УДК 378.147:53[519.673+004.023]

Н.В. Подопригора

Кіровоградський державний педагогічний університет імені Володимира Винниченка

РЕАЛІЗАЦІЯ ПРИКЛАДНОЇ СПРЯМОВАНОСТІ НАВЧАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ ФІЗИКИ НА ОСНОВІ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНОГО ПІДХОДУ: ЗАДАЧА ПРО АТОМ ГІДРОГЕНУ

В статті обґрунтовано доцільність реалізації інформаційно-комунікаційного підходу до навчання студентів математичних методів фізики і теоретичної фізики. Розкриті методичні можливості запровадження у навчальний процес прикладних математичних пакетів, що сприяє підвищенню якості фізико-математичної підготовки майбутніх вчителів і викладачів фізики, розвитку їх інтелектуальних здібностей, формуванню професійної культури в галузі фізико-математичних наук, які будуть жити і працювати в інформаційному суспільстві. Представлено один з варіантів реалізації прикладної спрямованості навчання математичним методам фізики з позицій квантово-механічного опису стану електрона в одновимірному центральносиметричному полі ядра атома гідрогену. Розрахунок поліномів Лаґерра, нормувальних коефіцієнтів радіальних складових хвильових функцій та розподілу густини ймовірності перебування електрона в атомі здійснено за допомогою інформаційного математичного пакету Mathcad.

Ключові слова: *інформаційно-комунікаційний підхід, математичні методи фізики, теоретична фізика, квантова механіка, атом гідрогену, поліноми Лежандра, поліноми Лагерра, математичний пакет Mathcad.*

Постановка проблеми. Сучасне інформаційне суспільство ставить перед системою вищої освіти нові завдання щодо підготовки майбутніх вчителів і викладачів фізики, здатних діяти в складних життєвих ситуаціях, набувати досвід розв'язання проблем у професійній галузі знань, критично мислити, приймати відповідальні рішення, що ґрунтуються на набутому досвіді, власній життєвій позиції та сформованому світогляді. Досягти таких результатів у навчанні можна завдяки упровадженню компетентнісного підходу, що розглядається як один із напрямів модернізації вищої освіти України [1] і такий, що передбачає формування у майбутнього фахівця професійної компетентності – готовності і здатності ефективно діяти в різних сферах професійної діяльності і життєдіяльності. Чільне місце у структурі професійної компетентності майбутнього вчителя та викладача фізики посідає фізико-математична складова, що формується у процесі їх фундаментальної, природничо-математичної підготовки, результатом якої є здатність особистості до застосування набутого досвіду навчальної діяльності у подальшій професійній діяльності та життєдіяльності, психологічну і теоретичну готовність до інновацій як у змісті, так і технологіях навчання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема формування й розвитку професійної компетентності майбутнього вчителя і викладача фізики загалом і математичної у навчанні теоретичної фізики зокрема перебуває на початковому етапі свого розв'язання. Різні її аспекти висвітлювалися в працях українських та зарубіжних учених: загальні основи впровадження компетентнісного підходу в професійну підготовку майбутніх вчителів фізики (П.С. Атаманчук, О.І. Іваницький, О.І. Ляшенко, В.Д. Шарко та ін.); методологічні засади формування та розвитку предметної компетентності у навчанні теоретичної фізики (І.О. Мороз, О.А. Коновал та ін.); психологічні основи розвитку ключових компетентностей (Г.О. Балл, І.А. Зимня, О.О. Хуторський та ін.), теоретичні основи формування інформаційно-комунікаційних компетентностей (Б.Ю. Биков, С.О. Семеріков, Ю.В. Триус та ін.) через реалізацію предметного змісту навчання фізики (Ю.П. Бендес, С.П. Величко, В.Ф. Заболотний та ін.).

Праці науковців із досліджуваної проблеми вказують на те, що накопичено значний досвід і фактичний матеріал щодо формування у майбутніх вчителів і викладачів фізики професійної компетентності. Втім слід констатувати, що реалізація традиційного формально-логічного підходу до організації навчально-пізнавальної діяльності студентів в курсі теоретичної фізики не забезпечує формування математичної компетентності з фізики – інтегрованої характеристики особистісних якостей студента, що характеризує його готовність і здатність використовувати у навчальній і професійній діяльності методи математичного моделювання фізичних систем, явища або процесу у фізичній системі з точки зору законів або принципів фізики у прийнятих теоретичних схемах [5]. Реалізація компетентнісного підходу до навчання математичних методів теоретичної фізики у фаховій підготовці майбутніх вчителів і викладачів фізики виявляє суперечність між рівнем сучасних методологічних знань теоретичної фізики, заснованих на методах математичної фізики із залученням сучасних комп’ютерних технологій, та рівнем оволодіння ними студентами педагогічних університетів. Подолання зазначної суперечності є значущою поблемою, а відтак відчувається потреба в розробці і науковому обґрунтуванні таких методичних прийомів, які б сприяли запровадженню сучасних засобів інформаційно-комунікаційних технологій в курс теоретичної фізики.

Встановлено, що інформаційний підхід є дидактичною умовою навчання математичних методів фізики, реалізація предметного змісту яких у навчально-пізнавальній діяльності студентів має два напрями [5]: *предметно-інформаційний,* який покликаний сформувати здатність студента до математичного моделювання фізичних систем і опанування методами дослідження коректності утворених при цьому математичних задач, методами побудови дискретних аналогів диференціальних рівнянь і алгоритмів їх розв’язку, здійснення обчислювального експерименту із залученням комп’ютерної техніки, останнє потребує навичок програмування; *інформаційно-комунікаційний*, який передбачає запровадження у навчальний процес засобів ІКТ, ліцензійного і вільно поширювального програмного забезпечення, математичних пакетів, мережі Інтернет, освоєння студентами прикладного програмного забезпечення. Реалізація зазначених підходів у навчанні студентів математичних методів фізики і теоретичної фізики сприяє формуванню не лише базових фізико-математичних, але й ключових компетентностей, таких як готовність і здатність майбутнього фахівця застосовувати інформаційно-комунікаційні і комп’ютерні технології в подальшій навчальній і професійній діяльності. При цьому слід враховувати досвід застосування студентами: 1) комп’ютерної техніки; 2) засобів ІКТ і засноване на цьому досвіді розуміння ролі ІКТ як інтелектуального інструментарію в професійній діяльності.

Метою статті є представлення прикладної спрямованості навчання математичних методів фізики щодо реалізації інформаційно-комунікаційного підходу до розв'язання задачі про атом гідрогену.

Виклад основного матеріалу. В курсі теоретичної фізики розв'язок задачі про атом гідрогену здійснюється в межах теоретичної схеми квантової механіки, якою розроблено універсальний механізм теоретичних узагальнень методами математичних гіпотез, модельних гіпотез і принципів дослідження матерії на мікрорівні. За базову модель обираємо *хвильову функцію*, яка є математичним образ того хвильового поля, що приписується кожній частинці у тих або інших гіпотетичних умовах. Особливість такого підходу полягає в тому, що базова математична модель не має фізичного змісту, але виявляється зручною для реалізації принципу суперпозиції скалярних полів. Додавання хвильових функцій, а не множення ймовірностей квантових станів фізичної системи – найважливіша особливість принципу суперпозиції в мікросвіті. Завдяки цьому хвильова функція є більш простим математичним об'єктом для опису стану мікрооб'єкту, відображаючи статистичний, ймовірнісний характер квантових законів.

З позицій функцій навчального пізнання модель хвильової функції, не маючи аналогів серед спостережуваних, є складним поняттям для розуміння студентами і традиційним формально-логічним підходом не забезпечується через відсутність стійкої семіотичної оболонки між {спостережуваним об'єктом, його математичним образом, суб'єктом навчання}. Втім на рівні теоретичних узагальнень математичних гіпотез теоретичної фізики є можливість залучення інших механізмів пізнання засобами математичного моделювання, реалізованих на засадах інформаційного підходу.

Для формування у студентів здатності до теоретичних узагальнень в курсі теоретичної фізики важливою виявляється їх готовність застосовувати у навчанні математичних методів фізики, в квантовій механіці – теорії операторів і групи операторів на спеціальних нормованих просторах, Гільбертових, що визначають самоспряжені, нормальні, унітарні, додатні оператори та інші [2]. З їх допомогою здійснюється числовий аналіз задач математичної фізики варіаційними методами [6], а в навчальних курсах – обґрунтується фізичний зміст операторів квантової механіки в координатному зображенні [4, с. 84-90].

Досліджуючи рух частинки у центральносиметричному полі за допомогою теорії операторів, вдається відшукати власні функції і власні значення тих операторів квантової механіки, які є одночасно спостережуваними. Зокрема, до групи самоспряжених комутативних операторів в координатному зображенні для електрона в атомі гідрогену належать оператори проекції його орбітального моменту імпульсу, квадрата моменту імпульсу і повної механічної енергії. Оскільки електрон перебуває у центральносиметричному полі ядра атома, тому вибір сферичної системи координат для опису його квантово-механічного стану є раціональним. Для стаціонарного випадку хвильова функція електрона є залежною від трьох координатних змінних – радіальної $R(r)$ і кульової $Y(\theta,\varphi)$.

Серед проекцій оператора орбітального моменту імпульсу електрона в сферичній системі координат найпростіший $\hat{L}_z = -i\hbar\frac{\partial}{\partial\varphi}$, його рівнянням є:

$$-i\hbar\frac{\partial}{\partial\varphi}\Phi(\varphi)=L_z\Phi(\varphi),$$

де $L_z = m\hbar$ – спектр власних значень оператора $\widehat{L}_z$, $\Phi_m(\varphi)=C_m e^{im\varphi}$ – спектр власних функцій оператора $\widehat{L}_z$, $m=0,\pm1,\pm2,\ldots$. – магнітне квантове число. Фізичний зміст спектру власних значення L_z узгоджується із спостережуваними характеристиками частинки – проекціями орбітального моменту імпульсу електрона в атомі гідрогену на вісь $0z$.

Оператору квадрата моменту імпульсу $\hat{L}^2=-\hbar^2\vec{\nabla}^2_{\theta,\varphi}=-\hbar^2\left(\frac{1}{\sin\theta}\frac{\partial}{\partial\theta}\left(\sin\theta\frac{\partial}{\partial\theta}\right)+\frac{1}{\sin^2\theta}\frac{\partial^2}{\partial^2\varphi}\right)$ відповідає операторне рівняння:

$$-\hbar^2\left(\frac{1}{\sin\theta}\frac{\partial}{\partial\theta}\left(\sin\theta\frac{\partial}{\partial\theta}\right)+\frac{1}{\sin^2\theta}\frac{\partial^2}{\partial^2\varphi}\right)\mathrm{Y}(\theta,\varphi)=L^2\mathrm{Y}(\theta,\varphi),$$

– *це рівняння Лежандра*, його загальному розв'язку задовольняють *функції Лежандра* [4, с. 148-154]. Отже, кульові функції $\mathrm{Y}_l^m(\theta,\varphi)$ мають вигляд:

$$\mathrm{Y}_l^m(\theta,\varphi)=\sqrt{\frac{(2l+1)(l-|m|)!}{4\pi(l+|m|)!}}P_l^m(\cos\theta)\,e^{im\varphi}. \qquad (1)$$

У змінних $\xi=\cos\theta$ розв'язок (1) можна подати через $P_l^m(\xi)=\left(1-\xi^2\right)^{\frac{|m|}{2}}\frac{d^{|m|}}{d\xi^{|m|}}P_l\,(\xi)$ – *приєднані поліноми Лежандра*, де $P_l\,(\xi)=\frac{1}{2^l\,l!}\frac{d^l}{d\xi^l}\left(\left(\xi^2-1\right)\right)^l$ – *звичайні поліноми Лежандра*. Нормувальний множник $\mathrm{Y}_l^m(\theta,\varphi)$ обирають так, щоб ця функція була як ортогональною, так і нормованою на поверхні сфери:

$$\int_0^{\pi}\int_0^{2\pi}\mathrm{Y}^{*m'}_{l'}(\theta,\varphi)\mathrm{Y}_l^m(\theta,\varphi)\sin\theta d\theta d\varphi=\delta_{ll'}\delta_{mm'}.$$

Вагомим з позицій навчального пізнання є аналіз спектру власних значень оператора $\hat{L}^2$ щодо порівняння теоретичного і емпіричного наслідків дослідження. Зокрема, розв'язкам рівняння Лежандра задовольняє умова:

$$L^2=\hbar^2 l(l+1),\ \text{або}\ L=\hbar\sqrt{l(l+1)},$$

де $l=0,1,2,\ldots$ – орбітальне квантове число, кожне з яких має назву, запозичену із спектроскопії: $l=\mathrm{s,p,d,f,g},\ \ldots$, де s (sharp) – чіткий, виразний; p (principal) – головний; d (diffuse) – розмитий, дифузний; f (fundamental) – основний; g – наступний за f. У спектрі атома гідрогену відомо шість серій, кожна з яких пов'язана з *енергетичним станом* атома – це серії: Лайнмана (ультрафіолетова); Бальмера (видима); Пашена (близька інфрачервона); Брекета (середня інфрачервона); Пфунда (далека інфрачервона); Хемфрі (найбільш віддалена інфрачервона). Спектральна серія утворюється сукупністю характерних спектральних ліній, які йдуть одна за одною у певному порядку і порівняно близько розташовані одна від одної.

Радіальна складова хвильової функції $R(r)$ задовольняє радіальному рівнянню Шредінгера:

$$\vec{\nabla}_r^2 R(r) - \frac{l(l+1)}{r^2} R(r) + \frac{2m_e}{\hbar^2}(E - U(r))R(r) = 0,$$

де $U(r)$ – центральносиметричне одновимірне потенціальне поле, в якому перебуває електрон масою m_e на відстані r від центру поля $U(r)$, E – повна енергія електрона в гідрогені. Операторну форму цього рівняння $\hat{H}R(r) = ER(r)$ визначає оператор Гамільтона $\hat{H} = \hat{T} + U(r)$ для повної механічної енергії електрона в атомі. Очевидно, що розв'язок радіального рівняння Шредінгера залежить від характеру спостережуваного поля $U(r)$. З експериментальної фізики відомо, що поле нерухомого точкового ядра гідрогеноподібних атомів H, He^{+}, Li^{++}, Be^{+++}, B^{++++} і т.п. має вигляд $U(r) = -\frac{Ze^2}{4\pi\varepsilon_0 r}$. Це поле є центральносиметричним, одновимірним, стаціонарним, тому опис енергетичного стану електрона в гідрогені і задовольняє одновимірному, стаціонарному диференціальному рівнянню, під час розв'язування якого доцільно дотримуватись математичних правил зведення рівняння до безрозмірного канонічного вигляду. За такого підходу із логічною очевидністю з'ясовується фізичний зміст безрозмірних змінних: $\rho = \frac{\rho}{a}$ і $\varepsilon = \frac{E}{E_1}$, де $a = \frac{4\pi\varepsilon_0\hbar^2}{m_e e^2} = 0{,}0529$ нм; $E_1 = \frac{m_e e^4}{32\pi^2\varepsilon_0^2\hbar^2} = 13{,}5$ еВ, a – радіус першої Борівської орбіти, E_1 – енергія електрона на першій Боровській орбіті, що вказує на узгодженість параметрів радіального рівняння Шредінгера як із наслідками теорії Н. Бора, так і експериментальними фактами.

Враховуючи тип симетрії поля, доцільною є заміна змінних $R(\rho) = \frac{\nu(\rho)}{\rho}$, тоді безрозмірне радіальне рівняння Шредінгера матиме наступний вигляд:

$$\nu''(\rho) + \left(\varepsilon + \frac{2Z}{\rho} - \frac{l(l+1)}{\rho^2}\right)\nu(\rho) = 0.$$

Враховуючи загальні властивості радіальних хвильових функцій підбираємо загальний розв'язок цього рівняння: $\nu(\rho) = f(\rho)e^{-\lambda\rho}$, де $\lambda = \sqrt{-\varepsilon}$, а амплітуда $f(\rho)$ задовольнятиме диференціальному рівнянню:

$$f''(\rho) - 2\lambda f'(\rho) + \left(\frac{2Z}{\rho} - \frac{l(l+1)}{\rho^2}\right)f(\rho) = 0. \qquad (2)$$

Втім це рівняння має особливі точки коли $\rho = 0$. Для їх усунення загальний розв'язок рівняння (2) доцільно подати у вигляді степеневого ряду $f(\rho) = \sum_{\nu=0}^{\infty} a_\nu p^{\nu+l+1}$, який на певному граничному значенні $n_r = 0, 1, 2, \ldots$ (радіальне квантове число) слід обірвати, перетворюючи у многочлен $f(\rho)=\sum_{\nu=0}^{n_r} a_\nu p^{\nu+l+1}$.

Зв'язок між коефіцієнтами ряду визначатиме рекурентна формула:

$$a_{\nu+1}=\frac{2\lambda(\nu+l+1)-2z}{(\nu+l+2)(\nu+l+1)-l(l+1)}a_\nu, \qquad (3)$$

згідно якої, починаючи з $\nu=n_r$, степеневий ряд перетворюється у многочлен коли $a_{n_r}\neq 0; a_{n_r+1}=a_{n_r+2}=...=0$, $n_r=0,1,2,...$, тобто коли $2\lambda(n_r+l+1)-2z=0$, або $\lambda=\dfrac{Z}{n_r+l+1}$. Якщо ввести поняття головного квантового числа $n=n_r+l+1$, тоді враховуючи, що $n_r=0,1,2,...$; $l=0,1,2,...$, отримуємо, що $n=1,2,...$ Оскільки $\lambda=\sqrt{-\varepsilon}$, а $\varepsilon=E/E_1$, $E_1=\dfrac{m_e e^4}{32\pi^2\varepsilon_0^2\hbar^2}=13{,}59$ еВ, енергетичний спектр електрона поблизу ядра атома гідрогену визначатиметься як $E_n=-\dfrac{m_e Z^2 e^4}{32\pi^2\varepsilon_0^2\hbar^2 n^2}$, $n=1,2,...$

Аналіз результатів розв'язку: 1) енергетичний спектр електрона в гідрогеноподібному атомі – дискретний; 2) одержані рівні енергії співпадають із тими, що одержані в теорії Н. Бора; 3) на відміну від теорії Н. Бора, де спеціально потрібно було домовлятися, що $n\neq 0$, в квантовій теорії є очевидним наслідком оскільки $n=n_r+l+1$, $n_r=0,1,2,...$, $l=0,1,2,...$ $\Rightarrow$ $n_{\min}=1$; 4) картина енергетичних рівнів нееквідистантна і має вигляд діаграми Гротріан.

Втім щодо реалізації інформаційно-комунікаційного підходу до розв'язування задачі значний інтерес має аналіз спектру хвильових функцій:

$$R(\rho)=\mathrm{v}(\rho)/\rho;\ \mathrm{v}(\rho)=f(\rho)e^{-\lambda\rho};\ f(\rho)=\sum_{\nu=0}^{n_r} a_\nu p^{\nu+l+1},$$

де коефіцієнти a_ν і $a_{\nu+1}$, зв'язані між собою рекурентним співвідношенням (3). Щоб остаточно визначити всі коефіцієнти ряду $f(\rho)$, необхідно відшукати перший a_0 з *умови нормування* $\int_0^\infty |R(\rho)|^2\rho^2 d\rho=1$. Якщо замість змінної ρ використати $\xi=\dfrac{2Z\rho}{n}$ або $\xi=\dfrac{2Zr}{an}$, тоді радіальну хвильову функцію вдається подати у вигляді *поліномів Лаґерра* [4, с. 156-158]:

$$R_{nl}(\xi)=N_{nl}e^{-\frac{1}{2}\xi}\xi^l L_{n+l}^{2l+1}(\xi), \qquad (4)$$

де $L_k=e^\xi\dfrac{d^k}{d\xi^k}\left(e^{-\xi}\xi^k\right)$ – поліноми Лаґерра k-го порядку; $L_k^s(\xi)=\dfrac{d^s}{d\xi^s}L_k(\xi)=\dfrac{d^s}{d\xi^s}\left[e^\xi\dfrac{d^k}{d\xi^k}\left(e^{-\xi}\xi^k\right)\right]$ – зведені поліноми Лаґерра. У нашому випадку $k=n+l; s=2l+1$. Поліноми задовольняють рівнянню Лаґерра:

$$\left(L_{n+l}^{2l+1}(\xi)\right)'' - \frac{2Z}{n}\left(L_{n+l}^{2l+1}(\xi)\right)' + \left(\frac{2Z}{\rho} - \frac{l(l+1)}{\rho^2}\right)L_{n+l}^{2l+1}(\xi) = 0, \qquad (5)$$

узгоджуючись за типом, із диференціальним рівнянням (2).

Отже, з умови нормування знаходять $N_{nl} = \frac{1}{(2l+1)!}\sqrt{\frac{(n+l)!}{2n(n-l)!}\left(\frac{2Z}{an}\right)^{3/2}}$, і остаточно $R_{nl}(\xi) = \frac{1}{(2l+1)!}\sqrt{\frac{(n+l)!}{2n(n-l)!}\left(\frac{2Z}{an}\right)^{3/2}}\, e^{-\frac{1}{2}\xi}\xi^l L_{n+l}^{2l+1}(\xi)$, де $L_{n+l}^{2l+1}(\xi) = \frac{d^{2l+1}}{d\xi^{2l+1}}\left[e^{\xi}\frac{d^{n+l}}{d\xi^{n+l}}\left(e^{-\xi}\xi^{n+l}\right)\right]$.

Основною перевагою математичного моделювання, реалізованого за допомогою математичних методів є можливість здійснення обчислювального експерименту із залученням засобів ІКТ. Тоді інтегральні наслідки рівнянь Лежандра або Лагерра можна представити на засадах комп’ютерного моделювання. У навчальних цілях комп’ютерне моделювання можна здійснити з двох позицій – предметно-інформаційного і інформаційно-комунікаційного підходів. Для реалізації першого підходу доцільно [3]: розглянути методологічні аспекти моделювання фізичних систем та типові математичні схеми і на конкретних прикладах проаналізувати методи дискретного і неперервного, стохастичного і детермінованого моделювання, виконати відповідний обчислювальний експеримент. Враховувати, що в цьому випадку від студента потрібні й навички програмування. У другому випадку проблема програмування відсутня, втім студент має володіти інформаційно-комунікаційною компетентністю – здатністю застосовувати готові програмні продукти у навчальній діяльності, наприклад, інформаційні математичні пакети.

Реалізацію інформаційно-комунікаційного підходу до задачі про атом гідрогену нами здійснено за допомогою математичного пакету Mathcad. На рисунках представлені скіншоти екрану результатів обчислень, виконаних такою програмою щодо обрахунків кілька зведених поліномів Лаґерра (рис. 1), нормувальних коефіцієнтів радіальної хвильової функції (рис. 2 а) і густини ймовірності реалізації квантового стану 1s електрона в гідрогені (рис. 2 б). Останній результат з методичної точки зору має особливо важливе значення для представлення узгодженості теоретичних і емпіричних наслідків дослідження.

Отже, результати розв’язування задачі про електрон в атомі гідрогену може бути представлений у вигляді: а) хвильових функцій електрона $\psi_{nlm}(r,\theta,\varphi) = R_{nl}(r)Y_{lm}(\theta,\varphi)$, де $R_{nl}(r)$ – її радіальні складові, які є зведеними поліномами Лаґерра; кульові $Y_{lm}(\theta,\varphi)$ – зведеними поліномами Лежандра; б) спектром власних значень операторів для одночасно спостережуваних величин: $L_z = m\hbar$, де $m = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots$; $L = \hbar\sqrt{l(l+1)}$, де $l = 0, 1, 2, \ldots$; $E_n = -\frac{m_e Z^2 e^4}{32\pi^2\varepsilon_0^2\hbar^2 n^2}$, $n = 1, 2, \ldots$, або в) відповідно системою квантових чисел n, l і m.

Слід зауважити, що енергія атома, залежить від n і не залежить від l і m, тому заданому E_n відповідає кілька хвильових функцій. Для певного l число m набуває $2l+1$ різних значень, тоді кількість хвильових функцій які відповідають n визначатиметься за допомогою арифметичної прогресії $N = \sum_{l=0}^{n-1}(2l+1) = n^2$. Тобто E_n відповідає n^2 різних хвильових функцій, такий стан називають виродженим, кратність виродження дорівнює n^2. Оскільки експерименти вказують на те, що цього виродження бути не повинно, то його називають «випадковим». Це пов'язано із врахуванням того, що $U(r) \sim \frac{1}{r}$ (ізотропністю поля) це й пояснює виродження по квантовому числу l в теоретичних обрахунках.

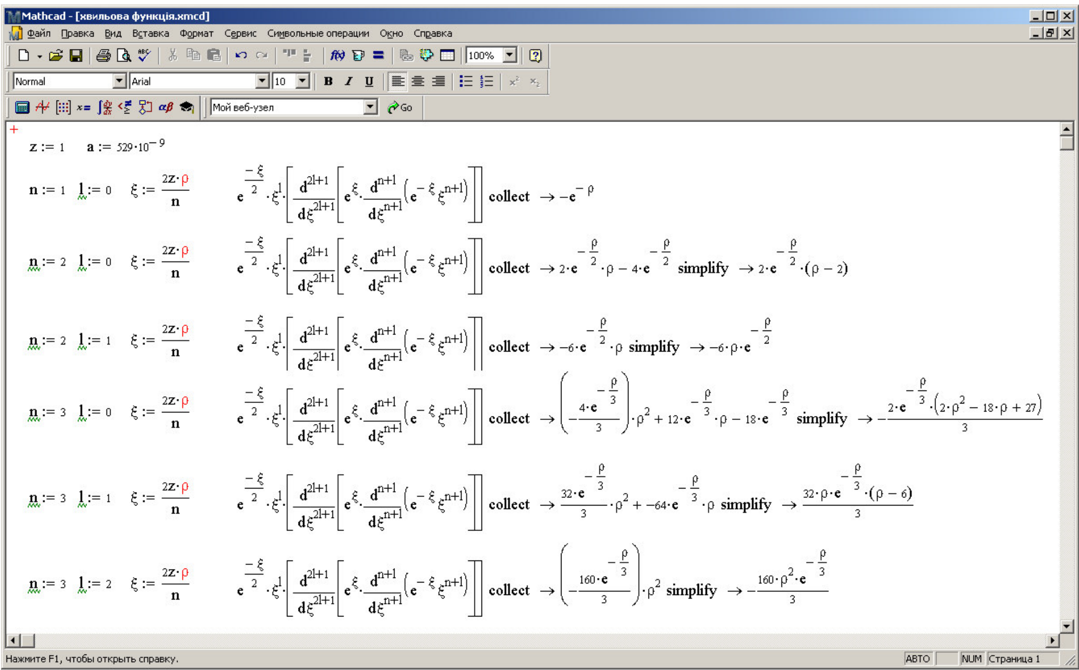
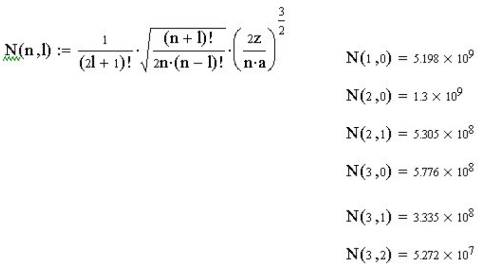
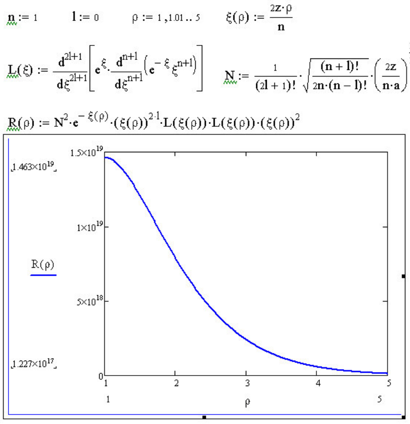


Рис. 1. Обрахунок зведених поліномів Лаґерра за допомогою Mathcad.



(а)



(б)

Рис. 2. Обрахунок нормувальних коефіцієнтів радіальних хвильових функцій (а) для декілька квантових станів електрона в гідрогені, густини ймовірності перебування електрона в 1s стані (в) за допомогою Mathcad.

Висновки. Вагомою характеристикою особистісних якостей студентів, які вивчають математичні методи фізики і теоретичну фізику – інформаційно-комунікаційна компетентність, що формується і розвивається за рахунок їх предметного змісту. Це потребує розробки або удосконалення системи прикладних практико орієнтованих завдань до організації навчальної діяльності студентів через: встановлення і реалізацію міждисциплінарних зв'язків; запровадження у навчальний процес комп'ютерних технології у поєднанні з традиційними технологіями навчання, розробки і запровадження адекватних цілям навчання теоретико-методичних основ, що сприяють активізації навчально-пізнавальної діяльності студентів, пізнавального інтересу, розвитку теоретичного і критичного мислення тих, хто навчається і ін. Перспективи подальших розвідок ми вбачаємо у розробці системи практико орієнтованих задач для курсу теоретичної фізики з метою формування методичної складової професійної компетентності майбутнього вчителя і викладача фізики.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Закон «Про вищу освіту» [Електронний ресурс] / Верховна Рада України; Закон від 01.07.2014 № 1556-VII. – Режим доступу : http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1556-18/paran77#n77. – Документ 1556-18, чинний. – Редакція від 01.01.2015, підстава 76-19.

2. Колмогоров А.Н. Элементы теории функций и функционального анализа / Колмогоров А.Н., Фомин С.В. – [7-е изд.]. – М. : Физматлит, 2004. – 572 с.

3. Майер Р.В. Компьютерное моделирование: учебно-методическое пособие для студентов педагогических вузов [Электронное учебное издание на компакт-диске] / Майер Р.В. – Глазов: Глазов. гос. пед. ин-т, 2015. –24,3 Мб. – Режим доступу: http://maier-rv.glazov.net/Komp_model.htm

4. Подопригора Н.В. Математичні методи фізики: навч. посібник [для студ. ф.-м. фак-тів вищ. пед. навч. закл.] / Подопригора Н.В., Трифонова О.М., Садовий М.І. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2012. – 300 с.

5. Подопригора Н.В. Методична система навчання математичних методів фізики у педагогічних університетах: Монографія / Н.В. Подопригора. – Кіровоград: ФО-П Александрова М.В. – 512 с.

6. Савула Я.Г. Числовий аналіз задач математичної фізики варіаційними методами / Савула Я.Г. – Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2004. – 221 с.

Podoprygora N.V.

The Kirovohrad Volodymyr Vynnychenko State Pedagogical University

IMPLEMENTATION OF APPLIED ORIENTATION LEARNING MATHEMATICAL METHODS OF PHYSICS BASED ON INFORMATION AND COMMUNICATION APPROACH: THE PROBLEM OF THE HYDROGEN ATOM

In the article the problem of formation of future teachers of physics mathematical competence in physics. The scientists on the problem under consideration indicate that considerable experience was accumulated and the actual material on the formation of future teachers of physics at the mathematics knowledge and skills. However, it should be stated that the implementation of the traditional formal-logical approach to organization of educational-cognitive activity of students in the course theoretical physics provides a mathematical competence in physics. We considered Mathematical competence in physics, as integrated characteristic of personal qualities of the student. She describe willingness and ability to use in educational and professional activity methods of mathematical modeling of physical systems, phenomenon or process in the physical system from the point of view of the laws or principles of physics in accepted theoretical schemes. However, the implementation of competence-based approach to teaching mathematical methods of theoretical physics in the training of future teachers of physics finds a contradiction between the level of modern methodological knowledge of theoretical physics, based on methods of mathematical physics with the use of modern computer technologies, and the level of mastery of students of pedagogical universities. The overcoming of the contradiction is a significant problem, and consequently, there is a need for the development and scientific rationale for such methodological foundations that will facilitate the introduction of modern means of information and communication technologies in the course of theoretical physics. In this publication we showed the expediency and possibility of implementing information and communication approach to teaching students mathematical methods in physics *course of theoretical physics. Disclosed methodological possibility of introducing in the educational process applied mathematical packages, thereby increasing the quality of physical and mathematical preparation of the future teachers of physics. It promotes the development of intellectual abilities of those who received training, the formation of professional culture in the industry of physical and mathematical Sciences, who will live and work in the information society. We represent one embodiment of Applied orientation training mathematical physics from the standpoint of quantum-mechanical description of the electron in one-dimensional Centrally field hydrogen nucleus. To calculate the polynomials Lagerra, normality of the coefficients of the radial components of the wave functions, and density distributions of the probability of stay of the electron in the atom information is used the mathematical package Mathcad.*

Keywords: *information and communication approach, mathematical methods of physics, theoretical physics, quantum mechanics, hydrogen atom, Legendre polynomials, Laguerre polynomials, mathematical package Mathcad.*

Н.В. Подопригора
Кировоградский государственный педагогический університет имени Владимира Винниченко

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРИКЛАДНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ ОБУЧЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ФИЗИКИ НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННОГО ПОДХОДА: ЗАДАЧА ОБ АТОМЕ ВОДОРОДА

В статье обоснована целесообразность реализации информационно-коммуникационного подхода к обучению студентов математическим методам физики в курсе теоретической физики. Раскрыты методические возможности внедрения в учебный процесс прикладных математических пакетов, что способствует повышению качества физико-математической подготовки будущих учителей и преподавателей физики, развитию их, интеллектуальных способностей, формированию профессиональной культуры в отрасли физико-математических наук, которые будут жить и работать в информационном обществе. Представлен один из вариантов реализации прикладной направленности обучения математическим методам физики с позиций квантово-механического описания состояния электрона в одномерном центрально-симметрическом поле ядра атома водорода. Для вычисления полиномов Лагерра, нормировочных коэффициентов радиальных волновых функций, а также распределения плотности вероятности для электрона в атоме использован информационный математический пакет Mathcad.

Ключевые слова: *информационно-коммуникационный подход, математические методы физики, теоретическая физика, квантовая механика, атом водорода, полиномы Лежандра, полиномы Лагерра, математический пакет Mathcad.*

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА

Подопригора Наталія Володимирівна – кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри фізики і методики її викладання Кіровоградського педагогічного університету ім. В. Винниченко.

Коло наукових інтересів: проблеми фахової підготовки майбутніх вчителів і викладачів фізики у процесі навчання математичних методів фізики і теоретичної фізики.