

переконань, почуттів належності до свого народу й держави. Ефективність національно-патріотичного виховання покращується за умови використання певної системи наукової і художньої інформації: образно-символічної, історично-мистецької, навчально-пізнавальної, розвивально-виховуючої, практично-творчої.

Використана література:

1. Концепція національно-патріотичного виховання молоді. Міністерство України у справах сім'ї, молоді і спорту. Міністерство освіти і науки України. Міністерство оборони України. Міністерство культури і туризму України. №3754/981/538/49 від 27.10.2009.
2. *Ващенко Г.* Виховний ідеал / Г. Ващенко. – Полтава : Полтавський вісник, 1994.
3. *Олексюк-Казо Л. М.* Основи прикладної творчості. – К. : НПУ імені М. П. Драгоманова, 2006.
4. *Олексюк-Казо Л. М.* Практикум з декоративно-прикладної творчості. – К. : НПУ імені М. П. Драгоманова, 2004.

Олексюк-Казо Л. М. *Национально-патриотический потенциал декоративно-прикладного искусства.*

В статье рассмотрены вопросы патриотического воспитания и сформулированы условия формирования национально-патриотических убеждений будущих учителей технологий.

Ключевые слова: *национально-патриотическое воспитание, национально-патриотические убеждения, учитель технологии, декоративно-прикладное искусство.*

Oleksyuk-Kazo L. M. *National-patriotic potential of fine and applied arts.*

The questions of national-patriotic education and the conditions for the formation of national-patriotic beliefs of future teachers of technology were formulated in the article.

Keywords: *national-patriotic education, national-patriotic beliefs, a teacher of technology, decorative applied art.*

Павлова Н. Ю., Бойко Г. М.
Національний педагогічний університет
імені М. П. Драгоманова
Шевченко В. І.,
Інститут проблем матеріалознавства
імені І. М. Францевича
НАН України

ВИКОРИСТАННЯ ЧИСЛОВИХ МЕТОДІВ ПРИ ВИКЛАДАННІ КУРСУ КВАНТОВОЇ МЕХАНІКИ СТУДЕНТАМ ФІЗИЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ В ПЕДАГОГІЧНОМУ УНІВЕРСИТЕТІ

У статті представлено можливі напрями впровадження числових методів комп'ютерного моделювання в підготовку майбутніх фахівців-фізиків та теоретично обґрунтовано доцільність використання їх при викладанні квантової механіки в університеті

Ключові слова: *квантова механіка, числові методи, комп'ютерне моделювання, мова програмування Python.*

Сучасність характеризується стрімким зростанням обсягу знань про мікросвіт і квантова механіка відіграє в цьому визначальну роль. Завдячуючи квантовій механіці ми розуміємо сутність явищ молекулярної, атомної, ядерної та суб'ядерної фізики.

За дев'яносто років свого розвитку квантова механіка перетворилась в фундаментальну фізичну теорію з глибоко розробленим математичним апаратом. Вона встановлює спосіб опису і закони руху мікрочастинок та їх систем, а також зв'язки між

величинами, які характеризують частинки і системи, з безпосередньо вимірюваними в експерименті фізичними величинами [6].

Квантова механіка, як розділ квантової фізики, традиційно вважається важкою для сприйняття студентами у наслідок складного математичного апарату. У таких умовах доцільним є використання числових методів комп'ютерного моделювання, які полегшують сприйняття складного теоретичного матеріалу та формують необхідні сучасному фахівцю інформативні компетентності.

Чисельне моделювання є невід'ємною складовою сучасної фундаментальної й прикладної науки та за важливістю воно наближується до традиційних експериментальних та теоретичних методів. Тому оволодіння вміннями "обчислювати" є важливою складовою підготовки майбутніх фахівців.

Також, слід звернути увагу на сучасні вимоги щодо змісту курсу квантової механіки педагогічного університету, що неможливо задовольнити без висвітлення числових методів експериментального дослідження мікросвіту.

Квантова механіка вивчається на фізичних спеціальностях педагогічних університетів в курсі загальної фізики та курсі теоретичної фізики, що дозволяє завершити формування фізичного мислення майбутніх фахівців.

Дослідження навчальної літератури показує, що у переважній більшості сучасних підручників та навчальних посібників з квантової механіки [2, 3, 5] значна увага приділяється виключно аналітичним методам розв'язку квантовомеханічних задач. Такі методи дозволяють, якщо це можливо, знайти загальний розв'язок квантовомеханічної задачі. Разом з тим, в області практичного застосування квантової механіки здебільшого шукають частинні розв'язки та широко застосовують числові методи, що викликано значною складністю вирішуваних задач. Лише окремі автори [8] звертають увагу на можливість використання в навчальному процесі комп'ютерних моделей та приводять тексти програм на мові програмування Сі.

В наш час фізики-теоретики досліджують складні мезоскопічні системи та сильнокорелюючі структури, такі як наноструктури (квантові ями, квантові точки), високотемпературну надпровідність, бозе-газ атомарних лужних металів в магніто-оптичних пастках, різноманітні спінові системи, які характеризуються сильною взаємодією і відсутністю відповідного аналітичного опису.

Проведення експериментальних досліджень таких систем є не доцільним у зв'язку із значними матеріально-технічними затратами та високою складністю. В таких умовах визначальним є числове моделювання таких об'єктів, яке дозволяє отримати якісні і кількісні характеристики складних фізичних систем, передбачити нові ефекти, що недосяжно в межах аналітичного підходу у зв'язку з відсутністю параметрів розкладу.

Для проведення числових експериментів розроблено значну кількість професійно орієнтованих пакетів комп'ютерних програм, які реалізують різноманітні числові методи розв'язку квантовомеханічних задач. Однак, належне оволодіння студентом такими професійними пакетами програм вимагає значного часу та зусиль. Поряд з цим, навіть дуже прості числові методи за певних умов є на диво ефективними "в руках" підготовленого студента.

Мета написання статті – представити можливі напрями впровадження числових методів комп'ютерного моделювання в підготовку майбутніх фахівців-фізиків та теоретично обґрунтувати доцільність їх використання при викладанні квантової механіки в університеті.

В початкових розділах курсів квантової механіки багато уваги приділяється таким найпростішим моделям, як потенціальна яма та гармонічний осцилятор [1]. Відповідне одновимірне стаціонарне рівняння Шредингера має вигляд

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2\psi(x)}{dx^2} + V(x)\psi(x) = E\psi(x) \quad (1)$$

Вибравши належні одиниці для x та енергії рівнянню (1) можна надати вигляду

$$\frac{d^2\psi(x)}{dx^2} = [V(x) - E]\psi(x) \quad (2)$$

Саме таке рівнянням будемо розв'язувати чисельно. Також вважатимемо, що потенціал $V(x)$ є симетричною функцією. Як відомо [3], це призводить до того, що розв'язки рівняння (2) повинні бути або симетричними ($\psi(-x) = \psi(x)$), або – антисиметричними ($\psi(-x) = -\psi(x)$). Така властивість розв'язків рівняння (2) з симетричним потенціалом полегшує вибір початкових значень для числового інтегрування рівняння.

Числовий метод, який було застосовано базується на алгоритмі Ейлера-Кромера, який можна описати так [4]:

Розбиваємо область зміни x на N відрізків довжини Δx . Введемо наступні позначення: $x_r = r\Delta x$, $\phi_r = \phi(x_r)$ та $\phi'_r = \phi'(x_r)$.

Задаємо парність функції ϕ_r . Для симетричного розв'язку вибираємо $\phi(0) = 1$ та $\phi' = 0$, а для антисиметричного – $\phi(0) = 0$ та $\phi' = 1$. Ненульові значення $\phi(0)$ або ϕ' довільні.

Задаємо початкове наближення для E .

Обчислюємо ϕ'_{r+1} та ϕ_{r+1} використовуючи алгоритм:

$$\phi'_{r+1} = \phi'_r + \phi''_r \Delta x,$$

$$\phi_{r+1} = \phi_r + \phi'_{r+1} \Delta x.$$

Проводимо ітерації $\phi(x)$ при зростаючому x доти, поки $\phi(x)$ не почне розходитися.

Змінюємо значення величини E і повторюємо кроки (2) – (4). Окаймляємо значення E , змінюючи його доти, поки при значенні E трохи менше поточного, ϕ не буде розходитися в одному напрямку, а при значенні трохи більше – в протилежному напрямку. На рис. 1 описаний характер поведінки розв'язку представлено графічно.

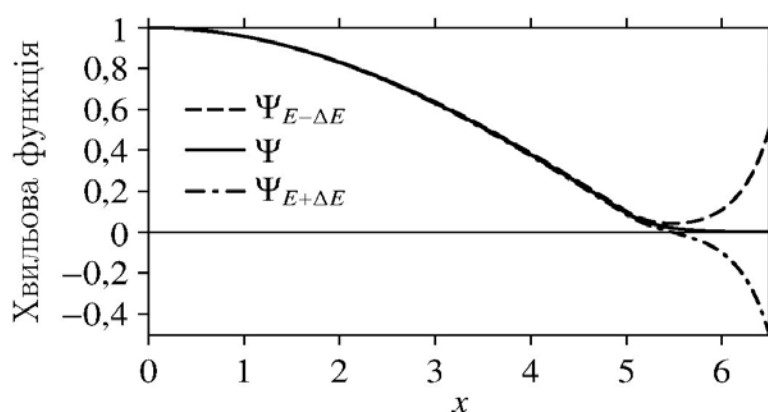


Рис. 1. Характер поведінки розв'язку рівняння (2) поблизу енергії основного стану у випадку потенціальної ями скінченної глибини.

Найбільш ефективним алгоритмом розв'язування рівняння (2) вважається алгоритм Нумерова [9], але цей алгоритм є менш універсальним і складнішим ніж алгоритм Ейлера-Кромера. Тому з методичних міркувань в даній роботі перевагу віддано останньому.

```

1  #!/usr/bin/env python
2  # -*- coding: utf-8 -*-
3
4  import sys
5  import math
6
7  # Вхідні параметри.
8
9  tsym, f0, fp0 = "sym", 1.0, 0.0
10 #tsym, f0, fp0 = "uns", 0.0, 1.0
11 Emin, dE, Emax = .1, .1, 10.
12
13 pname = "0.5*x**2"
14 def V(x): return 0.5 * x**2
15 def xlim(E): # V(x) = E
16     return math.sqrt(2 * E)
17
18 dx = 0.01 # Крок інтегрування
19
20 # Розрахунок інтервалів.
21
22 def diverg_type(E):
23     x, f, fp = .0, f0, fp0
24     xmax = xlim(E) + dx
25     while x < xmax:
26         fp += (V(x) - E) * f * dx
27         f += fp * dx
28         x += dx
29     while fp * f <= .0:
30         fp += (V(x) - E) * f * dx
31         f += fp * dx
32         x += dx
33     typ = 0
34     if fp > .0: typ = 1.
35     else: typ = -1.
36     return typ
37
38 E = Emin
39 Elim = [[.1*Emin, 1.]]
40 while E < Emax:
41     typ = diverg_type(E)
42     if typ * Elim[-1][1] >= .0:
43         Elim[-1][0] = E
44     else:
45         Elim.append([E, typ])
46     E += dE
47
48 # Розрахунок власних значень.
49
50 def bisec(f, a, b, tol=1e-9):
51     """Знаходиться корінь рівняння
52     f(x)=0, який лежить в межах
53     [a,b], методом половинення."""
54     fa, fb = f(a), f(b)
55     if fa * fb > .0 :
56         print 'ПОМИЛКА: fa * fb > 0.'
57         sys.exit()
58     while abs(a - b) > tol :
59         c = 0.5 * (a + b)
60         fc = f(c)
61         if fa * fc > .0 :
62             a, fa = c, fc
63         else :
64             b, fb = c, fc
65     return .5 * (a + b)
66
67 E_eig = []
68 for i in range(1, len(Elim)):
69     e = bisec(diverg_type, Elim[i-1][0],
70             Elim[i][0], tol=1e-9)
71     E_eig.append(e)
72
73 file = open('e-' + tsym + '.dat', 'w')
74 for e in E_eig:
75     file.write('%f\n' % e)
76 file.close()
77
78 # Розрахунок власних функцій.
79
80 def calc_psi(E, V, dx, file):
81     x, f, fp = .0, f0, fp0
82     xmax = xlim(E) + dx
83     while x < xmax:
84         fp += (V(x) - E) * f * dx
85         f += fp * dx
86         file.write('%f %f\n' % (x, f))
87         x += dx
88     while fp * f <= .0:
89         fp += (V(x) - E) * f * dx
90         f += fp * dx
91         file.write('%f %f\n' % (x, f))
92         x += dx
93
94 i = 1
95 for E in E_eig:
96     file = open("psi-%d-%s.dat" %
97             (i, tsym), 'w')
98     file.write('# V(x) = %s\n' % pname)
99     file.write('# E = %g\n' % E)
100    calc_psi(E, V, dx, file)
101    file.close()
102    i += 1

```

Рис. 2. Текст комп'ютерної програми

для розрахунку власних значень та власних функцій оператора $\frac{d^2}{dx^2} + V(x)$.

На рис. 2 представлено текст комп'ютерної програми, в якій реалізовано алгоритм

Ейлера-Кромера для розв'язування рівняння типу (2) з симетричною потенціальною функцією. Програму написано мовою програмування Python [10].

Перш ніж перейти до докладного покрокового опису роботи комп'ютерної програми зауважимо, що запускати її необхідно двічі: перший раз для розрахунку симетричних станів, другий – для антисиметричних.

Перший рядок програми дає вказівку операційній системі Linux виконати її в інтерпретаторі Python. Другий – попереджує інтерпретатор, що коментарі, які програма виводить на дисплей, написано в кодуванні utf8. В третьому та четвертому рядках імпортуються модулі, які необхідні для роботи програми.

В рядках з 9-го по 18-й задаються вхідні параметри розрахунку. Зараз програму налаштовано на розрахунок симетричних станів (для розрахунку антисиметричних станів слід розкоментувати рядок за номером 10). Власні значення визначатимуться в інтервалі $[E_{\min}, E_{\max}]$. Потенціал розраховуватиметься за формулою $V(x) = \frac{1}{2}x^2$ (гармонічний осцилятор). Функція $x_{\text{lim}}(E)$ розраховує координату класичної точки повороту при енергії E . Змінна `np` містить інформацію про використаний потенціал для запису в вихідних файлах.

Рядки 22-46: в інтервалі $[E_{\min}, E_{\max}]$ виділяються підінтервали, кожен з яких містить лише одне власне значення. При цьому використовується та властивість розв'язку рівняння (2), що при проходженні значення E через власне значення характер розходимості розв'язку змінюється на протилежний.

Рядки з 50-го по 76-й. Для кожного з виділених на попередньому етапі підінтервалів (функція `bisec`) локалізується значення E , при якому розв'язок не розходиться. Отримані власні значення записуються у файл разом з додатковою інформацією про діючий потенціал.

Розрахунком власне хвильових функцій займається остання частина програми (рядки від 80-го до закінчення тексту програми). Для кожного із знайдених власних значень вихідне рівняння інтегрується лише в додатному напрямку вісі іксів. Решту хвильової функції легко побудувати з врахуванням її симетрії. Кожна з отриманих функцій виводиться в окремий файл разом з необхідною інформацією. Всі виведені хвильові функції ненормовані.

Результати розрахунків та їх обговорення. У підручниках з квантової механіки, наприклад [3], при розгляді одновимірної потенціальної ями скінченної глибини після ряду аналітичних перетворень отримується трансцендентне рівняння виду

$$ka = n\pi - 2 \arcsin \frac{\hbar k}{\sqrt{2mU_0}} \quad (3)$$

Для розв'язування цього рівняння відносно k більшість авторів радять скористатись дещо архаїчним графічним методом. Тобто на цьому етапі розв'язку необхідно застосувати числові методи комп'ютерного моделювання.

Результати розрахунку, в якому з самого початку застосовувались числові методи, приведено на рис. 3. При цьому використовувався потенціал виду

$$V(x) = \begin{cases} -10 & \text{якщо } x \in [-5; 5] \\ 0 & \text{якщо } x \in (-\infty; -5) \cup (5; 8) \end{cases} \quad (4)$$

Як видно з лівого графіка на рис. 3 залежність енергії частинки від квантового числа наближається до квадратичної, але не співпадає з останньою. Поряд з цим, близькість

розміщення точок до штрихової лінії дозволяє зробити висновок, що енергетичні рівні відповідної нескінченно глибокої потенціальної ями є хорошим наближенням для рівнів скінченної ями. Зауважимо, що використання числового методу (комп'ютерного моделювання) дозволяє легко дослідити залежність енергетичних параметрів від глибини та ширини потенціальної ями.

З метою перевірки надійності результатів прямого чисельного методу було виконано розрахунок відповідних величин стандартним методом, в якому рівняння (3) розв'язувалось чисельно. Результати обох розрахунків співпали з точністю до чотирьох знаків після коми.

На відміну від потенціальної ями скінченної глибини з плоским дном, розгляд відповідних ям, дно яких має складний профіль (містить виступи або заглиблення), в класичних підручниках з квантової механіки, як правило, не представлено. Такі задачі пропонуються для розв'язку студентам в збірниках задач з квантової механіки [7]. Однак, як показує практика викладання квантової механіки у педагогічному університеті, студенти стикаються із значними складностями в процесі їх розв'язку.

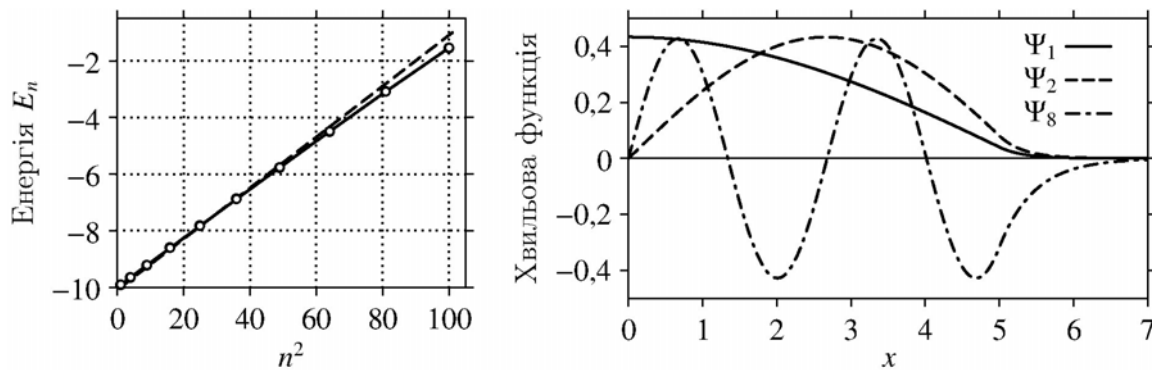


Рис. 3. Результати розрахунку для прямокутної потенціальної ями скінченної глибини.

На лівому графіку приведено залежність енергії E частинки від квадрата квантового числа n_2 (штрихова лінія – графік функції $E = -10 + 0.09 \cdot n_2$), а на правому – праві половини хвильових функцій для квантових чисел 1, 2 та 8.

При використанні прямого числового методу достатньо в базовій програмі модифікувати функцію, яка відповідає за розрахунок потенціалу, і, можливо, уточнити межі, в яких проводитиметься пошук дозволених значень енергії частинки. Результати проведених розрахунків приведено на рис. 4.

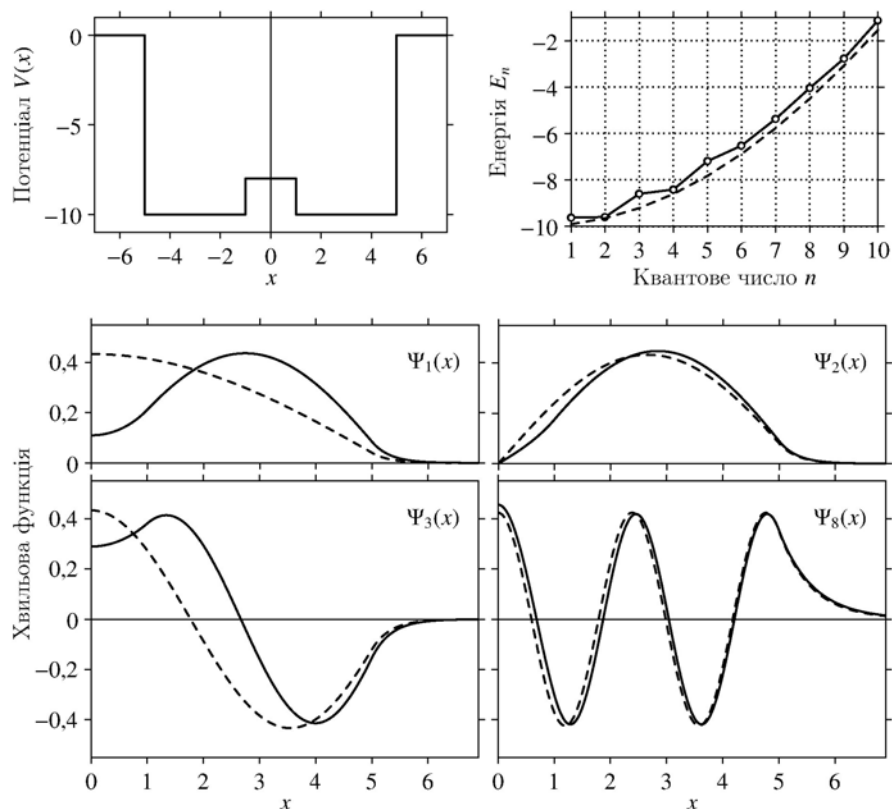


Рис. 4. Результати розрахунку, виконаного для потенціальної ями скінченної глибини, в дні якої є виступ.

У верхній частині приведено залежність потенціальної енергії частинки від її положення (зліва) та спектр дозволених енергій частинки (справа, темні кружки). На решті графіків приведено (суцільними лініями) праві половини деяких з отриманих хвильових функцій.

Для порівняння на графіках штриховими лініями зображено також відповідні результати, отримані для ями без виступу

Як видно з наведених рисунків наявність виступу в дні енергетичної ями істотно змінює енергетичний спектр частинок та їхні хвильові функції. Причому найбільших змін зазнають характеристики основного (енергетично найнижчого) стану частинки в досліджуваній потенціальній ямі. Залежність енергії від квантового числа втрачає плавність притаманну потенціальній ямі з плоским дном. Із збільшенням квантового числа вплив форми дна потенціальної ями помітно зменшується. При цьому виявляється стійка тенденція перевищення енергією частинки того значення, яке було у випадку потенціальної ями з плоским дном. Найбільш радикальною виявляється зміна хвильової функції в основному стані. При $x = 0$ вона має локальний мінімум замість максимуму. На якісному рівні причина такої поведінки хвильової функції пояснюється просто, але тільки моделювання дозволяє отримати кількісні характеристики змін хвильових функцій, зумовлені формою дна потенціальної ями.

Як і у попередньому випадку легко можна дослідити поведінку частинки в потенціальній ямі з довільним, але симетричним, профілем дна.

Традиційно в підручниках з квантової механіки значна увага приділяється гармонічному осцилятору. При розв'язку відповідного одномірного стаціонарного рівняння Шредингера може бути використаний один із таких підходів [2]: хвильовий, метод операторів породження та знищення, а також матричний підхід. Жоден із названих підходів не є простим у математичному відношенні, та вимагає від студента високого

рівня абстракції. У випадку хвильового підходу нормовану n -у хвильову функцію гармонічного осцилятора зручно розраховувати чисельно з використанням наступного рекурентного алгоритму [3]. Покладемо

$$\psi_0 \equiv 0, \psi_1 = \frac{e^{-\xi^2/2}}{\sqrt{4\sqrt{\pi}}},$$

тоді для $n = 1, 2, 3, \dots$

$$\psi_{n+1} = \sqrt{\frac{2}{n+1}} \xi \psi_n - \sqrt{\frac{n}{n+1}} \psi_{n-1} \quad (5)$$

Використання прямого числового методу і у випадку гармонічного осцилятора дозволяє суттєво простіше отримати бажані результати, деякі з яких представлено на рис. 5.

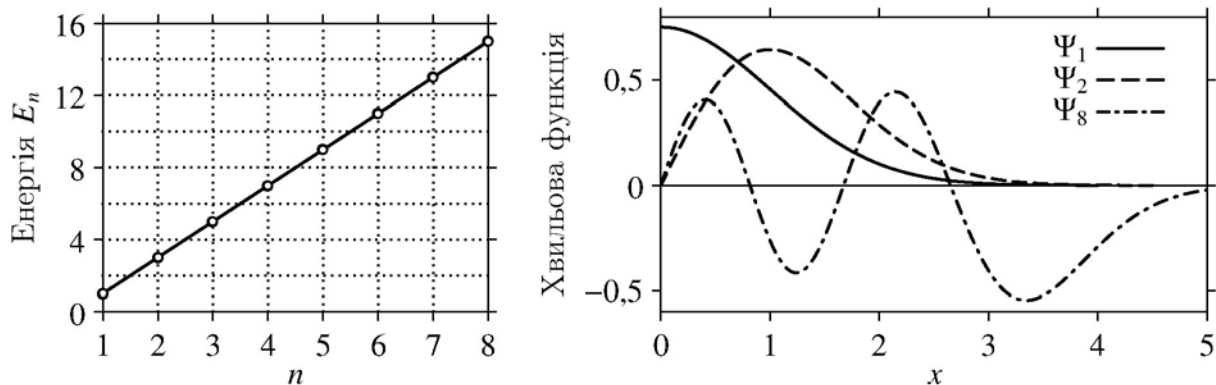


Рис. 5. Результати розрахунку для потенціалу $V(x) = \frac{1}{2} x^2$ (гармонічний осцилятор).

Зліва – залежність енергії частинки E від квантового числа n ; справа – праві половини деяких з отриманих хвильових функцій

З рис. 5 видно, що енергетичні рівні досліджуваної системи еквідистантні і розташовані вздовж прямої, яка не проходить через початок координат. Отримані результати відповідають добре відомим характеристикам гармонічного осцилятора – енергія гармонічного осцилятора квантується величиною $\hbar\omega$, а в основному стані енергія частинки становить $\hbar\omega/2$. Паралельно проведені розрахунки хвильових функцій гармонічного осцилятора з використанням рекурентних співвідношень (5) дали значення, які відрізнялись від результатів прямого числового методу не більше ніж на 0,0001.

Звичайно, гармонічний осцилятор є певним наближенням до справжніх (ангармонічних) осциляторів. Однак навіть для потенціальної функції виду $V(x) = x^2 + \alpha x^4$ одомірне стаціонарне рівняння Шредингера розв'язати аналітичними методами не вдається, тому слід використати числовий метод. Результати, отримані для одного з ангармонічних осциляторів тим же, що і в попередніх випадках методом, приведено на рис. 6.

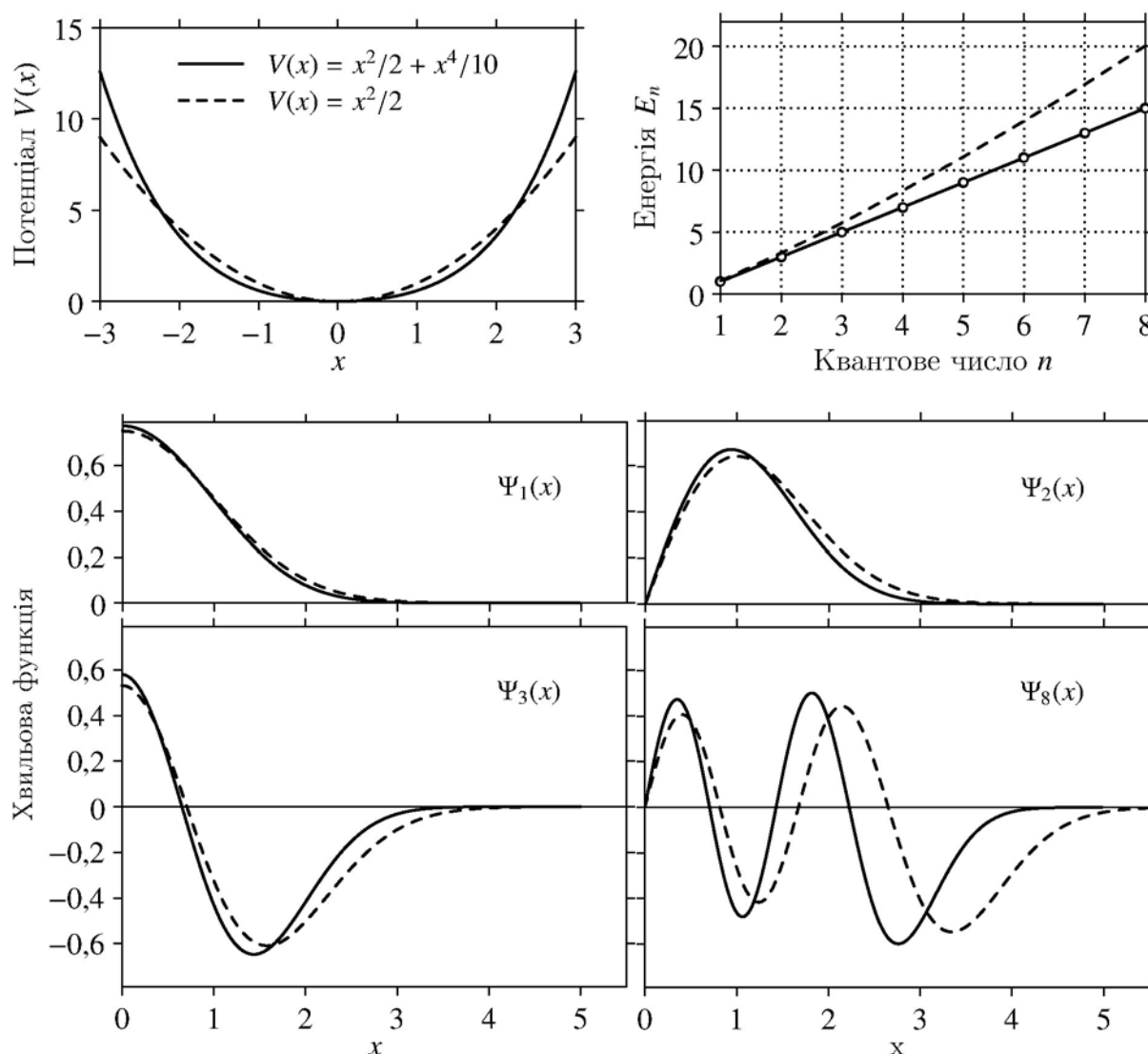


Рис. 6. Результати розрахунків для потенціалу $V(x) = x^2 + 0.1 \cdot x^4$ (ангармонічний осцилятор).

На всіх графіках штриховими лініями зображено відповідні результати, отримані для гармонічного осцилятора.

Як видно з рис. 6, залежність енергії ангармонічного осцилятора від квантового числа істотно відрізняється від такої для гармонічного осцилятора. Зокрема, втрачається лінійний характер цієї залежності. Тобто у випадку ангармонічного осцилятора вже не можна говорити про фіксоване значення кванта енергії. Із зростанням квантового числа відмінності між відповідними хвильовими функціями гармонічного та ангармонічного осциляторів прогресивно наростають.

Висновки. Таким чином, доволі прості числові методи можна ефективно використати для розв'язку низки найпростіших задач квантової механіки з метою формування у студентів вміння застосовувати такі методи в розрахункових експериментах з використанням комп'ютерної техніки для моделювання фізичних явищ.

Використання комп'ютерного моделювання у навчальному процесі вивільняє час для розвитку творчих здібностей студентів, вибору і реалізації способів виконання завдань різного рівня складності, дозволяє розширити можливості індивідуалізації та

диференціації навчання, зокрема може використовуватись підчас написання студентами курсових та дипломних робіт.

Використана література:

1. *Абаренков И. В., Загуляев С. Н.* Простейшие модели в квантовой механике : учеб. пособие. – СПб. : Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2004. – 128 с.
2. *Вакарчук І. О.* Квантова механіка : підручник. – Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2004. – 784 с.
3. *Венгер С. Ф., Грибань В. М., Мельничук О. В.* Основы квантовой механики : навч. посіб. – К. : Вища шк., 2002. – 286 с.
4. *Гулд Х., Тобочник Я.* Компьютерное моделирование в физике : в 2-х частях. Часть 2 : пер. с англ. – М. : Мир, 1990. – 400 с.
5. *Мессиа А.* Квантовая механика : в 2-х т. – М. : Наука, 1978. – Т. 1. – 480 с.; 1979. – Т. 2. – 548 с.
6. *Физика. Большой энциклопедический словарь / гл. ред. А. М. Прохоров.* – 4-е изд. – М. : БРЭ, 1998. – 944 с.
7. *Флюгге З.* Задачи по квантовой механике : в 2-х т. – М. : Мир, 1974. – Т. 1. – 341 с.; – Т. 2. – 315 с.
8. *Biswas T.* Quantum Mechanics – Concepts and Applications. – 1999. – 203 p.
9. *Koonin S. E., Meredith D. C.* Computational Physics. Fortran Version. – 1990. – 653 p.
10. <http://ru.wikipedia.org/wiki/Python>.

***Павлова Н. Ю., Бойко Г. М., Шевченко В. И.* Использование числовых методов при преподавании курса квантовой механики студентам физических специальностей в педагогическом университете.**

В статье представлены возможные направления внедрения числовых методов компьютерного моделирования в подготовку будущих специалистов-физиков и теоретически обоснована целесообразность использования их при преподавании квантовой механики в университете.

Ключевые слова: квантовая механика, числовые методы, компьютерное моделирование, язык программирования Python.

***Pavlova N. U., Boyko G. M., Shevchenko V. I.* Using of numerical methods for teaching of course of quantum mechanics to students of physical specialities in pedagogical university.**

In the article possible directions of introduction of numerical methods of computer design are presented in preparation of future specialists-physicists and in theory expediency of the use of them is reasonable at teaching of quantum mechanics in an university.

Keywords: quantum mechanics, numerical methods, computer design, programming of Python language.

Романчук А. І.
Інститут педагогіки НАПН України

РОЗВИТОК ТА ПРОБЛЕМИ ТРУДОВОГО ПРОФІЛЬНОГО НАВЧАННЯ СІЛЬСЬКОЇ ШКОЛИ В СУЧАСНИХ УМОВАХ

Стаття присвячена аналізу особливостей розвитку трудового профільного навчання сільської школи та дослідженню проблем в його організації, які існують в сучасній загальноосвітній школі.

Ключові слова: трудове профільне навчання, трудова підготовка, технологічна освіта, професійне самовизначення учнів, профорієнтація, продуктивна праця, система трудового навчання, шкільне виробництво.

Забезпечення профільного навчання в старшій загальноосвітній школі – ключове завдання модернізації освіти в Україні. Воно покликане сприяти гуманізації навчання,