

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ФІЗИЧНІ ОСНОВИ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ



Навчально-методичний
посібник

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА ВИЩОЇ МАТЕМАТИКИ І ФІЗИКИ**

**Сосницька Н.Л.
Дьоміна Н.А.
Морозов М.В.
Онищенко Г.О.**

ФІЗИЧНІ ОСНОВИ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-методичний посібник

*Рекомендовано вченою радою Таврійського
державного агротехнологічного університету
Міністерство освіти і науки України*

**Мелітополь
Видавничий будинок
Мелітопольської міської друкарні
2018**

ЗМІСТ

УДК [53:004](075.8)
Ф 50

*Рекомендовано вченою радою Таврійського державного
агротехнологічного університету
Міністерство освіти і науки України
(протокол № 9 від 24.04.2018 р.)*

Рецензенти:

Мартинюк М.Т. – дійсний член (академік) НАПН України, доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри фізики і астрономії та методики їх викладання Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини;

Шут М.І. – академік НАПН України, доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри загальної та прикладної фізики НПУ імені М. П. Драгоманова.

Ф 50 Сосницька Н. Л., Дьоміна Н. А., Морозов М. В., Онищенко Г. О.
Фізичні основи сучасних інформаційних технологій /
Н.Л. Сосницька, Н.А. Дьоміна, Н.В. Морозов, Г.О. Онищенко. –
Мелітополь : Видавничий будинок Мелітопольської міської
друкарні, 2018 – 142 с.

ISBN 978-966-197-561-2

Навчально-методичний посібник розроблено відповідно до навчальної програми дисципліни «Фізичні основи сучасних інформаційних технологій» для студентів вищих технічних закладів. Матеріали посібника містять дванадцять робіт лабораторного практикуму. Кожна робота супроводжується викладенням теоретичного матеріалу, необхідного для виконання вимірювань, розрахунків та обробки результатів фізичного експерименту сучасними методами.

Видання розраховано на студентів і викладачів технічних, інженерно-технологічних, фізико-математичних факультетів усіх форм навчання, де готують фахівців зі спеціальності 122 «Комп'ютерні науки».

УДК [53:004](075.8)

ISBN 978-966-197-561-2

© Сосницька Н.Л., Дьоміна Н.А., Морозов М.В., Онищенко Г.О., 2018

| | |
|--|----|
| Вступ | 5 |
| Зміст та структура лекційного курсу | 7 |
| Лабораторна робота № 1 Дослідження залежності опору металів від температури | 9 |
| Лабораторна робота № 2 Вивчення властивостей напівпровідників з власною провідністю та залежності їх опору від температури... | 22 |
| Лабораторна робота № 3 Вивчення властивостей напівпровідників з домішковою провідністю: вольтамперна характеристика діода..... | 35 |
| Лабораторна робота № 4 Визначення концентрації електронів провідності у напівпровіднику за допомогою ефекту Холла..... | 46 |
| Лабораторна робота № 5 Вивчення явища повного внутрішнього відбиття та визначення показника заломлення скла..... | 59 |
| Лабораторна робота № 6 Визначення довжини хвилі випромінювання лазера за допомогою дифракційної ґратки..... | 69 |
| Лабораторна робота № 7 Дослідження стану електронів у періодичному полі кристалічної ґратки: модель Кроніґа-Пенні..... | 81 |

| | |
|---|-----|
| Лабораторна робота № 8 | |
| Моделювання енергетичного спектра електрона в одновимірній квантовій ямі з нескінченно високими стінками..... | 88 |
| Лабораторна робота № 9 | |
| Моделювання енергетичного спектра електрона в одновимірній квантовій ямі зі стінками кінцевої висоти..... | 98 |
| Лабораторна робота № 10 | |
| Моделювання стану електрона у сферичній квантовій точці..... | 110 |
| Лабораторна робота № 11 | |
| Моделювання стану електрона у циліндричній квантовій точці..... | 119 |
| Лабораторна робота № 12 | |
| Моделювання руху електрона крізь потенціальний бар'єр: тунельний ефект..... | 126 |
| Рекомендована та використана література | 135 |
| Додатки | 137 |

ВСТУП

Сучасний світ вимагає від молоді вміння користуватись комп'ютерною технікою, володіти знаннями новітніх інформаційних технологій і застосовувати їх у різних сферах життєдіяльності.

Навчально-методичний посібник є частиною методичного забезпечення курсу «Фізичні основи сучасних інформаційних технологій» для здобувачів ступеня вищої освіти «Магістр» зі спеціальності 122 «Комп'ютерні науки».

Метою вивчення курсу «Фізичні основи сучасних інформаційних технологій» є формування у магістрів сучасного наукового світогляду на фізику явищ і процесів, що лежать в основі функціонування високопродуктивних систем передачі та обробки інформації, ознайомлення із сучасною вимірювальною технікою нано- і мікросистем і пристроїв. Набути компетентності використання фізичних основ сучасних інформаційних технологій для дослідження та проектування технічних та інформаційних систем.

За результатами вивчення курсу «Фізичні основи сучасних інформаційних технологій» студенти повинні

знати:

- основи квантової механіки: рівняння Шредінгера для стаціонарного стану, поняття хвильової функції та її властивості, квантові числа;
- основи фізики напівпровідників: ефективна маса, зони Брілюена, власна та домішкова провідність, властивості p - n (електронно-діркового) переходу;
- спонтанні та вимушені переходи, властивості лазерного випромінювання, явище повного внутрішнього відбиття і світловодна передача інформації;
- методи отримання кванторозмірних структур, квантові ями і тунельний ефект; особливості використання кванторозмірних структур в приладах наноелектроніки та оптоелектроніки;

вміти:

- пояснювати фізичні принципи сучасної комп'ютерної техніки передачі та обробки інформації;
- моделювати явища у кванторозмірних структурах і отримувати енергетичний спектр електронів;
- використовувати сучасні фізичні методи та прилади для вимірювання та аналізу фізичних величин.

Елементна база наноелектроніки має лінійні розміри кванторозмірних систем (≈ 10 нм). При таких розмірах спостерігаються квантові ефекти і тому при вивченні енергетичних спектрів та властивостей електронів необхідно використовувати теорію та методи квантової фізики.

Виконання лабораторних робіт націлено на засвоєння теоретичного матеріалу лекційного курсу та отримання практичних навичок при використанні технічних засобів і вимірювальних приладів при роботі з комп'ютерною технікою. Особливістю цього лабораторного практикуму є застосування математичного комп'ютерного моделювання (математичний пакет *Mathcad*) для організації та проведення імітаційних віртуальних робіт. Поєднання традиційних методів викладання та комп'ютерних технологій дадуть бажаний результат - високий рівень засвоєння фундаментальних знань з фізики і усвідомлення їх практичного застосування.

Зміст та структура лекційного курсу

Змістовий модуль 1.

Квантова механіка та фізика напівпровідників

Тема 1. Елементи квантової фізики: Гіпотеза та формула де Бройля. Хвильова функція та її властивості. Рівняння Шредінгера для стаціонарних станів.

Тема 2. Хвильові властивості мікрочастинок: Хвилі де Бройля. Досліди Девіссона і Джермера (дифракція електронів). Стан частинок в одновимірній потенціальній ямі: квантові числа.

Тема 3. Зонна теорія твердого тіла: Утворення енергетичних зон у твердому тілі: метали, діелектрики, напівпровідники. Типи кристалічних ґраток. Зони Бріллоена. Ефективна маса електрона та дірки.

Тема 4. Власна провідність напівпровідників: Енергетичні зони у напівпровідниках. Залежність опору напівпровідників від температури.

Тема 5. Домішкова провідність напівпровідників: Донорна та акцепторна провідність напівпровідників *n* та *p*-типу. Електронно-дірковий перехід та його властивості: вольтамперна характеристика. Напівпровідникові діод та тріод.

Змістовий модуль 2.

Кванторозмірні структури та їх використання

Тема 6. Повне внутрішнє відбиття і волоконна передача інформації: Закони відбиття та заломлення світла. Оптичне обмеження. Світловоди та їх використання. Використання

явища повного внутрішнього відбиття: призми Аббе та Дове, кутові рефлектори.

Тема 7. Лазери та їх використання: Спонтанне та вимушене випромінювання. Устрій і принцип роботи лазера. Типи лазерів, властивості лазерного випромінювання та його використання.

Тема 8. Гетекроструктури: Отримання, властивості та застосування. Метод молекулярної променевої епітаксії. Одновимірна потенціальна яма зі стінками кінцевої висоти.

Тема 9. Тунельний ефект та його застосування: Рух частинки крізь потенціальний бар'єр. Коефіцієнт прозорості потенціального бар'єру. Багатобар'єрні системи: резонансний тунельний ефект.

Тема 10. Моделювання кванторозмірних структур: Сферична та циліндрична квантова точка. Методи отримання просторових квантових точок. Енергетичний спектр електрона у квантовій точці.

Лабораторна робота №1 ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ОПОРУ МЕТАЛІВ ВІД ТЕМПЕРАТУРИ

Мета роботи: ознайомлення з зонною теорією твердого тіла, природою провідності металів, залежності опору металів від температури та методами вимірювання опору і визначення температурного коефіцієнта опору.

Прилади та приладдя: резистор (мідний дріт), універсальний вимірювальний міст опорів – омметр Ф410, термометр ($0^{\circ} \div 100^{\circ}C$), електронагрівач.

Теоретичні відомості

Класична електронна теорія провідності речовини

Вільні носії заряду речовини можуть переміщатися під

дією прикладеного електричного поля з напруженістю \vec{E} . Такими вільними носіями можуть бути **електрони** (у металах, напівпровідниках), **дірки** (у напівпровідниках), **іони** (електроліти, іонізовані газ). На вільний заряд e діє з боку

поля, напруженість якого \vec{E} , сила \vec{F} :

$$\vec{F} = e \cdot \vec{E}, \quad (1)$$

Тоді, відповідно до II-го закону Ньютона, прискорення

\vec{a} заряду дорівнює:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} = \frac{e \cdot \vec{E}}{m}, \quad (2)$$

де m – маса носія заряду.

Уявно виділимо в речовині з концентрацією вільних носіїв n паралелепіпед із ребром, спрямованим уздовж

Н. Л. Сосницька, Н. А. Дьоміна, М. В. Морозов, Г. О. Онищенко

ФІЗИЧНІ ОСНОВИ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ:

Навчально-методичний посібник

Підписано до друку 20.06.2018
Формат 60x84/16. Гарн. Times New Roman. Папір офсетний.
Ум. друк. арк. 8,25.
Наклад 300 прим. Зам. № 2018.

Видавець
ТОВ “Видавничий будинок Мелітопольської міської друкарні”
72312, м. Мелітополь, вул. М. Грушевського, 5
тел. 067-701-68-39

Свідоцтво про внесення суб’єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виробників
і розповсюджувачів видавничої продукції
від 26.09.2003 р., серія ДК №1509

Надруковано ПП Скребейко П.В.