рис. 7). Після цього переходимо до побудови всіх груп ізотопів (рис. 8).

Для побудови долини необхідно вибрати зі списку потрібний період піврозпаду і натиснути кнопку «Відобразити». На графіку з'являться всі ізотопи з вибраним періодом піврозпаду. Використовувати дані графіки можна для вивчення матеріалу фізики атомного ядра й особливостей систематики ядер.

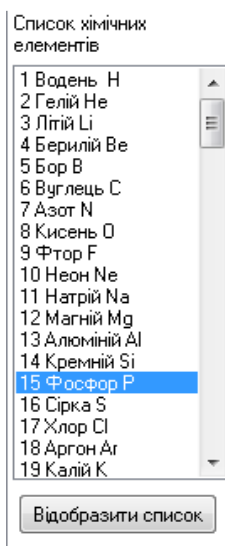


Рис. 9. Список хімічних елементів

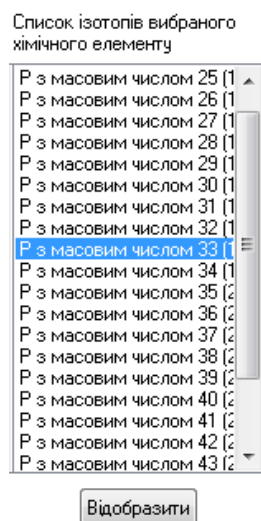


Рис. 10. Список ізотопів вибраного хімічного елемента

Третій спосіб. Дає змогу будувати ізотопи на графіку, вибираючи їх зі списку. Є два списки: в одному записані хімічні елементи (рис. 9), а в іншому – у порядку збільшення числа протонів Z . Вибравши потрібний хімічний елемент і натиснувши кнопку «Відобразити список», в іншому списку з'являється список ізотопів цього хімічного елементу (рис. 10), ізотопи в цьому списку впорядковані зі збільшенням числа нейтронів. Вибравши ізотоп з цього списку і натиснувши відповідну кнопку «Відобразити», цей ізотоп з'являється на графіку. Автоматично буде обчислене

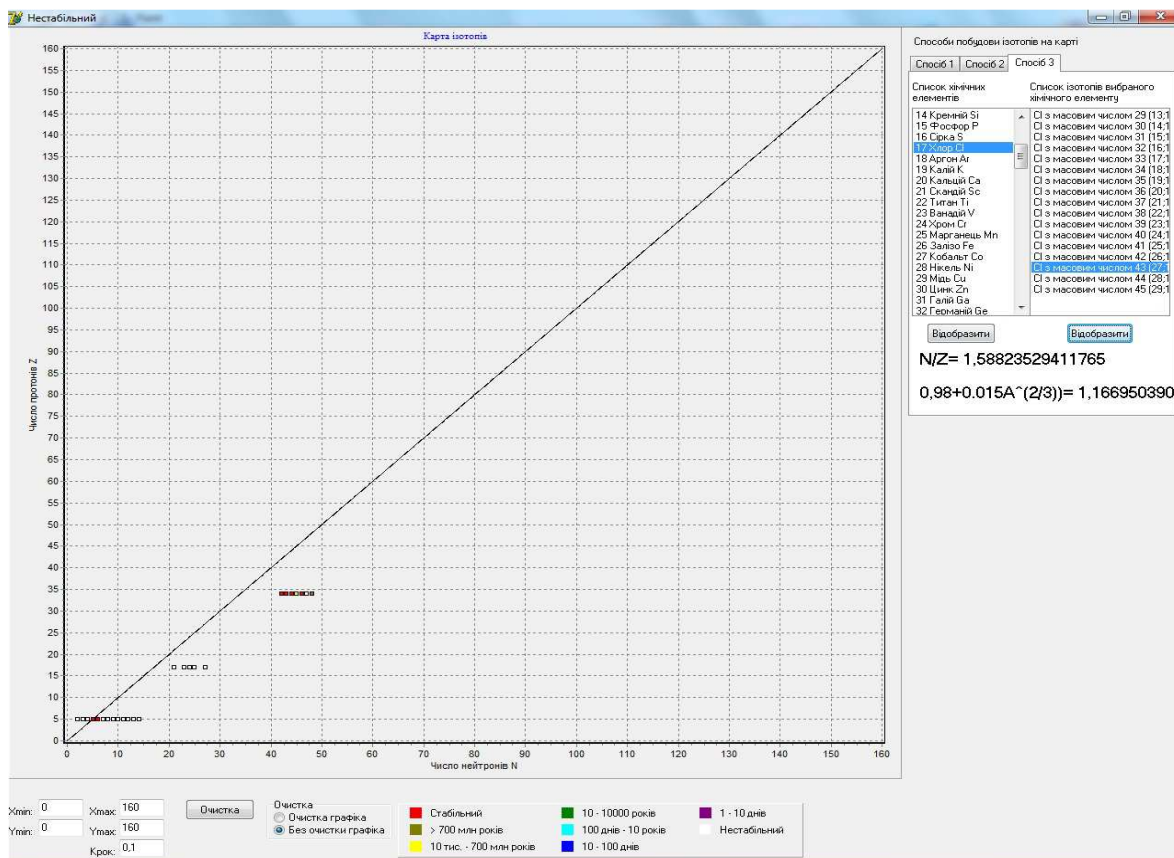


Рис. 11. Побудова ізотопів, вибираючи зі списку

відношення числа нейтронів до числа протонів $\frac{N}{Z}$ даного ізотопу.

Дану програму можна застосовувати для вивчення фізики атомного ядра й особливостей систематики ядер.

4. ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Отже, моделювання динамічної моделі долини стійкості атомних ядер періодичної системи елементів, визначення параметрів стійкості кожного ядра, інших властивостей ядер, автоматизований режим формул тощо дає можливість унаочнити навчальний матеріал ядерної фізики у школі, дозволяє здійснювати дослідницькі операції з моделями ядер. Такий підхід сприяє формуванню наукового фізичного світогляду суб'єктів навчання, переконливо показує, як за допомогою математичного комп'ютерного моделювання можна досліджувати ядерні процеси за певних визначених параметрів. За допомогою такого моделювання можна створювати

вважаючи суб'єктів навчання образи, що запам'ятовуються. Такі наочні образи стимулюють розуміння і пам'ять важливих деталей розглядуваних явищ більше, ніж відповідне математичне рівняння. Моделювання дозволяє придати наочності абстрактним законам і концепціям, акцентувати увагу учнів на важливих деталях розглядуваного явища. Графічне відображення результатів моделювання на екрані комп'ютера водночас з анімацією явища або процесу, які вивчаються, дозволяє суб'єктам навчання легко сприймати великі обсяги інформації.

Вказані переваги моделювання порівняно з традиційним викладом навчального матеріалу можливо ефективно реалізувати тільки з використанням високоякісних програмних продуктів, спеціально розроблених для навчального процесу.

Перспективи подальшого дослідження полягають у розширенні меж визначених шляхів моделювання інших властивостей ядер, які мало ілюстровані, перенесення розроблених програм на всі теми розділу фізики високих енергій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гуржій А. М. Інформатизації, комп'ютеризації загальноосвітніх навчальних закладів України – 20 років / А. М. Гуржій, В. Ю. Биков, В. В. Гапон, М. Я. Плескач // Комп'ютер у школі та сім'ї. – № 5. – 2005. – С. 3–11.
2. Єчкало Ю. В. Комп'ютерне моделювання фундаментальних фізичних експериментів / Ю. В. Єчкало // Вісник Чернігівського державного педагогічного університету імені Т. Г. Шевченка. – Чернігів, 2011. – Вип. 89. – С. 255–259. – (Серія: Педагогічні науки).
3. Жалдак М. І. Комп'ютерно-орієнтовані засоби навчання математики, фізики, інформатики : [посібн. для вчит.] / М. І. Жалдак, В. В. Лапінський, М. І. Шут. – К. : НПУ імені М. П. Драгоманова, 2004. – 182 с.
4. Жук Ю. О. Використання засобів нових інформаційних технологій у навчальній дослідницькій діяльності / Ю. О. Жук // Фізика та астрономія в школі. – 1997. – № 3. – С. 4–7.
5. Закон України «Про основні засади розвитку інформаційного суспільства в Україні на 2007–2015 роки» від 09.01.2007 р. – № 537-V, редакція 09.01.2007.
6. Калапуша Л. Р. Комп'ютерне моделювання фізичних явищ і процесів: [навч. посібн.] / Л. Р. Калапуша, В. П. Муляр, А. А. Федонюк. – Луцьк : Вежа, 2007. – 190 с.
7. Каплун С. В. Спецкурс для вчителів «Моделювання та експеримент у навчальному процесі з фізики» / С. В. Каплун // Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. – Чернігів, 2011. – Вип. 89. – С. 278–281. – (Серія: Педагогічні науки).
8. Коршак Є. В. Фізика. 11 клас. Рівень стандарту : [підручник] / Є. В. Коршак, О. І. Ляшенко, В. Ф. Савченко. – К. : Генеза, 2011. – 256 с.
9. Костенко Н. Досвід контент-аналізу: моделі та практики : [монографія] / Наталія Костенко, Валерій Іванов. – К. : Центр вільної преси, 2003. – 44 с.
10. Кузьменко Б. В. Моделювання систем : [навч. посібник для студ. напряму 6.050101 «Комп'ютерні науки»] / Б. В. Кузьменко, О. А. Чайковська. – К. : Вид. відділ КНУКіМ, 2009. – 135 с.
11. Кучерук І. М. Загальний курс фізики / І. М. Кучерук, І. Т. Горбачук. – К. : Техніка, 1999. – Т. 3. Оптика. Квантова фізика. – 520 с.
12. Рамський Ю. С. Комп'ютерне моделювання фізичного процесу у різних програмних середовищах / Ю. С. Рамський, С. А. Хазіна // Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. – К., 2008. – № 6 (13). – С. 93–97. – (Серія № 2. Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання).
13. Садовий М. І. Застосування ІКТ для дослідження систем з найменшою енергією / М. І. Садовий, М. В. Хомутенко, О. М. Трифонова // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. – Кам'янець-Подільський, 2013. – Вип. 19: Інноваційні технології управління якістю підготовки майбутніх учителів фізико-технологічного профілю. – С. 234–237. – (Серія педагогічна).
14. Сумський В. І. Методика і теорія застосування ЕОМ у процесі вивчення фізики у педагогічних закладах : [монографія] / В. І. Сумський. – Вінниця : ВДПУ, 2003. – 380 с.
15. Теплицький І. О. Віртуальний фізичний лабораторний практикум» як актуальна проблема сучасної дидактики / І. О. Теплицький, С. О. Семеріков // Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики. – Кривий Ріг, 2004. – Вип. 4, Т. 2: Теорія та методика навчання фізики. – С. 414–421.

16. Хусаїнов Д. Я. Моделювання динамічних систем : [навч. посіб.] / Д. Я. Хусаїнов, І.І. Харченко, А. В. Шатирко. – К. : Київський ун-т, 2011. – 135 с.
17. Ципенюк Ю. М. Долина ядерной стабильности / Ю. М. Ципенюк // Соросовский образовательный журнал. – 1999. – № 5. – С. 85–90.
18. Чеховський С. А. Математичне моделювання фізичних процесів : [навч. посібн.] / С. А. Чеховський. – Івано-Франківськ : Факел, 2003. – 174 с.
19. Глоссарий [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://glossary.ccteam.ru/>.

Матеріал надійшов до редакції 09.02.2015 р.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В АТОМНОМ ЯДРЕ

Хомутенко Максим Владимирович

учитель физики и информатики

Добровеличковская общеобразовательная школа I–III степеней № 1 Добровеличковской районной государственной администрации Кировоградской области, пгт. Добровеличковка, Кировоградская обл., Украина

makc156@mail.ru

Садовой Николай Ильич

доктор педагогических наук, профессор, проректор по научной работе; заведующий кафедрой теории и методики технологической подготовки, охраны труда и безопасности жизнедеятельности; профессор кафедры физики и методики её преподавания

Кировоградский государственный педагогический университет имени Владимира Винниченко, г. Кировоград, Украина

smikdpu@i.ua

Трифоновна Елена Михайловна

кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры физики и методики её преподавания

Кировоградский государственный педагогический университет имени Владимира Винниченко, г. Кировоград, Украина

olena_trifonova@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена вопросу использования информационно-коммуникационных технологий обучения для моделирования физического эксперимента по квантовой физике, в частности, исследованию «долины устойчивости». Проанализированы особенности процессов, происходящих в атоме и влияющих на устойчивость ядер и их расположение в долине устойчивости ядер. Актуальность исследования заключается в необходимости активизации процесса использования моделей и моделирования, абстрагирования и идеализации и аналогии в учебном процессе по физике. Создание идеализированных объектов, в частности, долины устойчивости ядер, помогает в первом приближении прийти к истине и повысить качество овладения знаниями по физике, способствует повышению уровня успешности освоения знаний и умений, так как направлено на формирование взаимосвязи между физическими понятиями, теориями и законами.

Ключевые слова: моделирование физического эксперимента; долина устойчивости; информационно-коммуникационные технологии; дидактика физики; учебный процесс.

COMPUTER PROCESS SIMULATION IN THE ATOM NUCLEUS

Maksym V. Khomutenko

teacher of physics and informatics

Dobrovelychkivska school № 1, Kirovohrad region, Ukraine

makc156@mail.ru

Mykola I. Sadovyı

Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Vice-Rector on Scientific Work; Head of Technological Training, Occupational Health and Safety and Vital Functions Department; Professor of Physics and Methods of Teaching Department

Kirovohrad Volodymyr Vynnychenko State Pedagogical University, Kirovohrad, Ukraine
smikdpu@i.ua

Olena M. Tryfonova

PhD (pedagogical sciences), Associate Professor, Physics and Methods of Teaching Department
Kirovohrad Volodymyr Vynnychenko State Pedagogical University, Kirovohrad, Ukraine
olena_trifonova@mail.ru

Abstract. The article focuses on the use of teaching information and communication technology for physical experiments simulation on quantum physics, in particular, the study of the "valley of stability". The features of the processes occurring in the atom and affecting the nucleus stability and their location in the nucleus valley of stability are analyzed. The relevance of the study is the need to intensify the process of using models and simulations, abstraction and idealization and analogies in the educational process on physics. Idealized objects creation, in particular, the nucleus valley of stability, helps to reach a first approximation the truth and to improve the quality of mastering knowledge on physics, raise the level of success of the development of knowledge and skills, as it is directed on the formation of the relationship between physical concepts, theories and laws.

Key words: simulation of physical experiment; valley of stability; information and communication technologies; physics didactics; educational process.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Hurzhij A. M. Informatizations, computerizations of general educational establishments of Ukraine – 20 / A. M. Hurzhij, V. Yu. Bykov, V. V. Hapon, M. Ya. Pleskach // *Kompiuter u shkoli ta simi.* – № 5. – 2005. – S. 3–11 (in Ukrainian).
2. Yechkalo Yu. V. Computer design of fundamental physical experiments / Yu. V. Yechkalo // *Visnyk Chernihivskoho derzhavnogo pedahohichnoho universytetu imeni T. H. Shevchenka.* – Chernihiv, 2011. – Vyip. 89. – S. 255–259. – (Series: Pedagogical sciences) (in Ukrainian).
3. Zhaldak M. I. Computer-oriented facilities of studies of mathematics, physics, informatics: [a manual for teachers] / M. I. Zhaldak, V. V. Lapinskyj, M. I. Shut. – K. : NPU imeni M. P. Drahomanova, 2004. – 182 s. (in Ukrainian).
4. Zhuk Yu. O. The use of facilities of informative technology in educational research activity / Yu. O. Zhuk // *Fizyka ta astronomiia v shkoli.* – 1997. – № 3. – S. 4–7 (in Ukrainian).
5. Law of Ukraine On basic principles of development of informative society in Ukraine on 2007–2015 from 09.01.2007. – № 537-V, release 09.01.2007 (in Ukrainian).
6. Kalapusha L. R. Computer design of the physical phenomena and processes: [train aid] / L. R. Kalapusha, V. P. Mulyar, A. A. Fedonyuk. – Luck : Vezha, 2007. – 190 s. (in Ukrainian).
7. Kaplun S. V. The special course for teachers on design and experiment in educational process on physics / S. V. Kaplun // *Visnyk Chernihivskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu.* – Chernihiv, 2011. – Vyip. 89. – S. 278–281 – (Series: Pedagogical sciences). (in Ukrainian).
8. Korshak Ye. V. Physics. 11 grade. Level of standard: [textbook] / Ye. V. Korshak, O.I . Lyashenko, V. F. Savchenko. – K. : Heneza, 2011. – 256 s. (in Ukrainian).
9. Kostenko N. Experience of analysis of content: models and practices: [monograph] / Nataliya Kostenko, Valerij Ivanov. – K.: Centr vilnoyi presy, 2003. – 44 s. (in Ukrainian)
10. Kuzmenko B. V. Design of the systems: [educational manual for students 6.050101 «Computer sciences»] / B. V. Kuzmenko, O. A. Chajkovska. – K. : Vyd. viddil KNUKiM, 2009. – 135 s. (in Ukrainian).
11. Kucheruk I. M. Flat rate of physics / I. M. Kucheruk, I. T. Horbachuk. – K. : Texnika, 1999. – T. 3. Optics. Quantum physics. – 520 s. (in Ukrainian).
12. Ramskyj Yu. S. A computer design of physical process in different software environments / Yu. C. Ramskyj, S. A. Khazina // *Naukovyi chasopys NPU imeni M. P. Drahomanova.* – K., 2008. – № 6 (13). – S. 93–97. – (Series № 2. computer-oriented departmental teaching) (in Ukrainian).
13. Sadovyj M. I. Application of ICT for research of the systems with the least energy / M. I. Sadovyj, M. I. Khomutenko, O. M. Trifonova // *Zbirnyk naukovykh prats Kamianets-Podil'skoho natsionalnoho universytetu imeni Ivana Ohienka.* – Kam'ianets'-Podil's'kyi, 2013. – Vyip. 19: Innovative technologies

- of quality management of preparation of future teachers of physics-technological profile. – S. 234–237. – (Series are pedagogical) (in Ukrainian).
14. Sumskyi V. I. Methodology and theory of computer application in the process of study of physics in pedagogical establishments : [monograph] / V. I Sumskyi. – Vinnytsya : VDP, 2003. – 380 s. (in Ukrainian).
 15. Teplytskyi I. O. «Virtual physical laboratory practical work» as issue of the day of modern didactics / I. O. Teplytskyi, S. O. Semerikov // Theory and methodology of studies of mathematics, physics, informatics. – Kryvyi Rih, 2004. – Vyp. 4, T. 2: Theory and methodology of studies of physics. – S. 414–421 (in Ukrainian).
 16. Khusainov D. Ya. Design of the dynamic systems: [train aid] / D. Ya. Khusainov, I. I. Kharchenko, A. V. Shatyko. – K. : Kyiv un-t, 2011. – 135 s. (in Ukrainian).
 17. Tsypeniuk Yu. M. Valley of nuclear stability / Yu. M. Tsypeniuk // Sorosovskij obrazovatel'nyj zhurnal. – 1999. – № 5. – S. 85–90 (in Russian).
 18. Chekhovskiy S. A. Mathematical design of physical processes: [train aid] / S. A. Chekhovskiy. – Ivano-Frankivsk : Fakel, 2003. – 174 s. (in Ukrainian).
 19. Glossary [online]. – Available from : <http://glossary.ccteam.ru/> (in Russian).