

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені М.П.Драгоманова
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені Дмитра Моторного
БЕРДЯНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТРАНСПОРТНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНО-ПЕДАГОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**«АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ
РОЗВИТКУ ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ, ПРИКЛАДНИХ,
ЗАГАЛЬНОТЕХНІЧНИХ ТА БЕЗПЕКОВИХ НАУК»**

МАТЕРІАЛИ ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ
НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
пам'яті академіка Академії наук вищої освіти,
професора
Анатолія Володимировича Касперського

Київ, 23 червня 2021 р.

УДК 37.091.3: 62/69 (082)

A 43

Актуальні проблеми та перспективи розвитку фундаментальних, прикладних, загальнотехнічних та безпекових наук: Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції, Київ, 23 червня 2021 р. – Київ: НПУ імені М.П. Драгоманова, 2021. – 124 с.

*Друкується згідно з ухвалою Вченої ради
Інженерно-педагогічного факультету
НПУ імені М.П.Драгоманова,
протокол № 10 від 16.06.2021 р.*

Збірник містить матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Актуальні проблеми та перспективи розвитку фундаментальних, прикладних, загальнотехнічних та безпекових наук». В рамках конференції розглянуто питання фундаментальних, прикладних, загально технічних та без пекових наук.

Відповідальний за випуск:

Д.Е. Кільдеров – кандидат педагогічних наук, професор, декан Інженерно-педагогічного факультету

Редакційна колегія:

В.В. Шевченко - кандидат педагогічних наук, професор, завідувач кафедри загальнотехнічних дисциплін та охорони праці

Ю.В. Немченко – кандидат педагогічних наук, доцент кафедри загальнотехнічних дисциплін та охорони праці

Е.В. Компанець – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри екології

О.М. Кучменко – кандидат педагогічних наук, старший викладач кафедри загальнотехнічних дисциплін та охорони праці

УДОСКОНАЛЕННЯ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМУ З АТОМНОЇ ФІЗИКИ ШЛЯХОМ МОДЕЛЮВАННЯ КВАНТОВИХ СИСТЕМ

Сосницька Н.Л.,

доктор педагогічних наук, професор

Морозов М.В.,

*кандидат фізико-математичних наук,
доцент*

Рожкова О.П.,

старший викладач

Халанчук Л.В.

викладач

*Таврійський державний
агротехнологічний університет імені
Дмитра Моторного*

Анотація. Розглянуто розробку та застосування віртуальних імітаційних робіт, які використовують моделювання кванторозмірних наносистем, у лабораторному практикумі з квантової та атомної фізики. Представлено моделювання стану електрона в тригранній призматичній квантовій точці з непрозорими стінками. Застосовується метод Фур'є для розв'язку стаціонарного рівняння Шредінгера у косокутній системі координат. Побудовані графіки для хвильової функції. Приведений цикл лабораторних робіт з використанням персональних комп'ютерів і відповідних програм з моделюванням стану електрона в різноманітних квантових точках.

Ключові слова: *імітаційні лабораторні роботи, квантові точки, метод Фур'є, рівняння Шредінгера.*

Постановка проблеми. Квантові гетероструктури знаходять широке застосування в елементній базі сучасної мікроелектроніки. Тому актуальні дослідження різних квантових точок та моделювання електричних станів з метою організації імітаційних лабораторних робіт з квантової та атомної фізики.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Математичне, комп'ютерне моделювання різноманітних квантових точок та його використання при організації і проведенні імітаційних лабораторних робіт представлено в роботах [1-2]. У статтях [3-4] розглянуто стан електронів у сферичних квантових точках з оболонкою та без. Моделювання стану електронів у потенціалній ямі зі стінками кінцевої та нескінченної висоти приведено у статті [5]. Конічні квантові точки та енергетичний спектр електрона представлено в роботі [6]. У роботі [7] розглянуто фінітний рух електронів та власні значення енергії у циліндричній квантовій точці. Моделювання призматичної квантової точки приведено у роботі [8]. Застосування квантових точок у сонячних панелях з метою підвищення ефективності розглядається у роботі [9].

Виклад основного матеріалу. Розглянемо стан електрона у тригранній призматичній квантовій точці (ПКТ) з непрозорими стінками. Рівняння Шредінгера для стаціонарних станів має вигляд $\Delta\psi + k^2\psi = 0$, де $k = \frac{\sqrt{2mE}}{\hbar}$ - хвильове число; E - значення енергії.

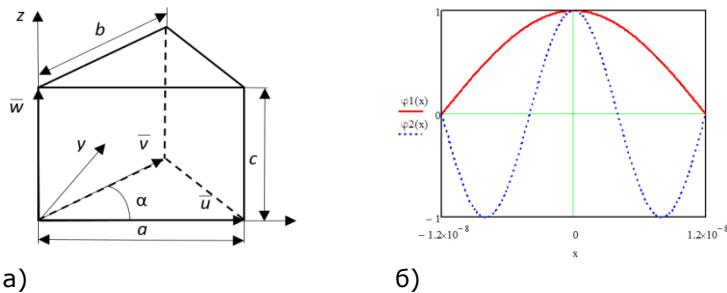


Рис. 1. а) ПКТ; б) графіки хвильової функції.

Використовуємо косокутну (трикутну) систему координат $(\vec{u}, \vec{v}, \vec{w})$, осі якої спрямовані вздовж ребер призми ($a = b$) та кут $\alpha = 60^\circ$. Зв'язок між прямокутними декартовими координатами та косокутними має вигляд:

$$u = x; \quad v = \frac{y}{\sin\alpha} = \frac{2y}{\sqrt{3}}; \quad w = z \quad (1)$$

$$x = u; \quad y = v \cdot \sin\alpha = \frac{\sqrt{3} \cdot v}{2}; \quad z = w \quad (2)$$

Використовуємо коефіцієнти Ламе та отримуємо оператор Лапласа для косокутної системи координат:

$$\Delta\psi(u, v, w) = \left(\frac{\partial^2 \psi}{\partial u^2} + \frac{4}{3} \frac{\partial^2 \psi}{\partial v^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial w^2} \right) \quad (3)$$

Частинний розв'язок рівняння Шредінгера для парної хвильової функції (метод Фур'є розділення змінних):

$$\psi(u, v, w) = A\varphi_1(u) \cdot \varphi_2(v) \cdot \varphi_3(w) = A\cos k_1 u \cdot \cos k_2 v \cdot \cos k_3 w \quad (4)$$

$$k_1^2 + \frac{4}{3}k_2^2 + k_3^2 = k^2 = \frac{2mE}{\hbar^2} \quad (5)$$

Власні дискретні значення енергії дорівнюють:

$$E_{n_1, n_2, n_3} = \frac{\hbar^2}{8ma^2} \left(n_1^2 + \frac{4}{3}n_2^2 + n_3^2 \right) \quad (6)$$

На рис. 1б представлені графіки хвильової функції $\varphi_1(x)$ при $A=1$ та y, x для яких $\varphi_2 = \varphi_3 = 1$: $\varphi_1(x) = \cos k_1 x$.

Для побудови графіків $\varphi_1(x)$ та розрахунків енергії використано пакет програм Mathcad. Результати досліджень використовують при розробці елементної бази наноелектроніки, а також для створення імітаційної, віртуальної роботи «Моделювання призматичної тригранної квантової точки». Цикл лабораторних робіт з квантової та атомної фізики містить наступні імітаційні лабораторні роботи: «Моделювання енергетичного стану електрона в одновимірній квантовій ямі з нескінченно високими стінками», «Моделювання стану електрона у сферичній квантовій точці», «Моделювання стану електрона в

циліндричній квантовій точці», «Моделювання руху електрона крізь потенціальний бар'єр: тунельний ефект», «Стан електрона в кіничній квантовій точці», «Моделювання пірамідальної квантової точки», «Моделювання призматичної квантової точки». У подальшому представляє інтерес організація лабораторної роботи «Вивчення сонячних елементів на квантових точках». Виконання імітаційних лабораторних робіт забезпечує поглиблене вивчення відповідних розділів курсу фізики, в першу чергу у студентів спеціальності «Електроенергетика, електротехніка і електромеханіка».

Висновки: Розглянуто використання віртуальних, імітаційних робіт у лабораторному практикумі з атомної і атомної фізики з застосуванням математичного, комп'ютерного моделювання різноманітних квантових точок. Представлено моделювання стану електрона у тригранній призматичній квантовій точці: визначені хвильові функції, хвильові числа та власні дискретні значення енергії. Результати дослідження використовуються для організації імітаційної лабораторної роботи «Моделювання призматичної тригранної квантової точки».

Інформаційні джерела:

1. Фізичні основи сучасних інформаційних технологій: навч.-мет. посібник / Н.Л. Сосницька, Н.А. Дьоміна, Н.В. Морозов, Г.О. Онищенко. Мелітополь: Видавничий будинок Мелітопольської міської друкарні, 2018. 142 с.
2. N. Sosnytska, M. Morozov, L. Khalanchuk. Modeling of Electron State in Quantum Dot Structures. 2020 IEEE Problems of Automated Electrodrive. Theory and Practice (PAEP), Kremenchuk, Ukraine, 2020, pp. 1-5.
3. Романова К.А., Галяметдинов Ю.Г. Квантово-химическое моделирование квантовых точек "ядро / оболочка" CdS/CdSe для солнечных фотоэлементов. Вестник технологического университета. 2019. Т. 22, № 2. С. 23-27.
4. Дьоміна Н.А. Морозов М.В. Моделювання сферичних та циліндричних квантових точок. Збірник наукових праць ТДАТУ. Мелітополь: ТДАТУ, 2019. Вип. 19, т. 3. С.325-333.
5. Морозов М.В., Халанчук Л.В., Рожкова О.П., Михайленко О.Ю. Дослідження стану електрона у потенціальній ямі зі стінками кінцевої висоти. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Мелітополь: ТДАТУ ім. Д. Моторного, 2020. Вип. 20, т. 3. С. 135-142.
6. Kazaryan E.M., Petrosyan L.S., Shahnazaryan V.A., Sarkisyan H.A. Quasi-conical quantum dot: electron states and quantum transitions. Communications in Theoretical Physics, 2015. Vol. 63. № 2. P. 255-260.
7. Морозов М.В., Халанчук Л.В. Моделювання стану електрона у циліндричній квантовій точці з оболонкою. Вісник Запорізького національного університету: Збірник наукових статей. Фізико-математичні науки. Запоріжжя: ЗНУ, 2019. №2. С. 117-123.
8. Морозов М.В., Халанчук Л.В., Рожкова О.П. Моделювання стану електронів у призматичній квантовій точці з оболонкою. Розвиток сучасної науки та освіти: реалії, проблеми якості, інновації: матер. II Міжнародної наук.-практ. інтернет-конф. (Мелітополь, 25-27 травня 2021 р.) Мелітополь: ТДАТУ, 2021. С. 51-55.
9. Сосницька Н.Л., Дяденчук А.Ф., Морозов М.В. Застосування квантових точок у сонячних панелях. Сучасний стан та перспективи розвитку електротехнічних систем: матеріали III Всеукр. наук.-практ. інтернет-конференції пам'яті В. В. Овчарова (Мелітополь, 15-29 квітня 2021 р) Мелітополь: ТДАТУ, 2021. С. 13-14.

ЗМІСТ

<i>Биковський Т.В.</i> Підготовка майбутніх педагогів до діяльності у закладах позашкільної освіти науково-технічного напрямку	4
<i>Бронішевська О.В.</i> Інтеграція освітнього та науково-дослідного компонентів у діяльність університетів Наддніпрянщини (XIX століття)	5
<i>Гаврищак Г.Р., Сопіга В.Б.</i> Імплементация європейських стандартів вищої школи у освітній процес майбутніх фахівців технологічного профілю	10
<i>Зубрицька Л.О.</i> Дистанційний курс з органічної хімії в умовах пандемічних обмежень	12
<i>Іщенко О.А.</i> Прикладні аспекти математичного моделювання в механіці	16
<i>Кільдеров Д.Е.</i> Розвиток особистісних творчих якостей студентів за профілем підготовки	18
<i>Колесникова А.О., Компанець Е.В.</i> Проблеми забруднення повітря	21
<i>Компанець Е.В., Козорог М.О.</i> Геліосистеми як перспективний екологічний напрямок в Україні	23
<i>Компанець Е.В.</i> Проблеми глобального потепління і екологічні небезпеки для водних екосистем Київщини	25
<i>Корець М.С., Іщенко С.М.</i> Варіативність змісту підготовки майбутніх педагогів професійного навчання у процесі вивчення обладнання харчових виробництв	27
<i>Коростель П.В.</i> Застосування інформаційних технологій для організації дистанційного навчання у ЗВО	30
<i>Криворот Т.Г.</i> Особливості застосування методів математичної статистики для обробки результатів педагогічних досліджень	33
<i>Крячок Т.В., Кобзар Т.А., Черленюк Н.В.</i> Скринінг пост травматичних стресових розладів групи науковців у віковому аспекті	35
<i>Кучменко О.М.</i> Особливості організації лабораторних занять з природничих дисциплін в умовах онлайн навчання	40
<i>Микитенко П.В.</i> Пам'яті науковця і вчителя Касперського Анатолія Володимировича	44
<i>Муригіна Т.В., Лебеденко Р.В.</i> Аналіз сучасного стану транспортування зернових вантажів в Україні	46
<i>Немченко Ю.В.</i> Навички ринкової економіки: командна робота	48

<i>Новицька М.С.</i> Екологічні проблеми та екологічна безпека	51
<i>Олефіренко Т.О.</i> Підготовка та адаптація студентів до системи соціально-виробничих відносин	55
<i>Павлюк Л.В.</i> Енергоефективність впровадження «зеленого» водню в Україні	57
<i>Пригодій М.А.</i> Організаційно-педагогічні системи підготовки учнівської молоді до зайнятості	59
<i>Prystupa Ja.</i> Formation of health competence of students as one of the main tendencies of natural disciplines in the conditions of modern educational paradigm	62
<i>Рогозін І.В., Кідалов В.В., Рогозіна О.В.</i> Вплив відпалу в атмосфері атомарного кисню на фотолюмінесцентні та електричні властивості гідротельмальних монокристалів ZnO	65
<i>Савченко О.Л.</i> Актуальні проблеми трудового навчання та технологій у сучасній школі	71
<i>Січкара Т.Г., Шут М.І., Благодаренко Л.Ю.</i> Особливості організації та проведення спеціального фізичного практикуму	74
<i>Сосницька Н.Л., Морозов М.В., Рожкова О.П., Халанчук Л.В.</i> Удосконалення лабораторного практикуму з атомної фізики шляхом моделювання квантових систем	77
<i>Сосницька Н.Л., Назарова О.П., Морозов М.В., Дьоміна Н.А.</i> Фізико-математичне забезпечення дисциплін «спутникова геодезія» і «математична обробка геодезичних вимірів»	80
<i>Сусло С.Т., Хорькова Г.В.</i> Проблеми екологічної безпеки в Україні та шляхи їх вирішення	83
<i>Талавіра Г.М.</i> Експлуатаційна надійність залізничної колії перед мостами	86
<i>Тігунова О.О., Братішко В.В., Прийомов С.Г., Шульга С.М.</i> Біобутанол - перспектива альтернативної енергетики	89
<i>Тулашвілі Ю.Й., Ліщина В.О., Лук'яничук Ю.А.</i> Обробка зображень за допомогою програмного забезпечення на основі штучного інтелекту	91
<i>Туркот Т.І., Коновал О.А.</i> Запобігання «професійному вигоранню» вчителя та викладача вищої школи як проблема менеджменту здоров'я	94
<i>Філонич О.В., Бондаренко І.М.</i> Екологічні наслідки бойових дій на сході України	99