

Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з науково-педагогічної роботи

В.Л.Шаран

Підпис

Ініціали та прізвище

_____ 20__ р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Квантові основи нанoeлектроніки

Назва

Галузь знань 01

Шифр

Освіта

Назва

Спеціальність 014.09

Шифр

Середня освіта (інформатика)

Назва

Статус дисципліни _____

Вибіркова

Нормативна (вибіркова)

Інститут (факультет) Фізики, математики, економіки на інноваційних технологій

Кафедра теоретичної та прикладної фізики та комп'ютерного моделювання

Дані про вивчення дисципліни

Форма на- вчання	Курс	Семестр	Загальний обсяг дис- ципліни	Кількість годин						Курсова робота	Вид семест- рового конт- ролю	
				Аудиторні заняття					Самостійна ро- бота		Залік	Екзамен
			Кредити ЄКТС	Разом	Лекції	Лабораторні роботи	Практичні заняття	Семінарські заняття				
Денна	2	1	3/90	24	12	-	-	12	66	-	+	-
Заочна	2	1	3/90	20	10	-	-	10	70	-	+	-

Робоча програма складена на основі освітньої програми та навчального плану підготовки Магістра.

Ступінь вищої освіти

Розробники:

В.Б. Гольський, кандидат фізико-математичних наук, доцент

Підпис

Ініціали та прізвище викладача, науковий ступінь та вчене звання

Схвалено на засіданні кафедри теоретичної та прикладної фізики та комп'ютерного моделювання.

Протокол № _____ від _____ 20__ р.

Завідувач кафедри _____

Підпис

І.В. Білінський

Ініціали та прізвище

Схвалено на засіданні науково-методичної ради інституту Фізики, математики, економіки на інноваційних технологій.

Протокол № _____ від _____ 20__ р.

Схвалено на засіданні науково-методичної ради університету.

Протокол № _____ від _____ 20__ р.

1. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Мета: Сформувати чітке уявлення про будову електронно-обчислювальних машин, принципи їх роботи та сучасні технології в даній сфері.

Предмет: Сучасна електроніка та фундаментальні закони мікросвіту.

Завдання: зрозуміти та засвоїти теоретичний матеріал;

вміти застосовувати знання на практиці;

оволодіти відповідними навички та вміннями, які можуть бути використані в подальшій професійній діяльності.

Заплановані результати навчання:

Знати:

- Постулати квантової механіки.
- Хвильове рівняння.
- Оператори фізичних величин.
- Визначення нанотехнології та наноелектроніки.
- Перспективи розвитку і використання наноелектроніки.
- Границі мікромініатюризації напівпровідникових пристроїв.
- Основні вимоги до субмікронних приладів і наноструктур.
- Основні технологічні методи одержання наноструктур (епітаксія, літографія, метод скануючої тунельної мікроскопії, оптико-силової мікроскопії та травлення).
- Закон дисперсії та хвильова функція електрона у кристалі.
- Діркові та екситонні стани в напівпровідниках.
- Коливання атомів у кристалах. Фонони. Поляризаційні фонони.
- Електронні та діркові стани у наноструктурах.
- Закон дисперсії поляризаційних фононів у квантовій точці.
- Оптичні властивості наногетеросистем.
- Суть кулонівської блокади.
- Поняття кулонівських сходин.

Вміти:

а) загальна компетентність:

- пояснити фізичні процеси, які відбуваються у сучасних пристроях електронно-обчислювальних машин;
- використовувати засвоєні знання у майбутній професійній діяльності;

б) предметна компетентність:

- пояснити основи технології отримання наноструктур;
- розрахувати енергетичний спектр квазічастинки у квантових точках;
- змодельовати ефект тунелювання;
- розрахувати вплив бар'єру на властивості частинки;
- використовувати теорію кулонівської блокади.

Місце дисципліни у структурно-логічній схемі підготовки фахівців: вивчається після дисциплін: «Аналітично-чисельні методи математичної фізики», «Синергетика», «Нейроінформатика (нейронні мережі)» одночасно з «Комп'ютерним моделюванням».

Зміст дисципліни.

Розділ 1.

1.1. Основи квантової механіки. Опис стану в квантовій механіці. Хвильова функція. Середні значення координат та імпульсу. Співвідношення невизначеностей Гайзенберга. Хвильове рівняння. Стаціонарні стани

1.2. Основи наноелектроніки. Фізичні основи наноелектроніки. Квантові основи наноелектроніки. Квантово-розмірне обмеження. Частинка в потенціальній ямі. Тунелювання – власти-

вість квантових частинок. Електрони, дірки, фонони, екситони у масивних напівпровідникових кристалах. Квантовий ефект Холла.

1.3. Нанотехнології. Границі мінітюаризації напівпровідникових пристроїв. Основні методи отримання наноструктур. Епітаксія. Літографія. Травлення. Метод скануючої тунельної мікроскопії.

Розділ 2.

2.1. Нанорозмірні структури. Квантові ями, точки та дроти. Енергетичні спектри частинок у наноструктурах. Вплив форми нанокристала на його властивості. Поляризаційні та оптичні властивості. Вуглецеві нанотрубки.

2.2. Одноелектроніка. Проблеми одноелектроніки. Теоретичні основи одноелектроніки. Одноперехідні транзистори.

2.3. Квантовий комп'ютер. Класичні й квантові прилади. Алгоритми: класи їхньої складності. Квабіти: властивості і математичний опис станів. Принципи побудови й роботи ідеального квантового комп'ютера. Квантові алгоритми. Квантовий алгоритм Гровера

2. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Назва теми	Кількість годин							
	Денна форма навч.				Заочна форма навч.			
	Лекції	Лабораторні за- няття	Практичні (се- мін.) заняття	СРС	Лекції	Лабораторні за- няття	Практичні (се- мін.) заняття	СРС
семестр								
Розділ І								
1.Основи квантової механіки	2		2	11	5	–	5	12
2. Основи наноелектроніки	2		2	11		–		12
3. Нанотехнології	2		2	11		–		12
Розділ ІІ								
4. Нанорозмірні структури	2		2	11	5	–	5	12
5. Одноелектроніка	2		2	11		–		10
6. Квантовий комп’ютер	2		2	11		–		12
Разом за 1 семестр	12		12	66	10	–	10	70

3. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Зміст лекційного курсу для студентів денної форми навчання
1 семестр

№ з/п	Перелік тем лекцій, їх анотації	Кількість годин
1	<p>Основи квантової механіки</p> <p>План</p> <ol style="list-style-type: none"> Опис стану в квантовій механіці. [2, 5] Хвильова функція. [2, 5] Середні значення координат та імпульсу. [2, 5] Співвідношення невизначеностей Гайзенберга. [2, 5] Хвильове рівняння. [2, 5] Стаціонарні стани. [2, 5] 	2

2	Основи наноелектроніки План 1. Фізичні основи наноелектроніки. [1] 2. Квантові основи наноелектроніки. [1] 3. Квантово-розмірне обмеження. [1] 4. Частинка в потенціальній ямі. [1, 2, 5] 5. Тунелювання – властивість квантових частинок. [1, 2, 5] 6. Квантовий ефект Холла. [1]	2
3	Нанотехнології План 1. Границі мінітюаризації напівпровідникових пристроїв. [1] 2. Основні методи отримання наноструктур. [1] 3. Епітаксія. [1] 4. Літографія. [1] 5. Травлення. [1] 6. Метод скануючої тунельної мікроскопії. [1]	2
4	Нанорозмірні структури. План 1. Квантові ями, точки та дроти. [1] 2. Енергетичні спектри частинок у наноструктурах. [1] 3. Поляризаційні та оптичні властивості. 4. Вуглецеві нанотрубки. [1]	2
5	Одноелектроніка. План 1. Проблеми одноелектроніки. [1] 2. Теоретичні основи одноелектроніки. [1] 3. Кулонівські сідці. [1] 4. Одноперехідні транзистори. [1] 5. Класифікація одноелектронних пристроїв. [1]	2
6	Квантовий комп'ютер. План 1. Класичні й квантові прилади. [1] 2. Алгоритми: класи їхньої складності. [1] 3. Квабіти: властивості і математичний опис станів. [1] 4. Принципи побудови й роботи ідеального квантового комп'ютера. [1] 5. Квантові алгоритми. [1] 6. Квантовий алгоритм Гравера. [1]	2
Разом за 1 семестр:		12

Зміст лекційного курсу для студентів заочної форми навчання
—1— семестр

№ з/п	Перелік тем лекцій, їх анотації	Кількість годин
1	Основи квантової механіки План 1. Опис стану в квантовій механіці. [2,5] 2. Хвильова функція. [2, 5] 3. Середні значення координат та імпульсу. [2, 5] 4. Співвідношення невизначеностей Гайзенберга. [2, 5] 5. Хвильове рівняння. [2, 5] 6. Стаціонарні стани. [2, 5]	2

2	Основи наноелектроніки План 1. Фізичні основи наноелектроніки. [1] 2. Квантові основи наноелектроніки. [1] 3. Квантово-розмірне обмеження. [1] 4. Частинка в потенціальній ямі. [1, 2, 5] 5. Тунелювання – властивість квантових частинок. [1, 25] 6. Квантовий ефект Холла. [1]	2
3	Нанотехнології План 1. Границі мінітюаризації напівпровідникових пристроїв. [1] 2. Основні методи отримання наноструктур. [1] 3. Епітаксія. [1] 4. Літографія. [1] 5. Травлення. [1] 6. Метод скануючої тунельної мікроскопії. [1]	2
4	Нанорозмірні структури. План 1. Квантові ями, точки та дроти. [1] 2. Енергетичні спектри частинок у наноструктурах. [1] 3. Поляризаційні та оптичні властивості. 4. Вуглецеві нанотрубки. [1] 5. Проблеми одноелектроніки. [1] 6. Теоретичні основи одноелектроніки. [1] 7. Одноперехідні транзистори. [1]	2
5	Квантовий комп'ютер. План 1. Класичні й квантові прилади. [1] 2. Алгоритми: класи їхньої складності. [1] 3. Квабіти: властивості і математичний опис станів. [1] 4. Принципи побудови й роботи ідеального квантового комп'ютера. [1] 5. Квантові алгоритми. [1] 6. Квантовий алгоритм Гравера. [1]	2
Разом за _1_ семестр:		10

**Перелік семінарських занять
для студентів денної форми навчання
__1__ семестр**

№ з/п	Тема семінарського заняття	Кількість годин
1	Основи квантової механіки. Енергетичний спектр та хвильова частинки в квантовій точці. [2, 5]	2
2	Тунелювання частинки через потенціальний бар'єр. Квантовий ефект Холла. [1-3, 5]	2
3	Перспективи розвитку і використання наноелектроніки. Вуглецеві нанотрубки. Методи отримання та перспективи використання [1, 4, 6, 8].	2
4	Проблеми одноелектроніки. Кулонівська блокада [1, 6].	2
5	Технології отримання наноструктур. Квантові логічні вентиля [1, 4, 6, 8].	2
6	Контрольна робота	2
Разом за _____ семестр:		12

**Перелік семінарських занять
для студентів заочної форми навчання
__1__ семестр**

№ з/п	Тема семінарського заняття	Кількість годин
1	Основи квантової механіки. Енергетичний спектр та хвильова частинки в квантовій точці. [2, 5]	2
2	Тунелювання частинки через потенціальний бар'єр. Квантовий ефект Холла. [1-3, 5]	2
3	Перспективи розвитку і використання наноелектроніки. Вуглецеві нанотрубки. Методи отримання та перспективи використання [1, 4, 6, 8].	2
4	Проблеми одноелектроніки. Кулонівська блокада [1, 6].	2
5	Технології отримання наноструктур. Квантові логічні вентиля [1, 4, 6, 8].	2
Разом за __1__ семестр:		10

Зміст самостійної (індивідуальної) роботи

Номер тижня	Зміст самостійної (індивідуальної) роботи	Кількість годин
1	Опис стану в квантовій механіці. Хвильова функція. Середні значення координат та імпульсу. Співвідношення невизначеностей Гайзенберга. Хвильове рівняння. Стаціонарні стани	11
2	Фізичні основи наноелектроніки. Квантові основи наноелектроніки. Квантово-розмірне обмеження. Частинка в потенціальній ямі. Тунелювання – властивість квантових частинок. Електрони, дірки, фонони, екситони у масивних напівпровідникових кристалах. Квантовий ефект Холла.	11
3	Границі мінітюаризації напівпровідникових пристроїв. Основні методи отримання наноструктур. Епітаксія. Літографія. Травлення. Метод скануючої тунельної мікроскопії.	11
4	Квантові ями, точки та дроти. Енергетичні спектри частинок у наноструктурах. Вплив форми нанокристала на його властивості. Поляризаційні та оптичні властивості. Вуглецеві нанотрубки.	11
5	Проблеми одноелектроніки. Теоретичні основи одноелектроніки. Одноперехідні транзистори.	11
6	Класичні й квантові прилади. Алгоритми: класи їхньої складності. Квабіти: властивості і математичний опис станів. Принципи побудови й роботи ідеального квантового комп'ютера. Квантові алгоритми. Квантовий алгоритм Гровера	11
Разом за __1__ семестр:		66

4. МЕТОДИ НАВЧАННЯ

Основні методи навчання:

- словесні (розповідь, бесіда, лекція) – для повідомлення теоретичного матеріалу навчальної дисципліни;
- наочний (ілюстрування) – для наочного відображення теоретичних відомостей;
- практичні (виконання вправ, побудова рисунків) – для закріплення, систематизації та узагальнення навчального матеріалу, формування умінь та навичок.

5. МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

Основні методи контролю:

- усне опитування – у процесі семінарських занять;
- контрольна робота;

– співбесіда з викладачем.

6. ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Вид роботи	Сума балів
Поточна успішність	30
Контрольна робота	30
Співбесіда	40
Всього балів	100

Кількість балів за поточну успішність x_1 нараховується згідно формули:

$$x_1 = \frac{A}{n} \cdot \frac{K}{5},$$

де A – сума усіх поточних оцінок за чотирибальною шкалою, включаючи оцінки «2», n – кількість цих оцінок, K – кількість балів, що відведена на поточний контроль. x_1 – заокруглюють до цілих. Якщо середня оцінка поточного контролю дорівнює 2, то $x_1=0$.

7. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Бойчук В.І. Квантові основи наноелектроніки: Навчальний посібник. / Бойчук В.І., Гольський В.Б. – Дрогобич: Коло, 2009. – 128 с.
2. Бойчук В.І. Основи квантової механіки. Навчальний посібник./ Бойчук В.І., Гольський В.Б., Шаклеїна І.О. – Дрогобич: ДДПУ, 2011. – 148 с.
3. Борисенко В.Е. Учеб. пособие по курсу "Нанoeлектроника" для студентов специальности "Микроэлектроника" В 3 ч. – Ч. 1. – Основы нанoeлектроники. – Мн.: БГУИР, 2001. – 48 с.
4. Борисенко В.Е. Учеб. пособие по курсу "Нанoeлектроника" для студентов специальности "Микроэлектроника". В 3 ч. – Ч.2. Нанотехнологии. – Мн.: БГУИР, 2001. – 76 с.
5. Вакарчук І. О. Квантова механіка. — 4-е видання, доповнене. — Л. : ЛНУ ім. Івана Франка, 2012. — 872 с.
6. Драгунов В. П. Основы нанoeлектроники: Учеб. пособие./ Драгунов В. П., Неизвестный И. Г., Гридчин В. А.– 2-е изд., испр. и доп. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2004. – 496 с.
7. Драгунов В.П. Основы нанoeлектроники: Учебное пособие для вузов. / Драгунов В.П., Неизвестный И.Г., Гридчин В.А. - Новосибирск, 2000. – 328 с.
8. Заячук Д. М. Нанотехнології і наноструктури. Навчальний посібник. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2009. 580 с.

Допоміжна

1. Белявский В.И. Физические основы полупроводниковой нанотехнологии// Соросовский образовательный журнал. – № 10. –1998. – С. 92–98.
2. Борисенко В.Е. Нанoeлектроника – основа информационных систем XXI века.// Соросовский образовательный журнал. – № 5. –1997. – С. 100–104.
3. Делоне Н.Б. Туннельный эффект // Соросовский образовательный журнал. Т.6. – № 1. – 2000. – С. 79–84.
4. Демиховский В.Я. Квантовые ямы, нити, точки. Что такое? // Соросовский образовательный журнал. – № 5. – 1997. – С. 80–86.
5. Дьячков П.Н. Углеродные нанотрубки: материалы для компьютеров XXI века// Природа. – № 11. – 2000. – С. 23–30.

6. Кибис О.В. Квантовый эффект Холла. //Соросовский образовательный журнал. – № 9. – 1999. – С. 89-93.
7. Опенев Л.А. Спиновые логические вентили на основе квантовых точек. // Соросовский образовательный журнал. – Т.6. – № 6. – 2000. – С. 93–98.
8. Кульбачинский В.А. Полупроводниковые квантовые точки// Соросовский образовательный журнал. – Т.7., – № 4. – 2001. – С. 98–104.

https://books.google.com.ua/books?id=vWuLAQAAQBAJ&pg=PA349&lpg=PA349&dq=6.%20%D0%94%D1%80%D0%B0%D0%B3%D1%83%D0%BD%D0%BE%D0%B2+%D0%92.%20%D0%9F.%20%D0%9D%D0%B5%D0%B8%D0%B7%D0%B2%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%BD%D1%8B%D0%B9+%D0%98.%20%D0%93.%20%D0%93%D1%80%D0%B8%D0%B4%D1%87%D0%B8%D0%BD&source=bl&ots=m9HKKM6Je7&sig=C3nrOF84AvItkSk1ioR0IA6YOG0&hl=uk&sa=X&ved=0ahUKEwi_y5TbjuXPAhWFFZoKHY1SAakQ6AEIMzAD#v=onepage&q=6.%20%D0%94%D1%80%D0%B0%D0%B3%D1%83%D0%BD%D0%BE%D0%B2+%D0%92.%20%D0%9F.%20%D0%9D%D0%B5%D0%B8%D0%B7%D0%B2%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%BD%D1%8B%D0%B9+%D0%98.%20%D0%93.%20%D0%93%D1%80%D0%B8%D0%B4%D1%87%D0%B8%D0%BD&f=false

е

**Зміст лекційного курсу для студентів заочної форми навчання
_____ семестр**

№ з/п	Перелік тем лекцій, їх анотації	Кількість годин
1	Тема лекції, основні питання (план), посилання на літературні джерела, дидактичні матеріали [3, с. 27–41]; [6, с. 45–61]	2
...
5	Тема лекції, основні питання (план), посилання на літературні джерела, дидактичні матеріали [3, с. 41–56]; [4, С. 38–44]	2
Разом за _____ семестр:		16

**Перелік практичних (лабораторних, семінарських) занять
для студентів заочної форми навчання
_____ семестр**

№ з/п	Тема практичного (лабораторного, семінарського) заняття	Кількість годин
1	Назва теми заняття, літературні джерела	4
2	Назва теми заняття, літературні джерела	4
...	...	
Разом за _____ семестр:		36

№ з/п	Перелік тем лекцій, їх анотації	Кількість годин
1	<p>Основи квантової механіки План</p> <p>7. Опис стану в квантовій механіці. [2, с. 28-30; 5, с. 21-32]</p> <p>8. Хвильова функція. [2, с. 33-36; 5, с. 32-42]</p> <p>9. Середні значення координат та імпульсу. [2, с. 36-40; 5, с. 68-72]</p> <p>10. Співвідношення невизначеностей Гайзенберга. [2, с. 30-33; 5, с. 72-83]</p> <p>11. Хвильове рівняння. [2, с. 62-63; 5, с. 125-133]</p> <p>12. Стаціонарні стани. [2, с. 59-62; 5, с. 140-144]</p>	2
2	<p>Основи наноелектроніки План</p> <p>7. Фізичні основи наноелектроніки. [1, с. 7-9]</p> <p>8. Квантові основи наноелектроніки. [1, с. 9-13]</p> <p>9. Квантово-розмірне обмеження. [1, с. 9-13]</p> <p>10. Частинка в потенціальній ямі. [1, с. 13-17; 2, с. 86-90; 5, с. 149-153]</p> <p>11. Тунелювання – властивість квантових частинок. [1, с. 17-22; 2, с. 96-104; 5, с. 168-178]</p> <p>12. Квантовий ефект Холла. [1, с. 22-31]</p>	2
3	<p>Нанотехнології План</p> <p>7. Границі мінітюаризації напівпровідникових пристроїв. [1, с. 33-36]</p> <p>8. Основні методи отримання наноструктур. [1, с. 36-37]</p> <p>9. Епітаксія. [1, с. 37-38]</p> <p>10. Літографія. [1, с. 38-42]</p> <p>11. Травлення. [1, с. 42-44]</p> <p>12. Метод скануючої тунельної мікроскопії. [1, с. 47-49]</p>	2
4	<p>Нанорозмірні структури. План</p> <p>6. Квантові ями, точки та дроти. [1, с. 49-53]</p> <p>7. Енергетичні спектри частинок у наноструктурах. [1, с. 53-65]</p> <p>8. Поляризаційні та оптичні властивості.</p> <p>9. Вуглецеві нанотрубки. [1, с. 67-67]</p>	2
5	<p>Одноелектроніка. План</p> <p>10. Проблеми одноелектроніки. [1, с. 79-80]</p> <p>11. Теоретичні основи одноелектроніки. [1, с. 80-85]</p> <p>12. Кулонівські східці. [1, с. 85-87]</p> <p>13. Одноперехідні транзистори. [1, с. 87-89]</p> <p>14. Класифікація одноелектронних пристроїв. [1, с. 89-93]</p>	2
6	<p>Квантовий комп'ютер. План</p> <p>7. Класичні й квантові прилади. [1, с. 93-96]</p> <p>8. Алгоритми: класи їхньої складності. [1, с. 96-98]</p> <p>9. Квобіти: властивості і математичний опис станів. [1, с. 98-109]</p> <p>10. Принципи побудови й роботи ідеального квантового комп'ютера. [1, с. 109-117]</p> <p>11. Квантові алгоритми. [1, с. 119-120]</p> <p>12. Квантовий алгоритм Гравера. [1, с. 120-123]</p>	2

Зміст лекційного курсу для студентів заочної форми навчання
1 семестр

№ з/п	Перелік тем лекцій, їх анотації	Кількість годин
1	<p align="center">Основи квантової механіки План</p> <p>7. Опис стану в квантовій механіці. [2, с. 28-30; 5, с. 21-32] 8. Хвильова функція. [2, с. 33-36; 5, с. 32-42] 9. Середні значення координат та імпульсу. [2, с. 36-40; 5, с. 68-72] 10. Співвідношення невизначеностей Гайзенберга. [2, с. 30-33; 5, с. 72-83] 11. Хвильове рівняння. [2, с. 62-63; 5, с. 125-133] 12. Стаціонарні стани. [2, с. 59-62; 5, с. 140-144]</p>	2
2	<p align="center">Основи наноелектроніки План</p> <p>7. Фізичні основи наноелектроніки. [1, с. 7-9] 8. Квантові основи наноелектроніки. [1, с. 9-13] 9. Квантово-розмірне обмеження. [1, с. 9-13] 10. Частинка в потенціальній ямі. [1, с. 13-17; 2, с. 86-90; 5, с. 149-153] 11. Тунелювання – властивість квантових частинок. [1, с. 17-22; 2, с. 96-104; 5, с. 168-178] 12. Квантовий ефект Холла. [1, с. 22-31]</p>	2
3	<p align="center">Нанотехнології План</p> <p>7. Границі мінітюаризації напівпровідникових пристроїв. [1, с. 33-36] 8. Основні методи отримання наноструктур. [1, с. 36-37] 9. Епітаксія. [1, с. 37-38] 10. Літографія. [1, с. 38-42] 11. Травлення. [1, с. 42-44] 12. Метод скануючої тунельної мікроскопії. [1, с. 47-49]</p>	2
4	<p align="center">Нанорозмірні структури. План</p> <p>8. Квантові ями, точки та дроти. [1, с. 49-53] 9. Енергетичні спектри частинок у наноструктурах. [1, с. 53-65] 10. Поляризаційні та оптичні властивості. 11. Вуглецеві нанотрубки. [1, с. 67-67] 12. Проблеми одноелектроніки. [1, с. 79-80] 13. Теоретичні основи одноелектроніки. [1, с. 80-85] 14. Одноперехідні транзистори. [1, с. 87-89]</p>	2
5	<p align="center">Квантовий комп'ютер. План</p> <p>7. Класичні й квантові прилади. [1, с. 93-96] 8. Алгоритми: класи їхньої складності. [1, с. 96-98] 9. Квабіти: властивості і математичний опис станів. [1, с. 98-109] 10. Принципи побудови й роботи ідеального квантового комп'ютера. [1, с. 109-117] 11. Квантові алгоритми. [1, с. 119-120]</p>	2

12.	Квантовий алгоритм Гравера. [1, с. 120-123]	
	Разом за <u>1</u> семестр:	10

**Перелік практичних (лабораторних, семінарських) занять
для студентів денної форми навчання
1 семестр**

№ з/п	Тема семінарського заняття	Кількість годин
1	Основи квантової механіки. Енергетичний спектр та хвильова частинки в квантовій точці. [2, 5]	2
2	Тунелювання частинки через потенціальний бар'єр. Квантовий ефект Холла. [1-3, 5]	2
3	Перспективи розвитку і використання наноелектроніки. Вуглецеві нанотрубки. Методи отримання та перспективи використання [1, 4, 6, 8].	2
4	Проблеми одноелектроніки. Кулонівська блокада [1, 6].	2
5	Технології отримання наноструктур. Квантові логічні вентиля [1, 4, 6, 8].	2
6	Контрольна робота	2
	Разом за <u>1</u> семестр:	12

**Перелік практичних (лабораторних, семінарських) занять
для студентів заочної форми навчання
Дрогобицький державний педагогічний університет
імені Івана Франка**

Затверджую

Ректор Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка

_____ В.Г. Скотний

"__" _____ 200__ р.

ПРОГРАМА

навчальної дисципліни **"Квантові основи наноелектроніки"**
для підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня **"Магістр"**
спеціальності **"Прикладна математика. Інформатика"**

Програму уклали: доктор фізико-математичних наук, професор Бойчук В.І.,
кандидат фізико-математичних наук, Гольський В.Б.

Рецензенти:

Доктор фізико-математичних наук,
професор кафедри загальної фізики
Національного університету

«Львівська політехніка»,
Лукіянець Б. А.

Доктор
фізико-математичних наук, професор
кафедри машинознавства і охорони праці
Дрогобицького державного педагогічно-
го університету імені Івана Франка
Вірт І.С.

Затверджено
на засіданні кафедри теоретичної фізики
та методики викладання фізики
(протокол № 1 від 30 серпня 2007 р.)

Затверджено
на засіданні науково-методичної ради
університету
(протокол № 10 від 21 вересня 2007 р.)

Затверджено
на засіданні Вченої ради університету
(протокол № 10 від 24 вересня 2007 р.)

Дрогобич, 2007

1. Пояснювальна записка

Курс "**Квантові основи наноелектроніки**" призначений для магістрів спеціальності "Прикладна математика. Інформатика" та вивчається за навчальним планом в одинадцятому семестрі.

Наноелектроніка є новою галуззю науки й техніки, що формується сьогодні на основі останніх досягнень фізики твердого тіла, квантової електроніки, фізичній хімії й технології напівпровідникової електроніки. Її зміст визначається необхідністю встановлення фундаментальних закономірностей, що визначають фізико-хімічні особливості формування нанорозмірних структур (структур розміром від одиниць до десятків нанометрів ($1\text{nm} = 10^{-9}\text{м}$), їх електронні й оптичні властивості. Дослідження в області наноелектроніки важливі для розробки нових принципів, а разом з ними й нових поколінь надмініатюрних супершвидкодіючих систем обробки інформації.

Спеціалісти напрямку підготовки "Прикладна математика" повинні мати чітке уявлення про будову електронно-обчислювальних машин, принципи їх роботи та сучасні технології в даній сфері. У цьому і полягає мета даного курсу.

Курс присвячений вивченню основ наноелектроніки, технології отримання наноструктур та проблем одноелектроніки. Передбачено лабораторні роботи, в яких студенти повинні змодельовати фізичні процеси, що відбуваються в елементній базі наноелектроніки. Також заплановано семінарські заняття для глибшого і детальнішого розгляду обраних тем.

Завдання курсу "**Квантові основи наноелектроніки**" полягає в тому, щоб студенти зрозуміли та засвоїли теоретичний матеріал і вміли застосовувати знання на практиці. Це сприяє оволодінню студентами відповідних навичок та вмінь, які можуть бути використані в подальшій професійній діяльності слухачів даного курсу.

При складанні програми цього курсу враховувалися послідовність викладення навчального матеріалу та принцип науковості.

2. Зміст програми

Модуль 1.

1. Основи нанoeлектроніки. Фізичні основи нанoeлектроніки. Квантові основи нанoeлектроніки. Квантово-розмірне обмеження. Частинка в потенціальній ямі. Тунелювання – властивість квантових частинок. Електрони, дірки, фонони, екситони у масивних напівпровідникових кристалах. Квантовий ефект Холла.

2. Нанотехнології. Границі мініатюаризації напівпровідникових пристроїв. Основні методи отримання наноструктур. Епітаксія. Літографія. Травлення. Метод скануючої тунельної мікроскопії.

Модуль 2.

3. Нанорозмірні структури. Квантові ями, точки та дроти. Енергетичні спектри частинок у наноструктурах. Вплив форми нанокристала на його властивості. Поляризаційні та оптичні властивості. Вуглецеві нанотрубки.

4. Одноелектроніка. Проблеми одноелектроніки. Теоретичні основи одноелектроніки. Одноперехідні транзистори.

Тематика семінарських занять

1. Перспективи розвитку і використання нанoeлектроніки.
2. Вуглецеві нанотрубки. Методи отримання та перспективи використання.
3. Квантовий ефект Холла.
4. Проблеми одноелектроніки.
5. Технології отримання наноструктур.

Тематика лабораторних занять

1. Енергетичний спектр та хвильові частинки у квантовій точці.
2. Тунелювання частинки через потенціальний бар'єр.
3. Кулонівська блокада.
4. Квантові логічні вентиля.

Знання та вміння, які повинен набути студент після вивчення програмного матеріалу модулів

ЗНАТИ:

- Визначення нанотехнології та наноелектроніки.
- Перспективи розвитку і використання наноелектроніки.
- Границі мікромініатюризації напівпровідникових пристроїв.
- Основні вимоги до субмікронних приладів і наноструктур.
- Основні технологічні методи одержання наноструктур (епітаксія, літографія, метод скануючої тунельної мікроскопії, оптико-силової мікроскопії та травлення).
- Закон дисперсії та хвильова функція електрона у кристалі.
- Діркові та екситонні стани в напівпровідниках.
- Коливання атомів у кристалах. Фонони. Поляризаційні фонони.
- Електронні та діркові стани у наноструктурах.
- Закон дисперсії поляризаційних фононів у квантовій точці.
- Оптичні властивості наногетеросистем.
- Суть кулонівської блокади.
- Поняття кулонівських сходин.

ВМІТИ:

а) загальна компетентність:

- пояснити фізичні процеси, які відбуваються у сучасних пристроях електронно-обчислювальних машин;
- використовувати засвоєні знання у майбутній професійній діяльності;

б) предметна компетентність:

- пояснити основи технології отримання наноструктур;
- розрахувати енергетичний спектр квазічастинки у квантових точках;
- змодельовати ефект тунелювання;
- розрахувати вплив бар'єру на властивості частинки;
- використовувати теорію кулонівської блокади.

3. Критерії успішності навчання та засоби діагностики успішності навчання

Критерії оцінювання навчальних досягнень за національною шкалою

Оцінювання знань студентів з курсу "Квантові основи наноелектроніки" здійснюється за екзаменаційною системою ("відмінно", "добре", "задовільно", "незадовільно") відповідно до візитки навчальної дисципліни.

Оцінювання досягнутих успіхів за семестр проводиться в системі оцінювання університету, після чого переводиться в національну шкалу оцінювання та шкалу ECTS відповідно до таблиці.

Шкала оцінювання університету (в балах)	Національна шкала оцінювання	Оцінка з заліку	Шкала ECTS		
			Сумарна модульна оцінка (в балах)	Оцінка за шкалою ECTS	Визначення
88-100	"відмінно"	"зарахо - вано"	94-100	A	ВІДМІННО - відмінне виконання лише з незначною кількістю помилок
71-87	"добре"		87-93	B	ДУЖЕ ДОБРЕ - вище середнього рівня з кількома помилками
			70-86	C	ДОБРЕ - в загальному правильна робота з певною кількістю грубих помилок
			63-69	D	ЗАДОВІЛЬНО - непогано, але зі значною кількістю недоліків
50-70	"задовільно"		50-62	E	ДОСТАТНЬО - виконання задовольняє мінімальні критерії
0-49	“незадовільно"	"незараховано"	40-49	FX	НЕЗАДОВІЛЬНО - потрібно працювати перед тим, як отримати залік
			0-39	F	НЕЗАДОВІЛЬНО - необхідна серйозна подальша робота

Список літератури

9. Белявский В.И. Физические основы полупроводниковой нанотехнологии// Соросовский образовательный журнал. – № 10. –1998. – С. 92–98.
- 10.Борисенко В.Е. Нанoeлектроника – основа ифormационных систем XXI века.// Соросовский образовательный журнал. – № 5. –1997. – С. 100–104.
- 11.Борисенко В.Е. Учеб. пособие по курсу "Нанoeлектроника" для студентов специальности "Микроeлектроника" В 3 ч. – Ч. 1. – Основы нанoeлектроники. – Мн.: БГУИР, 2001. – 48 с.
- 12.Борисенко В.Е. Учеб. пособие по курсу "Нанoeлектроника" для студентов специальности "Микроeлектроника". В 3 ч. – Ч.2. Нанотехнологии. – Мн.: БГУИР, 2001. – 76 с.
- 13.Делоне Н.Б. Туннельный эффект // Соросовский образовательный журнал. Т.6. – № 1. – 2000. – С. 79–84.
- 14.Демиховский В.Я. Квантовые ямы, нити, точки. Что такое? // Соросовский образовательный журнал. – № 5. – 1997. – С. 80–86.
- 15.Драгунов В. П., Неизвестный И. Г., Гридчин В. А. Основы нанoeлектроники: Учеб. пособие. – 2-е изд., испр. и доп. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2004. – 496 с.
- 16.Драгунов В.П., Неизвестный И.Г., Гридчин В.А. Основы нанoeлектроники: Учебное пособие для вузов. - Новосибирск, 2000. – 328 с.
- 17.Дьячков П.Н. Углеродные нанотрубки: материалы для компьютеров XXI века// Природа. – № 11. – 2000. – С. 23–30.
18. Кибис О.В. Квантовый эффект Холла. //Соросовский образовательный журнал. – № 9. – 1999. – С. 89-93.
19. Кульбачинский В.А. Полупроводниковые квантовые точки// Соросовский образовательный журнал. – Т.7., – № 4. – 2001. – С. 98–104.
20. Опенов Л.А. Спинoвые логические вентили на основе квантовых точек. // Соросовский образовательный журнал. – Т.6. – № 6. – 2000. – С. 93–98.