

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
ФІЗИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Гомоннай О.О., Гомоннай О.В.

«Основи фізики та технології наноструктур»

**Методичні вказівки та тестові завдання
для студентів вищих навчальних закладів
III - IV рівнів акредитації
Спеціальність: 6.105-прикладна фізика і наноматеріали**

Ужгород – 2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
ФІЗИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Гомоннай О.О., Гомоннай О.В.

«Основи фізики та технології наноструктур»

**Методичні вказівки та тестові завдання
для студентів вищих навчальних закладів
III - IV рівнів акредитації
Спеціальність: 6.105-прикладна фізика і наноматеріали**

Ужгород – 2020

Гомоннай О.О., Гомоннай О.В. «Основи фізики та технології наноструктур. Методичні вказівки та тестові завдання» – Ужгород.: ДВНЗ ”УжНУ”, 2014. – 39 с.

У методичних вказівках викладено розгорнуту деталізовану програму з дисципліни „Основи фізики та технології наноструктур” згідно кредитно-модульної організації навчального процесу. Висвітлюється тематичний план курсу, зміст програми за темами. Наведений перелік питань для самостійного опрацювання, а також перелік питань, що виносяться на підсумковий контроль засвоєння матеріалу та критерії оцінки знань студентів. У методичних вказівках приведено перелік лабораторних робіт та тестові завдання з дисципліни „Основи фізики та технології наноструктур”.

Методичні вказівки призначені для студентів 4–го курсу фізичного факультету ДВНЗ ”УжНУ”, які проходять навчання по спеціальності 6.105-прикладна фізика і наноматеріали та мають сприяти покращенню організації навчального процесу, забезпеченню умов оптимального оволодіння навчальною дисципліною, фаховій підготовці студентів, організації самостійної роботи та якісному засвоєнню матеріалу.

Рецензенти:

Рубіш В.М. – завідувач лабораторії Інституту проблем реєстрації інформації НАН України, доктор фізико-математичних наук, професор.

Соломон А.М. - кандидат фіз.-мат. наук, с. н. с. Інституту електронної фізики НАН України

Рекомендовано до друку методичною радою фізичного факультету Ужгородського національного університету

Протокол № __ від __ _____ 2020 р

–

© Гомоннай О.О., Гомоннай О.В., 2020 р.

© ДВНЗ ”Ужгородський національний університет”, 2020 р.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1. РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ	5
1.1. Опис навчальної дисципліни	5
1.2. Мета та завдання навчальної дисципліни	6
1.3. Програма навчальної дисципліни	6
1.4. Структура навчальної дисципліни	8
1.5. Теми лабораторних занять	11
1.6. Самостійна робота	12
1.7. Рекомендована література. Базова. Допоміжна. Інформаційні ресурси.	13
1.9. Методи навчання	15
1.10. Методи контролю	14
2. РЕЙТИНГОВА СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ НАБУТИХ СТУДЕНТОМ ЗНАНЬ ТА ВМІНЬ	15
2.1. Основні терміни, поняття, означення	15
2.2. Рейтингова система оцінювання набутих студентом знань та вмінь	16
3. ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ	20

ВСТУП

Аналіз світового досвіду формування національних і регіональних програм по нових науково-технічних напрямках свідчить про необхідність виявлення деяких ключових проблем у області розробки нових матеріалів і технологій, в тому числі й низьковимірних систем і наноструктурованих матеріалів, зокрема широкомасштабний розвиток фундаментальних досліджень у всіх областях науки і техніки, пов'язаних з розвитком нанотехнологій та розвиток фізичних і апаратурно-методичних основ адекватної діагностики наноматеріалів на базі оптичної спектроскопії, електронної мікроскопії високого дозволу, скануючої електронної і тунельної мікроскопії, поверхнево-чутливих рентгенівських методик з використанням синхротронного випромінювання, електронної мікроскопії для хімічного аналізу, електронної спектроскопії, фотоелектронної спектроскопії.

Слід відзначити, що при переході від макроскопічних до мезоскопічних розмірів об'єктів оптичні процеси мають певні особливості. Використання оптичних методів досліджень дає змогу не тільки отримати багату інформацію про речовину, а й у випадку низьковимірних і наноструктурованих матеріалів оцінити основні характеристики, зокрема для нанокристалів середній розмір та хімічний склад, які визначають оптичні властивості й області практичного застосування.

У методичних вказівках викладено розгорнуту деталізовану програму з дисципліни „Основи фізики та технології наноструктур” згідно кредитно-модульної організації навчального процесу. Висвітлюється тематичний план курсу, зміст програми за темами. Наведений перелік питань для самостійного опрацювання, а також перелік питань, що виносяться на підсумковий контроль засвоєння матеріалу та критерії оцінки знань студентів. Метою викладання дисципліни «Основи фізики та технології наноструктур» є вивчення студентами оптичних процесів у низьковимірних системах, ознайомлення з основами нанофізики та нанотехнологіями, експериментальними методами спостереження та практичного використання оптичних явищ у низьковимірних системах.

1. РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

1.1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 6	Напрямок підготовки: 6.105-прикладна фізика і наноматеріали (шифр і назва)	За вибором	
Модулів – 2	Спеціальність (професійне спрямування):	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 5		4-й	-й
Індивідуальне науково-дослідне завдання _____ (назва)		Семестр	
Загальна кількість годин - 180		8-й	-й
Тижневих годин для денної форми навчання: 12 аудиторних – 6 самостійної роботи студента - 6	Освітньо-кваліфікаційний рівень: бакалавр	Лекції	
		40 год.	год.
		Практичні, семінарські	
		год.	год.
		Лабораторні	
		64 год.	год.
		Самостійна робота	
		76 год.	год.
Індивідуальні завдання:			
год.			
Вид контролю:			
Залік			

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання $-104/76= 1,37$

1.2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою викладання дисципліни є вивчення студентами оптичних процесів у низьковимірних системах, ознайомлення з основами нанофізики та нанотехнологіями, експериментальними методами спостереження та практичного використання оптичних явищ у низьковимірних системах.

Завданням курсу є вивчення особливостей фізичних процесів, які закладені в основу діагностики низьковимірних систем, в тому числі й наноструктурованих матеріалів.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен **знати:**

- основи лінійної та нелінійної оптики;
- основи нанофізики;
- методи отримання низьковимірних систем, в тому числі й наноструктурованих матеріалів;
- методи визначення оптичних характеристик матеріалів;
- галузі застосування низьковимірних систем, в тому числі й наноструктурованих матеріалів;

вміти:

- застосовувати основні положення оптики для розв'язання конкретних задач визначення характеристик матеріалів;
- вибирати методи дослідження оптичних властивостей матеріалів та формулювати фізичні висновки з результатів аналізу;
- самостійно визначати основні оптичні характеристики об'єктів.

1.3. Програма навчальної дисципліни

Модуль № 1. Систематика квантових станів у низьковимірних структурах.

Змістовий модуль № 1. Квантово-розмірний ефект для електронів і дірок.

Тема 1. Актуальність і основи галузі. Рівняння Шредингера. Рух частинки у прямокутній потенціальній ямі з нескінченно високими стінками.

Тема 2. Лінійний осцилятор. Квантові стани в низьковимірних структурах і квантовий розмірний ефект для електронів і дірок у напівпровідниках.

Змістовний модуль № 2. Класифікація низьковимірних систем.

Тема 3. Квантові ями, квантові дроти, квантові точки. Нанотрубки, наноострівці, нанокластери.

Тема 4. Гетероперехід. Гетероструктури. Надгратки. Дельта леговані структури. "Надатом" і "надантиатом".

Тема 5. Квантові мікрорезонатори. Пористі напівпровідникові матеріали.

Змістовний модуль № 3. Головні напрямки технологічних досліджень в області наноструктурованого матеріалознавства.

Тема 6. Загальна характеристика методів одержання низьковимірних систем. Методи отримання макроскопічних кристалів: метод Чохральського, метод Бріджмена.

Тема 7. Методи одержання низьковимірних систем: механічні методи, твердофазне осадження з перенасиченого твердого розчину у склі. Хімічна газова епітаксія, рідкофазна епітаксія, молекулярно-пучкова епітаксія. Створення самоорганізованих квантових точок методом росту Странського-Крастанова. Золь-гелевий метод синтезу нанорозмірних частинок.

Змістовний модуль №4. Діагностика низьковимірних систем.

Тема 8. Рентгеноструктурні дослідження.

Тема 9. Просвічувальна електронна мікроскопія високої роздільної здатності.

Тема 10. Когерентна Фур'є-спектроскопія. Електронно-зондові мікроскопи та аналізатори.

Модуль № 2. Оптичні процеси в низьковимірних системах

Змістовний модуль № 5. Загальна характеристика фізичних процесів у низьковимірних матеріалах.

Тема 11. Оптичні процеси в низьковимірних структурах і їх використання для діагностики наноструктур.

Тема 12. Оптичні процеси: лінійні оптичні процеси, які проходять на поверхні та в середині середовища.

Тема 13. Нелінійні оптичні властивості квантових точок і квантових ниток.

Змістовний модуль № 6. Процеси поглинання і випромінювання світла в макроскопічних і мезоскопічних напівпровідниках.

Тема 14. Типи оптичного поглинання.

Тема 15. Особливості процесів оптичного поглинання у квантових точках.

Тема 16. Квантово-розмірні ефекти в спектрах поглинання нанокристалів. Визначення середнього розміру квантових точок у силікатному склі методами оптичної спектроскопії.

Тема 17. Мономолекулярне свічення твердих тіл.

Тема 18. Рекомбінаційне свічення напівпровідників при фундаментальних переходах. Ексітонна рекомбінація.

Тема 19. Рекомбінаційне випромінювання при переходах між зоною та домішковими рівнями.

Тема 20. Люмінесцентні властивості низьковимірних структур. Особливості процесів випромінювальної рекомбінації в нанокристалах.

Тема 21. Визначення енергетичних параметрів нанокристалів з експериментальних спектрів люмінесценції.

Змістовний модуль № 7. Фонони в макроскопічних і мезоскопічних структурах.

Тема 22. Кристалічна гратка з одним атомом у елементарній комірці. Кристалічна гратка з двома типами атомів в елементарній комірці.

Тема 23. Акустичні й оптичні фонони. Розмірно-квантовані оптичні фонони, поверхневі й інтерфейсні фонони, акустичні фонони зі зміненим спектром.

Тема 24. Спектроскопія розсіювання світла. Раманівське та Манделштам-Брилюєнівське розсіювання світла. Техніка раманівської та брилюєнівської спектроскопії. Особливості процесів раманівського розсіювання світла в мезоскопічних напівпровідниках. Визначення хімічного складу нанокристалів з раманівських експериментів.

Змістовний модуль №8. Практичне застосування та тенденції подальшого розвитку низьковимірних структур.

Тема 25. Основи наноелектроніки: Наноелектронні діоди, одноелектронний транзистор, квантові комп'ютери.

Тема 26. Інжекційні лазери на квантових точках, оптичні модулятори, детектори й емітери для інфрачервоної області, світлодіоди на основі гетероструктур з множинними квантовими ямами, обрізуючі світлофільтри видимого оптичного діапазону.

1.4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин, із них			
	Усього годин	у тому числі		
		Л	ЛР	СР С
	180	40	64	76
1	2	3	4	5
Модуль № 1. Систематика квантових станів у низьковимірних структурах.				
Змістовий модуль № 1. Квантово-розмірний ефект для електронів і дірок.				
Тема 1. Актуальність і основи галузі. Рівняння Шредінгера. Рух частинки у прямокутній потенціальній ямі з нескінченно високими стінками.	3	1	1	1
Тема 2. Лінійний осцилятор. Квантові стани в низьковимірних структурах і квантовий розмірний ефект для електронів і дірок у напівпровідниках.	6	2	1	3
Разом за змістовим модулем 1	9	3	2	4

Змістовний модуль № 2. Класифікація низьковимірних систем.				
Тема 3. Квантові ями, квантові дроти, квантові точки. Нанотрубки, наноострівці, нанокластери.	5	1	1	3
Тема 4. Гетероперехід. Гетероструктури. Надгратки. Дельта леговані структури. "Надатом" і "надантиатом".	8	1	4	3
Тема 5. Квантові мікрорезонатори. Пористі напівпровідникові матеріали.	5	1	1	3
Разом за змістовим модулем 2	18	3	6	9
Змістовний модуль № 3. Головні напрямки технологічних досліджень в області наноструктурованого матеріалознавства.				
Тема 6. Загальна характеристика методів одержання низьковимірних систем. Методи отримання макроскопічних кристалів: метод Чохральського, метод Бріджмена.	5	1	1	3
Тема 7. Методи одержання низьковимірних систем: механічні методи, твердофазне осадження з перенасиченого твердого розчину у склі. Хімічна газова епітаксія, рідкофазна епітаксія, молекулярно-пучкова епітаксія. Створення самоорганізованих квантових точок методом росту Странського-Крастанова. Золь-гелевий метод синтезу нанорозмірних частинок.	9	2	4	3
Разом за змістовим модулем 3	14	3	5	6
Змістовний модуль №4. Діагностика низьковимірних систем.				
Тема 8.Рентгеноструктурні дослідження.	5	1	1	3
Тема 9. Просвічувальна електронна мікроскопія високої роздільної здатності.	5	1	1	3
Тема 10. Когерентна Фур'є-спектроскопія. Електронно-зондові мікроскопи та аналізатори.	5	1	1	3
Разом за змістовим модулем 4	15	3	3	9
Усього годин	56	12	16	28
Модуль № 2. Оптичні процеси в низьковимірних системах				
Змістовний модуль № 5. Загальна характеристика фізичних процесів у низьковимірних матеріалах.				
Тема 11. Оптичні процеси в низьковимірних структурах і їх використання для діагностики наноструктур.	9	2	4	3
Тема 12. Оптичні процеси: лінійні оптичні процеси, які проходять на поверхні та в середині середовища.	9	2	4	3
Тема 13. Нелінійні оптичні властивості квантових точок і квантових ниток.	6	2	1	3
Разом за змістовим модулем 5	25	6	9	9
Змістовний модуль № 6. Процеси поглинання і випромінювання світла в				

<i>макроскопічних і мезоскопічних напівпровідниках.</i>				
Тема 14. Типи оптичного поглинання.	5	1	1	3
Тема 15. Особливості процесів оптичного поглинання у квантових точках.	6	1	2	3
Тема 16. Квантово-розмірні ефекти в спектрах поглинання нанокристалів. Визначення середнього розміру квантових точок у силікатному склі методами оптичної спектроскопії.	9	2	4	3
Тема 17. Мономолекулярне свічення твердих тіл.	7	2	2	3
Тема 18. Рекомбінаційне свічення напівпровідників при фундаментальних переходах. Ексітонна рекомбінація.	9	2	4	3
Тема 19. Рекомбінаційне випромінювання при переходах між зоною та домішковими рівнями.	6	1	2	3
Тема 20. Люмінесцентні властивості низько вимірних структур. Особливості процесів випромінювальної рекомбінації в нанокристалах.	8	1	4	3
Тема 21. Визначення енергетичних параметрів нанокристалів з експериментальних спектрів люмінесценції.	9	2	4	3
Разом за змістовим модулем 6	59	12	23	24
<i>Змістовний модуль №7. Фоони в макроскопічних і мезоскопічних структурах.</i>				
Тема 22. Кристалічна ґратка з одним атомом у елементарній комірці. Кристалічна ґратка з двома типами атомів в елементарній комірці.	6	1	2	3
Тема 23. Акустичні й оптичні фоони. Розмірно-квантовані оптичні фоони, поверхневі й інтерфейсні фоони, акустичні фоони зі зміненим спектром.	9	2	4	3
Тема 24. Спектроскопія розсіювання світла. Раманівське та Мандельштам-Брилюєнівське розсіювання світла. Техніка раманівської та брилюєнівської спектроскопії. Особливості процесів раманівського розсіювання світла в мезоскопічних напівпровідниках. Визначення хімічного складу нанокристалів з раманівських експериментів.	9	2	4	3
Разом за змістовим модулем 7	24	5	10	9
<i>Змістовний модуль №8. Практичне застосування та тенденції подальшого розвитку низьковимірних структур.</i>				
Тема 25. Основи наноелектроніки: Наноелектронні діоди, одноелектронний транзистор, квантові комп'ютери.	8	1	4	3
Тема 26. Інжекційні лазери на квантових точках,	9	2	4	3

оптичні модулятори, детектори й емітери для інфрачервоної області, світлодіоди на основі гетероструктур з множинними квантовими ямами, обрізуючі світлофільтри видимого оптичного діапазону.				
Разом за змістовим модулем 8	17	3	8	6
Усього годин	124	26	50	48

1.5. Теми лабораторних занять

№ п/п	Тема	Кількість годин
Вступне заняття.	Організаційні питання. Правила техніки безпеки	2
Лабораторна робота № 1	Рентгенівський метод оцінки середнього розміру нанокристалів A^2B^6 .	6
Лабораторна робота № 2	Оцінка середнього розміру нанокристалів $CdTe_xSe_{1-x}$ з експериментальних спектрів оптичного поглинання	6
Лабораторна робота № 3	Оцінка середнього розміру нанокристалів CdS_xSe_{1-x} з експериментальних спектрів оптичного поглинання	6
Лабораторна робота № 4	Визначення хімічного складу нанокристалів A^2B^6 , інкорпорованих у матрицю боросилікатного скла з спектрів комбінаційного розсіювання світла	6
Лабораторна робота № 5	Визначення характеристик поверхневих фононів нанокристалів A^2B^6 , інкорпорованих у матрицю боросилікатного скла з спектрів комбінаційного розсіювання світла	6
Лабораторна робота № 6	Дослідження спектрів фотолюмінесценції нанокристалів CdS_xSe_{1-x}	6
Лабораторна робота № 7	Дослідження спектрів фотолюмінесценції нанокристалів $CdTe_xSe_{1-x}$	6
Лабораторна робота № 8	Дослідження спектрів рентгенолюмінесценції нанокристалів CdS_xSe_{1-x} , інкорпорованих у силікатне скло	6
Лабораторна робота № 9	Дослідження спектрів рентгенолюмінесценції нанокристалів $CdTe_xSe_{1-x}$, інкорпорованих у силікатне скло	6
Заключне заняття	Захист лабораторних робіт	8

Разом	64
--------------	-----------

1.6. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Рівняння Шредінгера.	1
2.	Квантові стани в низьковимірних структурах і квантовий розмірний ефект для електронів і дірок у напівпровідниках.	3
3.	Нанотрубки, наноострівці, нанокластери.	3
4.	”Надатом” і ”надантиатом”.	3
5.	Пористі напівпровідникові матеріали.	3
6.	Методи отримання макроскопічних кристалів: метод Чохральського, метод Бріджмена.	3
7.	Створення самоорганізованих квантових точок методом росту Странського-Крастанова. Золь-гелевий метод синтезу нанорозмірних частинок.	3
8.	Рентгеноструктурні дослідження.	3
9.	Просвічувальна електронна мікроскопія високої роздільної здатності.	3
10.	Електронно-зондові мікроскопи та аналізатори.	3
11.	Оптичні процеси в низьковимірних структурах і їх використання для діагностики наноструктур.	3
12.	Оптичні процеси: лінійні оптичні процеси, які проходять на поверхні та в середині середовища.	3
13.	Нелінійні оптичні властивості квантових точок і квантових ниток	3
14.	Типи оптичного поглинання	3
15.	Особливості процесів оптичного поглинання у квантових точках.	3
16.	Визначення середнього розміру квантових точок у силікатному склі методами оптичної спектроскопії.	3
17.	Мономолекулярне свічення твердих тіл.	3
18.	Ексітонна рекомбінація.	3
19.	Рекомбінаційне випромінювання при переходах між зоною та домішковими рівнями.	3
20.	Особливості процесів випромінювальної рекомбінації в нанокристалах.	3
21.	Визначення енергетичних параметрів нанокристалів з експериментальних спектрів люмінесценції.	3
22.	Кристалічна ґратка з двома типами атомів в елементарній комірці.	3

23.	Акустичні й оптичні фонони	3
24.	Техніка раманівської та брилюєнівської спектроскопії.	3
25.	Наноелектронні діоди	3
26.	Детектори й емітери для інфрачервоної області	3
	Разом	76

1.7. Рекомендована література

Базова

1. Шик А.Я., Бакуева Л.Г., Мусихин С.Ф., Рыков С.А. Физика низкоразмерных систем. – Санкт-Петербург: Наука, 2001. – 155 с.
2. Шпак А.П., Куницький Ю.А., Коротченко О.О., Смик С.Ю. Квантові низькорозмірні системи. – Київ: Академперіодика, 2003. – 308 с.
3. Воробьев Л.Е., Голуб Л.Е., Данилов С.Н., Ивченко Е.Л., Фирсов Д.А., Шалыгин В.А. Оптические явления в полупроводниковых квантово-размерных структурах. – Санкт-Петербург: СПбГУ, 2000. – 156 с.
4. Кравченко А.Ф., Овсяк В.Н. Электронные процессы в твердотельных системах пониженной размерности. – Новосибирск: НУ, 2000. – 447 с.
5. Коллоидно-химические основы наноуки / Под редакцией акад. А.П. Шпака и проф.З.Р. Ульберг. – Киев: Академперіодика, 2005. – 456 с.
6. Шпак А.П., Куницький Ю.А., Смик С.Ю. Діагностика наносистем. – Київ: Академперіодика, 2003. – 149 с.
7. Драгунов В.П., Неизвестный И.Г., Гридчин В.А. Основы нано-электроники. – Новосибирск: НУ, 2000. – 331 с.
8. Волков С.В., Ковальчук Є.П., Огенько В.М., Решетняк О.В. Нанохімія. Наносистеми. Наноматеріали. – Київ: Наукова думка, 2008. – 424 с.
9. Ю П., Кардона М. Основы физики полупроводников. – Москва: Физматлит, 2002. – 560 с.

Допоміжна

1. Davies J.H. The Physics of low-dimentional semiconductors. – Cambridge, 1998. – 439 с.
2. Gaponenko S.V. Optical Properties of Semiconductor Nanocrystals. – Cambridge, 1998. – 218 с.

1.8. Інформаційні ресурси

1. www.pidruchniki.com.ua
2. www.twirpx.com

1.9. Методи навчання

Видами навчальних занять згідно з навчальним планом є: а) лекції; б) лабораторні роботи; в) самостійна робота студентів; г) консультації.

Теми лекційного курсу розкривають основні положення відповідних розділів курсу.

На практичних заняттях і при виконанні лабораторних робіт шляхом розв'язання конкретних прикладних задач відбувається поглиблене засвоєння та закріплення пройденого матеріалу, набуваються навички практичного застосування теоретичних знань.

1.10. Методи контролю

Застосовуються такі види перевірки рівня підготовки студентів:

- тестові завдання;
- контрольні роботи;
- усні опитування при перевірці готовності до лабораторних занять;
- захист лабораторних робіт.

Підсумковий контроль засвоєння модулів здійснюється по їх завершенню на підсумкових контрольних заняттях. Оцінка успішності студента з курсу «Оптика низько вимірних систем» є рейтинговою і виставляється за 100 – бальною шкалою з урахуванням оцінок засвоєння окремих модулів.

2. РЕЙТИНГОВА СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ НАБУТИХ СТУДЕНТОМ ЗНАНЬ ТА ВМІНЬ

2.1. Основні терміни, поняття, означення

Семестровий екзамен – це форма підсумкового контролю засвоєння студентом теоретичного та практичного матеріалу з окремої навчальної дисципліни за семестр. Складання екзамену здійснюється під час екзаменаційної сесії в комісії, яку очолює завідувач кафедри, відповідно до затвердженого в установленому порядку розкладу.

З метою забезпечення об'єктивності оцінок та прозорості контролю набутих студентами знань та вмінь, семестровий контроль здійснюється в університеті в письмовій формі або з використанням комп'ютерних інформаційних технологій. Ця норма не розповсюджується на дисципліни, викладення навчального матеріалу з яких потребує від студента переважно усних відповідей. Перелік дисциплін з усною (комбінованою) формою семестрового контролю встановлюється окремо за кожним напрямом (спеціальністю) підготовки фахівців з дозволу проректора з навчальної роботи.

Семестровий диференційований залік – це форма підсумкового контролю, що полягає в оцінці засвоєння студентом навчального матеріалу з певної дисципліни на підставі результатів виконання ним усіх видів запланованої навчальної роботи протягом семестру: аудиторної роботи під час лекційних, практичних, семінарських, лабораторних занять тощо та самостійної роботи при виконанні індивідуальних завдань (розрахунково-графічних робіт, рефератів тощо).

Семестровий диференційований залік не передбачає обов'язкову присутність студента і виставляється за умови, що студент виконав усі попередні види навчальної роботи, визначені робочою навчальною програмою дисципліни, та отримав позитивні (за національною шкалою) підсумкові модульні рейтингові оцінки за кожен з модулів. При цьому викладач для уточнення окремих позицій має право провести зі студентом додаткову контрольну роботу, співбесіду, експрес-контроль тощо.

Кредитно-модульна система – це модель організації навчального процесу, яка ґрунтується на поєднанні двох складових: модульної технології навчання та кредитів (залікових одиниць) і охоплює зміст, форми та засоби навчального процесу, форми контролю якості знань та вмінь і навчальної діяльності студента в процесі аудиторної та самостійної роботи. Кредитно-модульна система має за мету поставити студента перед необхідністю регулярної навчальної роботи протягом усього семестру з розрахунком на майбутній професійний успіх.

Навчальний модуль – це логічно завершена, відносно самостійна, цілісна частина навчального курсу, сукупність теоретичних та практичних завдань відповідного змісту та структури з розробленою системою навчально-методичного та індивідуально-технологічного забезпечення, необхідним компонентом якого є відповідні форми рейтингового контролю.

Кредит (залікова одиниця) – це уніфікована одиниця виміру виконаної студентом аудиторної та самостійної навчальної роботи (навчального навантаження), що відповідає 36 годинам робочого часу.

Рейтинг (рейтингова оцінка) – це кількісна оцінка досягнень студента за багатобальною шкалою в процесі виконання ним заздалегідь визначеної сукупності навчальних завдань.

Рейтингова система оцінювання – це система визначення якості виконаної студентом усіх видів аудиторної та самостійної навчальної роботи та рівня набутих ним знань та вмінь шляхом оцінювання в балах результатів цієї роботи під час поточного, модульного (проміжного) та семестрового (підсумкового) контролю, з наступним переведенням оцінки в балах у оцінки за традиційною національною шкалою та шкалою ECTS.

РСО передбачає використання поточної, контрольної, підсумкової, підсумкової семестрової модульних рейтингових оцінок, а також екзаменаційної та підсумкової семестрових рейтингових оцінок.

Поточна модульна рейтингова оцінка складається з балів, які студент отримує за певну навчальну діяльність протягом засвоєння даного модуля – виконання та захист індивідуальних завдань (розрахунково-графічних робіт, рефератів тощо), лабораторних робіт, виступи на семінарських та практичних заняттях тощо.

Контрольна модульна рейтингова оцінка визначається (в балах та за національною шкалою) за результатами виконання модульної контрольної роботи з даного модуля.

Підсумкова модульна рейтингова оцінка визначається (в балах та за національною шкалою) як сума поточної та контрольної модульних рейтингових оцінок з даного модуля.

Підсумкова семестрова модульна рейтингова оцінка визначається (в балах та за національною шкалою) як сума підсумкових модульних рейтингових оцінок, отриманих за засвоєння всіх модулів.

Екзаменаційна рейтингова оцінка визначається (в балах та за національною шкалою) за результатами виконання екзаменаційних завдань.

Залікова рейтингова оцінка визначається (в балах та за національною шкалою) за результатами виконання всіх видів навчальної роботи протягом семестру.

Підсумкова семестрова рейтингова оцінка визначається як сума підсумкової семестрової модульної та екзаменаційної (залікової – у випадку диференційованого заліку) рейтингових оцінок (в балах, за національною шкалою та за шкалою ECTS).

Підсумкова рейтингова оцінка з дисципліни, яка викладається протягом декількох семестрів, визначається як середньозважена оцінка з підсумкових семестрових рейтингових оцінок у балах з наступним її переведенням у оцінки за національною шкалою та шкалою ECTS. Зазначена підсумкова рейтингова оцінка з дисципліни заноситься до додатку до диплому фахівця.

2.2. Рейтингова система оцінювання набутих студентом знань та вмінь

Оцінювання окремих видів виконаної студентом навчальної роботи здійснюється в балах відповідно до табл.

Розподіл балів, які отримують студенти

Поточне тестування та самостійна робота															
Змістовий модуль 1		Змістовий модуль 2			Змістовий модуль 3		Змістовий модуль 4			Змістовий модуль 5			Змістовий модуль 6		
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16
1	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Поточне тестування та самостійна робота										Підсумковий тест (екзамен)	Сума
Змістовий модуль 6					Змістовий модуль 7			Змістовий модуль 8		50	100
T17	T18	T19	T20	T21	T22	T23	T24	T25	T26		
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		

Оцінювання окремих видів навчальної роботи студента

Модуль № 1		Модуль № 2		Макс. кільк. балів
Вид навчальної роботи	Максим. кількість балів	Вид навчальної роботи	Макс. кільк. балів	
Змістовий модуль № 1	10	Змістовий модуль № 5	15	100
Змістовий модуль № 2	15	Змістовий модуль № 6	15	
Змістовий модуль № 3	15	Змістовий модуль № 7	10	
Змістовий модуль № 4	10	Змістовий модуль № 8	10	
Разом за модулем № 1	50	Разом за модулем № 2	50	

2.1. Якщо студент виконав та захистив домашнє завдання або контрольну роботу з позитивною (за національною шкалою) оцінкою у встановлені терміни, то до його поточної модульної рейтингової оцінки додаються по одному додатковому заохочувальному балу за кожен такий вид навчальної роботи.

Ще один бал може бути доданий до підсумкової модульної рейтингової оцінки, якщо студент взяв участь (доповідь, повідомлення) у роботі щорічної студентської або іншої науково-технічної конференції.

2.2. Якщо студент виконав та захистив домашнє завдання поза встановлений термін з неповажних причин, то максимальна величина рейтингової оцінки в балах, яку може отримати студент за результатами захисту, дорівнює знижується на 2 – 3 бали.

2.3. Сума рейтингових оцінок, отриманих студентом за окремі види виконаної навчальної роботи, становить поточну модульну рейтингову оцінку, яка заноситься до відомості модульного контролю.

2.4. Якщо студент успішно (з позитивними за національною шкалою оцінками) виконав передбачені в даному модулі всі види навчальної роботи, то він допускається до модульного контролю з цього модуля.

2.5. Модульний контроль здійснюється в комісії, яку очолює завідувач кафедри, шляхом виконання студентом модульної контрольної роботи тривалістю до двох академічних годин.

2.6. Сума поточної та контрольної модульної рейтингових оцінок становить підсумкову модульну рейтингову оцінку, яка виражається в балах та за національною шкалою відповідно до таблиці.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
82-89	B	добре	
74-81	C		
64-73	D	задовільно	
60-63	E		
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

Якщо студент виконував навчальну роботу протягом семестру з порушенням встановлених термінів і не отримав (отримав мало) заохочувальних додаткових балів, то наявність у нього навіть позитивних (за національною шкалою) рейтингових оцінок за окремі види навчальної роботи та позитивної контрольної модульної рейтингової оцінки не гарантує, що його підсумкова модульна рейтингова оцінка буде позитивною.

У цьому випадку студент повинен виконати додаткове індивідуальне завдання за узгодженою з викладачем темою і захистити його з позитивною (за національною шкалою) оцінкою, яка має бути додана до поточної модульної рейтингової оцінки.

2.7. У випадку відсутності студента на модульному контролі з будь-яких причин (через не допуск, хворобу тощо), проти його прізвища у колонці

“Контрольна модульна рейтингова оцінка” відомості модульного контролю робиться запис “Не з’явився”, а у колонці “Підсумкова модульна рейтингова оцінка” – “Не атестований”.

При цьому студент вважається таким, що не має академічної заборгованості, якщо він має допуск до модульного контролю і не з’явився на нього з поважних причин, підтверджених документально. У протилежних випадках студент вважається таким, що має академічну заборгованість.

Питання подальшого проходження студентом модульного контролю у цих випадках вирішується в установленому порядку.

2.8. У випадку отримання незадовільної контрольної модульної рейтингової оцінки студент повинен повторно пройти модульний контроль в установленому порядку.

2.9. При повторному проходженні модульного контролю максимальна величина контрольної модульної рейтингової оцінки в балах, яку може отримати студент зменшується на 2 -3 бали.

2.10. Перескладання позитивної підсумкової модульної рейтингової оцінки з метою її підвищення не дозволяється.

2.11. Сума підсумкової семестрової модульної та залікової рейтингових оцінок у балах становить підсумкову семестрову рейтингову оцінку, яка переходить в оцінки за національною шкалою та шкалою ECTS (табл. 2.1).

2.12. Перескладання позитивної підсумкової семестрової рейтингової оцінки з метою її підвищення не дозволяється.

2.13. Підсумкова семестрова рейтингова оцінка в балах, за національною шкалою та за шкалою ECTS заноситься до заліково-екзаменаційної відомості, навчальної картки та залікової книжки студента.

2.14. Підсумкова семестрова рейтингова оцінка заноситься до залікової книжки та навчальної картки студента.

2.15. Підсумкова модульна рейтингова оцінка, отримана студентом за результатами захисту курсової роботи /окрім відомості модульного контролю, заноситься також до залікової книжки та навчальної картки студента.

3. ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ

1. До основних лінійних оптичних процесів, які проходять на поверхні та в середині середовища, відносяться:

- | | |
|---|----------------------|
| 1) поглинання світла | 3) люмінесценція |
| 2) вимушене комбінаційне розсіювання світла | 4) відбивання світла |

2. До нелінійних оптичних процесів, які проходять на поверхні та в середині середовища, відносяться:

- | | |
|---|------------------------------------|
| 1) поглинання світла | 3) люмінесценція |
| 2) вимушене комбінаційне розсіювання світла | 4) комбінаційне розсіювання світла |

3. Спектром відбивання називається залежність коефіцієнта відбивання від:

- | | |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 1) інтенсивності падаючого світла | 3) довжини хвилі падаючого світла |
| 2) поляризації падаючого світла | 4) енергії падаючого світла |

4. Спектром поглинання називається залежність коефіцієнта поглинання від:

- | | |
|-----------------------------------|--|
| 1) інтенсивності падаючого світла | 3) довжини хвилі падаючого світла |
| 2) поляризації падаючого світла | 4) напрямку поширення падаючого світла |

5. Коефіцієнтом поглинання називається коефіцієнт пропорційності, який виражає кількість:

- | | |
|---|---|
| 1) відбитої енергії з пучка одиничної інтенсивності в шарі одиничної товщини | 3) поглинутої енергії з пучка максимальної інтенсивності в шарі одиничної товщини |
| 2) розсіяної енергії з пучка одиничної інтенсивності в шарі одиничної товщини | 4) поглинутої енергії з пучка одиничної інтенсивності в шарі одиничної товщини |

6. Дайте найбільш повну відповідь: при взаємодії електронів напівпровідника з електромагнітним випромінюванням повинні виконуватися:

- | | |
|--|---|
| 1) закон збереження енергії | 3) закон збереження квазіімпульса |
| 2) закон збереження маси і квазіімпульса системи | 4) закон збереження енергії та закон збереження квазіімпульса |

7. Власним або фундаментальним поглинання називається процес, при якому при поглинанні напівпровідником кванта випромінювання має місце збудження:

- | | |
|--|---|
| 1) електронів із валентної зони в зону провідності | 3) електронів із валентної зони на акцепторний рівень |
| 2) електронів із валентної зони на донорний рівень | 4) електронів із валентної зони на рівень Фермі |

8. Які переходи називаються вертикальними або прямими в процесі взаємодії електрона кристала з полем випромінювання:

- | | |
|--|---|
| 1) які проходять за участю фонона | 3) які проходять за участю ексітона |
| 2) при яких хвильовий вектор не зберігається | 4) при яких хвильовий вектор зберігається |

9. При непрямих переходах в процесі взаємодії електрона кристала з полем випромінювання закон збереження квазіімпульса забезпечується:

- | | |
|----------------------------|---------------------------|
| 1) взаємодією з електроном | 3) взаємодією з фононом |
| 2) взаємодією з ексітоном | 4) взаємодією з солітоном |

10. Ексітонне поглинання реалізується у випадку, коли при поглинанні світла напівпровідниками можливе таке збудження:

- | | |
|---|--|
| 1) електрона валентної зони, при якому він не переходить в зону провідності, а утворює з діркою зв'язану пару | 3) електрона зони провідності, при якому він не переходить у валентні зону, а утворює з діркою зв'язану пару |
| 2) фонона, при якому він не переходить в зону провідності, а утворює з діркою зв'язану пару | 4) солітона, при якому він не переходить в зону провідності, а утворює з діркою зв'язану пару |

11. Дайте повну відповідь: на залежність коефіцієнта поглинання вільними носіями зарядів від довжини хвилі падаючого світла впливають механізми розсіювання на:

- | | |
|--|--|
| 1) акустичних фононах, солітонах та іонізованих домішках | 3) оптичних фононах, солітонах та іонізованих домішках |
| 2) оптичних фононах | 4) акустичних і оптичних фононах та іонізованих домішках |

12. Залежність коефіцієнта поглинання вільними носіями зарядів від довжини хвилі падаючого світла при реалізації механізму розсіювання на акустичних фононах пропорційна:

- | | | | |
|----|-----------------|----|-----------------|
| 1) | $\lambda^{1,5}$ | 3) | $\lambda^{0,5}$ |
| 2) | $\lambda^{2,5}$ | 4) | $\lambda^{3,5}$ |

13. Залежність коефіцієнта поглинання вільними носіями зарядів від довжини хвилі падаючого світла при реалізації механізму розсіювання на оптичних фононах пропорційна:

- | | | | |
|----|-----------------|----|-----------------|
| 1) | $\lambda^{1,5}$ | 3) | $\lambda^{0,5}$ |
| 2) | $\lambda^{2,5}$ | 4) | $\lambda^{3,5}$ |

14. Залежність коефіцієнта поглинання вільними носіями зарядів від довжини хвилі падаючого світла при реалізації механізму розсіювання на іонізованих домішках пропорційна:

- | | | | |
|----|-----------------|----|-----------------|
| 1) | $\lambda^{1,5}$ | 3) | $\lambda^{0,5}$ |
| 2) | $\lambda^{2,5}$ | 4) | $\lambda^{3,5}$ |

15. Домішковим поглинанням називається поглинання світла, яке веде до:

- | | |
|---|--|
| 1) реструктуризації домішкових центрів в кристалі | 3) рекомбінації домішкових центрів в кристалі |
| 2) компенсації домішкових центрів в кристалі | 4) іонізації або збудження домішкових центрів в кристалі |

16. Значення частот випромінювання, яке поглинається коливанням ґратки, визначаються:

- | | |
|--|--|
| 1) концентрацією домішкових центрів в кристалі | 3) сукупністю оптичних і акустичних гілок коливань |
| 2) оптичними гілками коливань | 4) акустичними гілками коливань |

17. Яке вірне формулювання за С.І. Вавіловим: люмінесценція є надлишок над температурним випромінюванням тіла в тому випадку, якщо це випромінювання має:

- | | |
|---|---|
| 1) скінчену тривалість, що значно менше періоду коливань ґратки | 3) скінчену тривалість, що значно менше періоду світлових коливань |
| 2) нескінченну тривалість | 4) скінчену тривалість, що значно перевищує період світлових коливань |

18. У твердих тілах розрізняють види люмінесценції:

- | | |
|----------------------------------|---------------------------------|
| 1) мономолекулярну люмінесценцію | 3) рекомбінаційну люмінесценцію |
| 2) метастабільну люмінесценцію | 4) молекулярну люмінесценцію |

19. У твердих тілах спектр люмінесценції, як правило, зміщений у:

- | | |
|--|---|
| 1) короткохвильовому напрямі по зрівнянню зі спектром поглинання | 3) довгохвильовому напрямі по зрівнянню зі спектром розсіювання |
| 2) короткохвильовому напрямі по зрівнянню зі спектром відбивання | 4) довгохвильовому напрямі по зрівнянню зі спектром поглинання |

20. З експериментальних спектрів люмінесценції нанокристалів можна визначити такі енергетичні параметри :

- | | |
|--|---|
| 1) енергію залягання акцепторних рівнів | 3) енергію кулонівської взаємодії електрона і дірки |
| 2) енергетичні характеристики оптичних фононів | 4) енергетичні характеристики акустичних фононів |

21. При зменшенні розміру нанокристалів спектр люмінесценції зміщується в:

- | | |
|------------------------------|----------------------------|
| 1) короткохвильовому напрямі | 3) довгохвильовому напрямі |
| 2) область менших енергій | 4) область вищих енергій |

22. Якого типу світлодіоди перебивають всю область видимого спектру

- | | |
|--|---|
| 1) на основі гетероструктур InGaN/AlGaIn/GaN | 3) на основі квантових точок CdS _x Se _{1-x} |
| 2) на основі гетероструктур AlInGaP/GaP | 4) на основі квантових точок Al |

23. Енергію кулонівської взаємодії електрона і дірки можна визначити за формулою:

- | | |
|-------------------------------------|--|
| 1) $V = 1.786e^2 / \bar{\epsilon}r$ | 3) $V = 1.786\bar{\epsilon}^{-2} / \epsilon r$ |
| 2) $V = 1.786r^{-2} / \epsilon e$ | 4) $V = 1.786\bar{\epsilon}r^{-2} / e$ |

24. До низьковимірних систем належать:

- | | |
|-------------------|------------------------|
| 1) квантові точки | 3) квантові ями |
| 2) квантові дроти | 4) квантові генератори |

25. До низьковимірних систем можна віднести:

- | | |
|--------------------|-------------------|
| 1) гетероструктури | 3) рідкі кристали |
| 2) нанокристали | 4) розплави |

26. При зменшенні розміру нанокристалів спектр оптичного поглинання зміщується в:

- | | |
|------------------------------|----------------------------|
| 1) короткохвильовому напрямі | 3) довгохвильовому напрямі |
| 2) область менших енергій | 4) область вищих енергій |

27. Якщо виконується умова сильного квантування носіїв заряду для квантових точок зі спектрів оптичного поглинання можна оцінити:

- | | |
|---|--|
| 1) енергію кулонівської взаємодії електрона і дірки | 3) енергетичні характеристики оптичних фононів |
| 2) енергію залягання акцепторних рівнів | 4) середній радіус |

28. Вкажіть правильний варіант відповіді

- | | |
|--|---|
| 1) Просторове обмеження руху електронів і дірок у напівпровідникових квантових точках впливає на енергії переходів лише між критичними точками | 3) впливає на всі енергетичні рівні, але в оптичних спектрах найбільш явно проявляється його вплив на енергії переходів між критичними точками, зокрема переходу між найвищою зайнятою молекулярною орбіталлю та найнижчою вільною молекулярною орбіталлю |
| 2) Просторове обмеження руху електронів і дірок у напівпровідникових квантових точках впливає лише на енергію переходу центра зони Бріллюена | 4) Просторове обмеження руху електронів і дірок у напівпровідникових квантових точках не впливає на енергії переходів між критичними точками |

29. Фононом називається:

- | | |
|---|--|
| 1) осцилятор з визначеною фазовою швидкістю v , кутовою частотою ω і хвильовим вектором q | 3) плоска пружня хвиля з визначеною фазовою швидкістю v , кутовою частотою ω і хвильовим вектором q |
| 2) плоска електромагнітна хвиля з визначеною фазовою швидкістю v , кутовою частотою ω і хвильовим вектором q | 4) плоска непружня хвиля з визначеною фазовою швидкістю v , кутовою частотою ω і хвильовим вектором q |

29. Фотон – це:

- | | |
|--|---|
| 1) осцилятор з визначеною фазовою швидкістю v , кутовою частотою ω і хвильовим вектором q | 3) плоска непружня хвиля з визначеною фазовою швидкістю v , кутовою частотою ω і хвильовим |
|--|---|

- 2) плоска електромагнітна хвиля
- вектором q
- 4) плоска пружня хвиля

30. Дайте правильну відповідь:

- 1) фонони існують в будь – якому середовищі, а фотони існують тільки всередині кристала
- 3) фотони існують в будь – якому середовищі, а фонони існують тільки всередині кристала
- 2) фотони та фонони існують у вакуумі
- 4) фотони та фонони існують в будь – якому середовищі.

31. Квант коливального руху атомів кристала – це:

- 1) ексітон
- 3) фотон
- 2) солітон
- 4) фонон

32. Раманівське (комбінаційне) розсіювання світла:

- 1) непружне розсіювання світла акустичними фононами
- 3) пружне розсіювання світла акустичними фононами
- 2) пружне розсіювання світла оптичними фононами
- 4) непружне розсіювання світла оптичними фононами

33. Манделштам-Брільюенівське розсіювання світла:

- 1) непружне розсіювання світла акустичними фононами
- 3) пружне розсіювання світла оптичними фононами
- 2) пружне розсіювання світла акустичними фононами
- 4) непружне розсіювання світла оптичними фононами

34. Релеєвське розсіювання світла:

- 1) непружне розсіювання світла дислокаціями і дефектами
- 3) пружне розсіювання світла оптичними і акустичними фононами
- 2) непружне розсіювання світла неоднорідностями
- 4) пружне розсіювання світла дислокаціями і дефектами

35. Введення точкових дефектів у кристали веде до появи в спектрах комбінаційного розсіювання світла:

- 1) розсіювання світла першого порядку на акустичних фононах з
- 3) індукованих дефектами раманівських мод першого порядку з

відмінними від нуля хвильовими векторами

2) резонансних коливних мод

відмінними від нуля хвильовими векторами

4) локальних коливних мод

35. Модель "просторової кореляції фононів" успішно використовується для пояснення особливостей фононних спектрів у:

1) аморфних матеріалах

2) металах

3) діелектриках і напівпровідниках

4) нанокристалічних напівпровідниках

36. Ефекти впливу розміру і форми нанокристалів на спектри комбінаційного розсіювання:

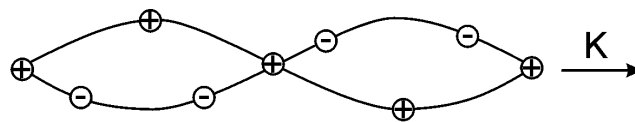
1) зміна значень частот оптичних фононів

2) асиметрія та розширення спектральних ліній

3) прояв розсіювання на поверхневих фононах

4) прояв розсіювання на акустичних фононах

37. На рисунку зображено в кристалі



1) поперечні акустичні (ТА) фонони

2) поперечні оптичні (ТО) фонони

3) поздовжні акустичні (ЛА) фонони

4) поздовжні оптичні (ЛО) фонони.

38. При розгляді явищ, пов'язаних з розповсюдженням коливань вздовж межі розподілу між двома середовищами з різними значеннями діелектричних постійних, внаслідок виникнення пов'язаних з пружними хвилями електромагнітних полів виникає тип коливань

1) не локалізований вздовж межі розподілу

2) локалізований вздовж межі розподілу, які експоненційно затухають в середовищах, що контактують

3) локалізований вздовж межі розподілу, які не затухають в середовищах, що контактують

4) локалізований вздовж межі розподілу, які лінійно затухають в середовищах, що контактують

39. Співвідношення між відповідними частотами фононів об'ємних і нанокристалічних зразків у скляній матриці однакового складу та викликане тиском зменшення параметрів ґратки $\Delta a/a$ задається співвідношенням

$$1) \frac{\Delta a}{a} = \frac{\left(\frac{v_i^{NC}}{v_i^B}\right)^{-3}}{\gamma}$$

$$2) \frac{\Delta a}{a} = \frac{\left(\frac{v_i^{NC}}{v_i^B}\right)^{\frac{1}{\gamma}} - \gamma}{3}$$

$$3) \frac{\Delta a}{a} = \frac{\left(\frac{v_i^{NC}}{v_i^B}\right)^{\frac{1}{\gamma}} - 1}{\gamma}$$

$$4) \frac{\Delta a}{a} = \frac{\left(\frac{v_i^{NC}}{v_i^B}\right)^{\frac{1}{\gamma}} - 1}{3}$$

40. Залежність діелектричної постійної від частоти у полярних кристалах може бути представлена у вигляді:

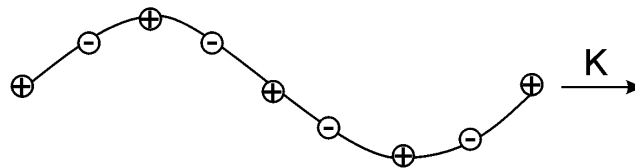
$$1) \varepsilon_s(\omega) = 1 + \frac{\omega_{LO}^2 - \omega_{TO}^2}{\omega_{TO}^2 - \omega^2 - i\omega\Gamma}$$

$$2) \varepsilon_s(\omega) = \varepsilon_\infty \left(1 + \frac{\omega_{LO}^2 - \omega_{TO}^2}{\omega_{TO}^2 - \omega^2 - i\omega\Gamma}\right)$$

$$3) \varepsilon_s(\omega) = \varepsilon_\infty \left(\frac{\omega_{LO}^2 - \omega_{TO}^2}{\omega_{TO}^2 - \omega^2 - i\omega\Gamma}\right)$$

$$4) \varepsilon_s(\omega) = \varepsilon_\infty + \frac{\omega_{LO}^2 - \omega_{TO}^2}{\omega_{TO}^2 - \omega^2 - i\omega\Gamma}$$

41. На рисунку зображено в кристалі



- 1) поперечні акустичні (ТА) фонони
 2) поперечні оптичні (ТО) фонони.
 3) поздовжні акустичні (ЛА) фонони
 4) поздовжні оптичні (ЛО) фонони.

42. Інтенсивність КР першого порядку $I(\omega)$ відповідно до моделі просторової кореляції фононів визначається за співвідношенням

$$1) I(\omega) = \sum_j A_j \int \frac{d^3q |C(0, \vec{q})|^2}{[\omega - \omega_j(\vec{q})]^2 + (\Gamma_0/2)^2}$$

$$2) I(\omega) = A_j \int \frac{d^3q |C(0, \vec{q})|^2}{[\omega - \omega_j(\vec{q})]^2 + (\Gamma_0/2)^2}$$

$$3) I(\omega) = \sum_j A_j \int \frac{[\omega - \omega_j(\vec{q})]^2 + (\Gamma_0/2)^2}{d^3q |C(0, \vec{q})|^2}$$

$$4) I(\omega) = \sum_j A_j \int \frac{d^3q |C(0, \vec{q})|^2 + [\omega - \omega_j(\vec{q})]^2}{[\omega - \omega_j(\vec{q})]^2 + (\Gamma_0/2)^2}$$

43. Поверхневі оптичні фонони локалізовані

1) біля поверхні полярного кристала й експоненційно затухають при віддаленні від поверхні

2) біля поверхні полярного кристала й лінійно затухають при віддаленні від поверхні

2) біля поверхні полярного кристала й синусоїдально затухають при віддаленні від поверхні

2) біля поверхні полярного кристала і не затухають при віддаленні від поверхні

44. У загальному вигляді рівняння Шредінгера можна записати:

1) $i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t} = \hat{H}\Psi$

2) $\frac{\partial \Psi}{\partial t} = \hat{H}\Psi$

3) $i\hbar = \hat{H}\Psi$

4) $\hat{H} \frac{\partial \Psi}{\partial t} = i\hbar\Psi$

45. Надгратки, в яких частина шарів містить магнітні домішки або іони називаються:

1) спіновими надгратками.

2) донорними надгратками.

3) легованими надгратками.

4) акцепторними надгратками.

46. Оператор імпульса частинки визначається співвідношенням:

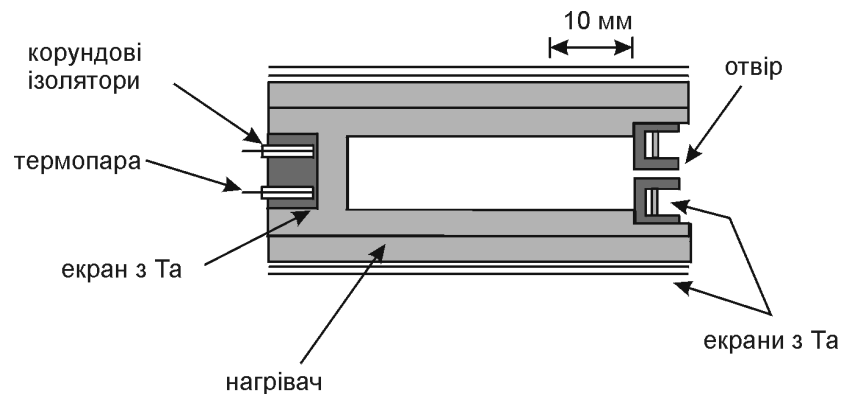
1) $\hat{p} = -i\hbar \frac{mV^2}{2}$

2) $\hat{p} = -i\hbar \nabla$

3) $\hat{p} = -i\hbar \Delta$

4) $\hat{p} = i\hbar \nabla$

47. Виберіть назву методу вирощування кристалів, для якого використовується комірка, схематично зображена на рисунку



1) метод хімічної газофазної епітаксії

2) молекулярно-пучкова епітаксія

3) метод металоорганічної газофазної епітаксії

4) метод Чохральського

48. Надгратки, які створюються за допомогою модульованого легування донорною або акцепторною домішкою, називаються:

- 1) композиційними надгратками.
- 2) донорними надгратками.
- 3) легованими надгратками.
- 4) акцепторними надгратками.

49. Гамільтоніан частинки, яка рухається вільно має вид:

- 1) $\hat{H} = -\frac{\hbar^2}{2} \sum_a \frac{1}{m_a} \Delta_a + U(\vec{r}_1, \vec{r}_2, \dots)$
- 2) $\hat{H} = \frac{\hat{p}^2}{2m} + U(x, y, z)$
- 3) $\hat{H} = -\frac{\hbar^2}{2m} \Delta$
- 4) $\hat{H} = -\frac{\hbar^2}{2m} \Delta + U(x, y, z)$

50. Періодичні структури, у яких шари гетеропари вирощені з різних матеріалів називаються

- 1) композиційною надграткою
- 2) квантовим стержнем
- 3) кристалічною граткою
- 4) надграткою

54. На стадії нормального росту при твердофазному осадженні загальне число нанокристалів вважається

- 1) незмінним і розподіл частинок за розмірами має вигляд функції Гаусса
- 2) незмінним і розподіл частинок за розмірами має вигляд функції Лорентца
- 3) незмінним і розподіл частинок за розмірами має вигляд функції Дірака
- 4) змінним і розподіл частинок за розмірами має вигляд функції Гаусса

55. У квантовій механіці взаємодія частинок описується гамільтоніаном виразом

- 1) $\hat{H} = -\frac{\hbar^2}{2m} \Delta$
- 2) $\hat{H} = \frac{\hat{p}^2}{2m} + U(x, y, z)$
- 3) $\hat{H} = -\frac{\hbar^2}{2} \sum_a \frac{1}{m_a} \Delta_a + U(\vec{r}_1, \vec{r}_2, \dots)$
- 4) $\hat{H} = -\frac{\hbar^2}{2m} \Delta + U(x, y, z)$

56. Для оцінки середнього розміру нанокристалів з півширини дифракційних піків використовується співвідношення

- 1)
- 3)

$$L = \frac{\lambda}{\Delta(2\theta) \cos \theta_0} ,$$

де L – середній діаметр нанокристалів, λ – довжина хвилі рентгенівського випромінювання, $\Delta(2\theta)$ – ширина дифракційного максимуму, θ_0 – кут дифракції.

2)

$$L = \frac{1}{\cos \theta_0} ,$$

де L – середній діаметр нанокристалів, θ_0 – кут дифракції.

$$L = \frac{\lambda}{(2\theta) \cos \theta_0} ,$$

де L – середній діаметр нанокристалів, λ – довжина хвилі рентгенівського випромінювання, θ_0 – кут дифракції.

4)

$$L = \frac{1}{\Delta(2\theta) \cos \theta_0} ,$$

де L – середній діаметр нанокристалів, $\Delta(2\theta)$ – ширина дифракційного максимуму, θ_0 – кут дифракції.

57. Системи, у яких просторове квантування проходить за трьома напрямками й енергетичний спектр є дискретним називаються

- 1) квантовими точками
- 2) квантовим стержнем

- 3) кристалічною ґраткою
- 4) квантовими дротами

58. Гамільтоніан однієї частинки, яка знаходиться у зовнішньому полі, має вигляд:

$$1) \hat{H} = -\frac{\hbar^2}{2m} \Delta$$

$$3) \hat{H} = -\frac{\hbar^2}{2} \sum_a \frac{1}{m_a} \Delta_a + U(\vec{r}_1, \vec{r}_2, \dots)$$

$$2) \hat{H} = -\frac{\hbar^2}{2} \sum_a \frac{1}{m_a} \Delta_a$$

$$4) \hat{H} = -\frac{\hbar^2}{2m} \Delta + U(x, y, z)$$

59. Для оцінки середнього розміру нанокристалів з півширини дифракційних піків використовується

- 1) формула Шеррера
- 2) формулою Шредінгера

- 3) формула Пуассона
- 4) формула Брега

60. Системи, у яких рух електронів є обмеженим в двох напрямках, називаються

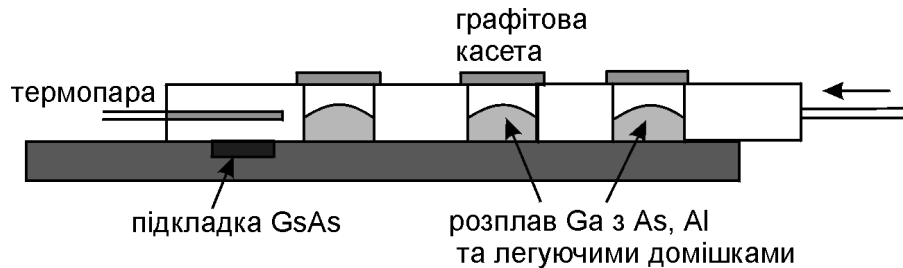
- 1) квантовими точками
- 2) квантовим стержнем

- 3) квантовими генераторами
- 4) квантовими дротами

61. Повні (залежні від часу) хвильові функції стаціонарних станів мають вигляд:

- | | |
|--|---|
| 1) $\Psi = const \times e^{-\frac{i}{\hbar}(Et - \vec{p}\vec{r})}$ | 3) $\Psi = const \times e^{\frac{i}{\hbar}(Et - \vec{p}\vec{r})}$ |
| 2) $\Psi = e^{-\frac{i}{\hbar}(Et - \vec{p}\vec{r})}$ | 4) $\Psi = const \times e^{-(Et - \vec{p}\vec{r})}$ |

62. Виберіть назву методу вирощування, що схематично зображений на рисунку



- | | |
|--|--|
| 1) Метод хімічної газофазної епітаксії | 3) Метод металоорганічної газофазної епітаксії |
| 2) Метод рідкофазної епітаксії | 4) Метод Чохральського |

63. Періодична структура з квантовими ямами, які розділені не занадто широкими бар'єрами, називається

- | | |
|-----------------------|-------------------------|
| 1) ґраткою | 3) кристалічною ґраткою |
| 2) квантовим стержнем | 4) надґраткою |

64. Одномірне рівняння Шредінгера, що описує рух частинки у прямокутній потенціальній ямі (ящику) з нескінченно високими стінками має вигляд:

- | | |
|--|--|
| 1) $i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t} = \hat{H}\Psi$ | 3) $\frac{d^2\Psi(x)}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2}[E - U(x)]\Psi(x) = 0$ |
| 2) $\frac{d^2\Psi(x)}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2}[U(x) - E]\Psi(x) = 0$ | 4) $\frac{d^2\Psi(x)}{dx^2} = \frac{2m}{\hbar^2}[E - U(x)]\Psi(x)$ |

65. Енергії перших двох квантово-розмірних максимумів у спектрах оптичного поглинання напівпровідникових квантових точок визначаються за формулами

- | | |
|---|---|
| 1) $E_1 = \frac{0.71\hbar^2\varphi_1^2}{2\mu\bar{r}^2}, E_2 = \frac{0.71\hbar^2\varphi_2^2}{2\mu\bar{r}^2}$ | 3) $E_1 = -\frac{0.71\hbar^2\varphi_1^2}{2\mu\bar{r}^2}, E_2 = -\frac{0.71\hbar^2\varphi_2^2}{2\mu\bar{r}^2}$ |
|---|---|

2)

$$E_1 = -\frac{0.71\hbar^2 \phi_1^2}{2\mu\bar{r}^2}, \quad E_2 = \frac{0.71\hbar^2 \phi_2^2}{2\mu\bar{r}^2}$$

4)

$$E_1 = \frac{0.71\hbar^2 \phi_1^2}{2\mu\bar{r}^2}, \quad E_2 = -\frac{0.71\hbar^2 \phi_2^2}{2\mu\bar{r}^2}$$

66. Власні функції одномірного рівняння Шредінгера, що описує рух частинки у прямокутній потенціальній ямі (ящику) з нескінченно високими стінками можна записати у вигляді:

1)
$$\Psi_n(x) = \sqrt{\frac{2}{a}} \sin \frac{\pi n x}{a}$$

3)
$$\Psi_n(x) = \frac{2}{a} \sin \frac{\pi n x}{a}$$

2)
$$\Psi_n(x) = \sqrt{\frac{2}{a}} \sin \frac{\pi n x}{a}$$

4)
$$\Psi_n(x) = \sin \frac{\pi n x}{a}$$

67. Структура з одинарною квантовою ямою, якщо величина ширини забороненої зони E_g^A у матеріалі A є менша за величину ширини забороненої зони E_g^B у матеріалі B називається:

1) подвійний гетероперехід першого роду

3) подвійний гетероперехід третього роду

2) подвійний гетероперехід другого роду

4) подвійний гетероперехід четвертого роду

68. Структура з квантовою ямою для носіїв заряду одного сорту і водночас структурою з одинарним бар'єром для носіїв заряду іншого сорту називається:

1) подвійний гетероперехід першого роду

3) подвійний гетероперехід третього роду

2) подвійний гетероперехід другого роду

4) подвійний гетероперехід четвертого роду

69. Гамільтоніан лінійний осцилятора (частинки, яка здійснює одномірні малі коливання має вид:

1)
$$\hat{H} = \frac{m\omega^2 x^2}{2}$$

3)
$$\hat{H} = \frac{\hat{p}^2}{2m} + \frac{m\omega^2 x^2}{2}$$

2)
$$\hat{H} = \frac{\hat{p}^2}{2m} + \frac{m\omega^2 x^2}{2}$$

4)
$$\hat{H} = \frac{\hat{p}^2}{2m} + \frac{m}{2} \frac{\partial^2 x}{\partial t^2}$$

70. У залежності від розташування ширини забороненої зони E_g одного з композиційних матеріалів по відношенні до ширини забороненої зони іншого розрізняють кількість типів гетеропереходів:

1) один

3) три

2) два

4) п'ять

71. Якщо рух електронів у квантовій ямі обмежений в одному напрямку, наприклад вздовж осі OX , то енергетичний спектр електронів складається із наступних окремих підзон:

$$1) E = E_C + \frac{\hbar^2(k_y^2 + k_z^2)}{2m_n^*}$$

$$2) E = E_C + E_{Cn} + \frac{\hbar^2(k_y^2 + k_z^2)}{2m_n^*}$$

$$3) E = E_C + E_{Cn} + \frac{\hbar^2(k_y^2 + k_z^2)}{2m_n}$$

$$4) E = E_C + E_{Cn} + \frac{\hbar^2 k_x^2}{2m_n^*}$$

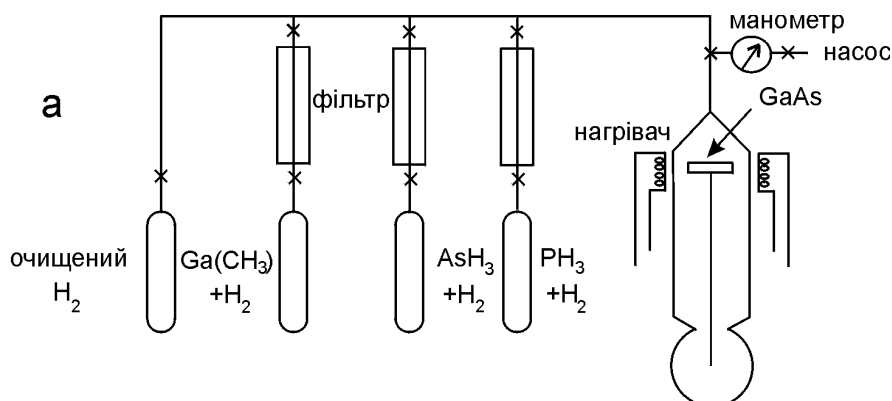
71. Системи, рух електрона в якій обмежений в одному з напрямків, а в двох інших напрямках електрон може вільно переміщуватися є:

- | | |
|---------------------|-----------------------|
| 1) квантовою ямою | 3) квантовими дротами |
| 2) квантовою точкою | 4) квантовими нитками |

72. Системи, у яких рух електронів є обмеженим в двох напрямках, називаються

- | | |
|---------------------|-----------------------|
| 1) квантовою ямою | 3) квантовими дротами |
| 2) квантовою точкою | 4) квантовими нитками |

73. Виберіть назву методу вирощування кристалів, що схематично зображений на рисунку



- | | |
|--|--|
| 1) метод хімічної газофазної епітаксії | 3) метод металоорганічної газофазної епітаксії |
| 2) метод рідкофазної епітаксії | 4) метод Чохральського |

74. Системи, у яких просторове квантування проходить за трьома напрямками й енергетичний спектр є дискретним, називаються

- | | |
|---------------------|-----------------------|
| 1) квантовими ямами | 3) квантовими дротами |
| 2) квантовою точкою | 4) квантовими нитками |

75. Спектр поглинання ансамблю квантових точок $\alpha(h\nu)$ залежить від поглинання квантових точок різного розміру $\alpha(h\nu, r)$, відповідних функцій розподілу розмірів напівпровідникових частинок $N(r)$ наступним виразом:

$$1) \alpha(h\nu) = \sum_r N(r)\alpha(h\nu, r)$$

$$3) \alpha(h\nu) = \sum_r \frac{N(r)}{\alpha(h\nu, r)}$$

$$2) \alpha(h\nu) = N(r)\alpha(h\nu, r)$$

$$4) \alpha(h\nu) = \sum_r \frac{\alpha(h\nu, r)}{N(r)}$$

76. У якому методі вирощування макроскопічних кристалів реалізуються умови, при яких затравочний кристал знаходиться у контакті з розплавом, а вздовж довжини контейнера створюється температурний градієнт називається:

1) метод Чохральського

3) метод вкраплення у діелектричну матрицю

2) метод Бріджмена

4) метод колоїдної хімії

77. Якщо поглинання світла приводить до іонізації або збудження домішкових центрів в кристалі то таке поглинання називається

1) власним поглинання при прямих міжзонних переходах.

3) ексітонне поглинання.

2) власне поглинання при непрямих переходах.

4) домішкове поглинання.

78. Якщо поглинання світла приводить до переходу електрона з одного рівня долини на інший, то таке поглинання називається

1) власним поглинання при прямих міжзонних переходах.

3) ексітонним поглинанням.

2) власним поглинання при непрямих переходах.

4) поглинання вільними носіями зарядів.

79. Якщо при поглинанні світла напівпровідниками відбувається збудження електрона валентної зони, при якому він не переходить в зону провідності, а утворює з диркою зв'язану пару то таке поглинання називається

1) власним поглинання при прямих міжзонних переходах.

3) ексітонним поглинанням.

2) власним поглинання при непрямих переходах.

4) поглинання вільними носіями зарядів.

80. Якщо при поглинанні напівпровідником кванта випромінювання має місце збудження електронів із валентної зони в зону провідності, при цьому

закон збереження квазіімпульса забезпечується взаємодією з фононом, то таке поглинання називається

- | | |
|--|---|
| 1) власним поглинанням при прямих міжзонних переходах. | 3) Ексітонним поглинанням. |
| 2) власним поглинанням при непрямих переходах. | 4) Поглинання вільними носіями зарядів. |

81. Виберіть метод, що не використовується для отримання нанокристалів:

- | | |
|---|--|
| 1) метод Чохральського | 3) метод вкраплення у діелектричну матрицю |
| 2) метод одночасного розпилення компонентів | 4) метод колоїдної хімії |

82. Енергетичний спектр δ -шару записується у вигляді, який є характерним для двумірного електронного газу:

- | | |
|---|---|
| 1) $W = \frac{\hbar^2}{2m_n^*} (k_x^2 + k_y^2)$ | 3) $W = W_j + \frac{\hbar^2}{2m_n^*} (k_x^2 + k_y^2)$ |
| 2) $W = W_j + \frac{\hbar^2}{2m_n^*} (k_x^2 + k_y^2)^2$ | 4) $W = W_j + \frac{\hbar^2}{2m_n^*} (k_x^2 + k_y^2 + k_z^2)$ |

83. Якщо при поглинанні напівпровідником кванта випромінювання має місце збудження електронів із валентної зони в зону провідності, при цьому мінімум енергії зони провідності, який характеризується хвильовим вектором $k_{\text{мін}}$ і максимум енергії валентної зони, що характеризується хвильовим вектором $k_{\text{макс}}$, знаходяться в одній точці зони Бріллюена (звичайно в точці $k = 0$), то таке поглинання називається

- | | |
|--|---|
| 1) власним поглинанням при прямих міжзонних переходах. | 3) ексітонним поглинанням. |
| 2) власним поглинанням при непрямих переходах. | 4) Поглинання вільними носіями зарядів. |

84. Виберіть метод, що не використовується для вирощування нанокристалів:

- | | |
|---|-------------------------------|
| 1) метод одночасного розпилення компонентів | 3) метод лазерного розпилення |
| 2) метод іонної імплантації | 4) метод Бріджмена |

85. Виберіть метод, що не використовується для вирощування нанокристалів:

- | | |
|--------------------------------|---|
| 1) метод Бріджмена | 3) метод молекулярно-пучкової епітаксії |
| 2) метод рідкофазної епітаксії | 4) метод Чохральського |

86. Фуллерени – це природна форма

- | | |
|------------|------------|
| 1) графіту | 3) графену |
| 2) алмазу | 4) вуглецю |

87. Сферичне ядро одного селективно леговано акцепторами напівпровідникового матеріалу, що має негативний заряд, яке оточене бездомішковою матрицею з більшою шириною забороненої зони ϵ :

- | | |
|----------------|-----------------|
| 1) надантиатом | 3) надатом |
| 2) надядром | 4) надантиядром |

88. Сферичне ядро одного селективно легованого донорами напівпровідникового матеріалу, що має позитивний заряд, яке оточене бездомішковою матрицею з меншою шириною забороненої зони ϵ :

- | | |
|----------------|-----------------|
| 1) надантиатом | 3) надатом |
| 2) надядром | 4) надмолекулою |

89. До особливостей δ -легованих структур, які відрізняють їх від гетеропереходів з двомірним електронним газом не належить твердження:

- | | |
|---|---|
| 1) у δ -легованих структурах заповненими є декілька квантово-розмірних підзон | 3) електрони нижніх підзон не екранують кулонівський потенціал домішок для верхніх підзон |
| 2) рухливість носіїв заряду на різних квантових підрівнях суттєво відрізняються одна від одної. | 4) електрони нижніх підзон екранують кулонівський потенціал домішок для верхніх підзон |

90. Якщо при легуванні напівпровідника домішка розподілена не однорідно по об'єму, а зконцентрована у вузьких шарах, який в ідеальному випадку складає один моношар, то такі структури називаються

- | | |
|-------------------------|------------------------------|
| 1) спіновими надгратки. | 3) легованими надгратками. |
| 2) δ -шарами | 4) акцепторними надгратками. |

91. Кристалічні фуллерени і плівки є напівпровідниками.

- | | |
|--|---|
| 1) з шириною забороненої зони 3–5 eV і при оптичному опроміненні | 3. з шириною забороненої зони 1.2–1.9 eV і при оптичному опроміненні не є |
|--|---|

є фотопровідниками
2) з шириною забороненої зони 1.2–1.9 eV і при оптичному опроміненні є фотопровідниками

фотопровідниками
з шириною забороненої зони 3–5 eV і при оптичному опроміненні не є фотопровідниками

92. Розчини фуллеренів в органічних розчинниках характеризуються
1) нелінійними оптичними властивостями, що проявляється, зокрема, в різкому зниженні прозорості розчину при збільшенні до певного критичного значення інтенсивності оптичного випромінювання
2) нелінійними оптичними властивостями, що проявляється, зокрема, в різкому підвищенні прозорості розчину при зменшенні до певного критичного значення інтенсивності оптичного випромінювання

3) лінійними оптичними властивостями, що проявляється, зокрема, в різкому підвищенні прозорості розчину при зменшенні до певного критичного значення інтенсивності оптичного випромінювання
4) лінійними оптичними властивостями, що проявляється, зокрема, в різкому зниженні прозорості розчину при збільшенні до певного критичного значення інтенсивності оптичного випромінювання

93. При частковому термічному порушенні шарів графіта можуть утворюватися молекули фуллеренів

1) тільки замкнутих сферичної або сфероїдальної структури
2) замкнутих сферичної або сфероїдальної структури, але також і трубки, поверхня яких утворена правильними шестикутниками

3) тільки трубки, поверхня яких утворена правильними шестикутниками
4) тільки трубки, поверхня яких утворена правильними квадратами

94. Фотонні кристали – це структури з
1) сильною модуляцією показника заломлення в трьох вимірах
2) сильною модуляцією провідності

3) однаковими значеннями показника заломлення в трьох вимірах
4) однаковими значеннями провідності в трьох вимірах

95. Розмірне квантування екситонів у напівпровідникових наноструктурах

1) не веде до додаткового зростання резонансного локального відклику

3) не веде до додаткового зростання резонансного локального відклику і не може бути використано у мікрорезонаторі з вбудованою квантовою ямою

2) веде до додаткового зростання резонансного локального відклику

4) веде до додаткового зростання резонансного локального відклику і може бути використано у мікрорезонаторі з вбудованою квантовою ямою

96. Характер розмірного квантування у напівпровідникових квантових точках визначається

1) співвідношенням радіуса напівпровідникової сфери r та борівських радіусів електрона R_e і дірки R_h в напівпровіднику, де $R_e = \hbar^2 \varepsilon / m_e^* e^2$, $R_h = \hbar^2 \varepsilon / m_h^* e^2$, ε – діелектрична проникність напівпровідника, m_e^* і m_h^* – ефективні маси відповідно електрона та дірки, e – заряд електрона

2) співвідношенням борівських радіусів електрона R_e і дірки R_h в напівпровіднику, де $R_e = \hbar^2 \varepsilon / m_e^* e^2$, $R_h = \hbar^2 \varepsilon / m_h^* e^2$, ε – діелектрична проникність напівпровідника, m_e^* і m_h^* – ефективні маси відповідно електрона та дірки, e – заряд електрона

3) співвідношенням радіуса напівпровідникової сфери r та борівських радіусів електрона R_e де $R_e = \hbar^2 \varepsilon / m_e^* e^2$, ε – діелектрична проникність напівпровідника, m_e^* – ефективна маса електрона, e – заряд електрона

4) співвідношенням радіуса напівпровідникової сфери r та борівського радіуса дірки R_h в напівпровіднику, де $R_h = \hbar^2 \varepsilon / m_h^* e^2$, ε – діелектрична проникність напівпровідника, m_h^* – ефективна маса дірки, e – заряд електрона

97. Скільки варіантів зазвичай розглядаються при обмеженні руху електронів і дірок у напівпровідникових мікрочастинках

1) один
2) два

3) три
4) чотири

98. Визначіть всі варіанти при розгляді обмеженого руху електронів і дірок у напівпровідникових квантових точках

1) слабе розмірне квантування, коли радіус напівпровідникової сфери r більший за борівський радіус електронів R_e і дірок R_h ,

3) сильне квантування, коли

1) слабе розмірне квантування, коли радіус напівпровідникової сфери r більший за борівський радіус електронів R_e і дірок R_h ,

2) проміжний випадок, для якого $R_h < r < R_e$;

1) слабе розмірне квантування, коли

$$r < (R_h, R_e).$$

радіус напівпровідникової сфери r більший за борівський радіус електронів R_e і дірок R_h ,
 2) проміжний випадок, для якого $R_h < r < R_e$;
 3) сильне квантування, коли $r < (R_h, R_e)$.

99. Найбільш точна оцінка середнього радіуса квантових точок зі спектрів оптичного поглинання можлива

- | | |
|---|---|
| 1) в умовах сильного розмірного квантування ($\bar{r} < R_B$) | 2) для проміжного випадку ($R_h < r < R_e$) |
| 2) в умовах слабого розмірного квантування ($\bar{r} > R_h, R_e$) | 3) при умові ($\bar{r} < R_B$ і $\bar{r} > R_h, R_e$) |

100. Якщо вважати незалежними від розмірів дійсну частину діелектричної проникності та силу осциляторів відповідних станів, то вираз для енергетичного положення максимумів поглинання у напівпровідникових квантових точках має вигляд

1)	2)
$E_{(n_e, l_e), (n_h, l_h)} = E_b + \frac{\hbar^2}{2\bar{r}^2} \left[\frac{\varphi_{n_e, l_e}^2}{m_e^*} + \frac{\varphi_{n_h, l_h}^2}{m_h^*} \right]$	$E_{(n_e, l_e), (n_h, l_h)} = E_b - \frac{\hbar^2}{2\bar{r}^2} \left[\frac{\varphi_{n_e, l_e}^2}{m_e^*} + \frac{\varphi_{n_h, l_h}^2}{m_h^*} \right]$

де E_b – ширина забороненої зони об'ємного кристала, $\varphi_{n, l}$ – корені сферичної функції Бесселя для відповідних квантових чисел.

де E_b – ширина забороненої зони об'ємного кристала, $\varphi_{n, l}$ – корені сферичної функції Бесселя для відповідних квантових чисел.

3)	4)
$E_{(n_e, l_e), (n_h, l_h)} = E_b + \frac{\hbar^2}{2\bar{r}^2} \left[\frac{\varphi_{n_e, l_e}^2}{m_e^*} - \frac{\varphi_{n_h, l_h}^2}{m_h^*} \right]$	$E_{(n_e, l_e), (n_h, l_h)} = E_b - \frac{\hbar^2}{2\bar{r}^2} \left[\frac{\varphi_{n_e, l_e}^2}{m_e^*} - \frac{\varphi_{n_h, l_h}^2}{m_h^*} \right]$

де E_b – ширина забороненої зони об'ємного кристала, $\varphi_{n, l}$ – корені сферичної функції Бесселя для відповідних квантових чисел.

де E_b – ширина забороненої зони об'ємного кристала, $\varphi_{n, l}$ – корені сферичної функції Бесселя для відповідних квантових чисел.

101. Найбільш інтенсивними лінійними оптичними процесами є:

- | | |
|----------------------|-----------------------|
| 1) поглинання світла | 3) люмінесценція |
| 2) відбивання світла | 4) розсіювання світла |

Методичне видання

Гомоннай
Олександр Олександрович

Гомоннай
Олександр Васильович

– доцент кафедри оптики
фізичного факультету
ДВНЗ ”УжНУ”,
кандидат фіз.-мат. наук
– завідувач відділу
ІЕФ НАН України
доктор фіз.-мат. наук

Методичні вказівки для студентів фізичного факультету спеціалізації 6.105-
прикладна фізика і наноматеріали

Гомоннай О.О., Гомоннай О.В.

«Основи фізики та технології наноструктур»

Методичні вказівки та тестові завдання
для студентів вищих навчальних закладів
III - IV рівнів акредитації
Спеціальність: 6.105-прикладна фізика і наноматеріали

Формат 60×84/16. Умовн. друк. арк. 2,33. Зам № 2. Наклад 100 прим.
Видавництво УжНУ "Говерла". м. Ужгород, вул Капітульна, 18. Тел.: 3-32-48.

*Свідоцтво про внесення до державного реєстру
видавців, виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції –
Серія 3т № 32 від 31 травня 2006 року*