

# ДНІПРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ОЛЕСЯ ГОНЧАРА

Факультет фізики, електроніки та комп'ютерних систем

Кафедра прикладної радіофізики, електроніки та наноматеріалів

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

В.о. проректора  
з наукової роботи

Олег МАРЕНКОВ

2021 р.



## РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

3-105-2 Оптика наноструктур

(шифр із ОПІІ і повна назва навчальної дисципліни)

**для здобувачів вищої освіти**

рівень вищої освіти третій (освітньо-науковий)

галузь знань 10 Природничі науки

спеціальність 105 Прикладна фізика та наноматеріали

(шифр і назва спеціальності)

спеціалізація \_\_\_\_\_

(за наявності)

(назва спеціалізації)

освітньо-наукова програма Прикладна фізика та наноматеріали

(назва освітньої програми)

факультет фізики, електроніки та комп'ютерних систем

(назва)

вид дисципліни обов'язкова

(обов'язкова/вибіркова)

Дніпро  
2021

**Розробник:** Дергачов М.П., доцент кафедри прикладної радіофізики, електроніки та наноматеріалів, канд. фіз.-мат. наук

(вказати розробників: ПІБ, посада, науковий ступінь, вчене звання)

**Робоча програма схвалена:**

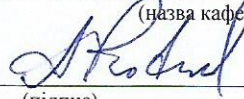
на засіданні кафедри прикладної радіофізики, електроніки та наноматеріалів

(назва кафедри)

від « 15 » червня 2021 р. Протокол № 10

Завідувач кафедри прикладної радіофізики, електроніки та наноматеріалів

(назва кафедри)



(Олександр КОВАЛЕНКО)

(підпис)


**Ухвалено:**

на засіданні науково-методичної ради факультету фізики, електроніки та комп'ютерних систем

(назва)

від «19» червня 2021 р. Протокол № 6

Голова НМРФ



(Андрій ТУРИНОВ)

(підпис)

*Робочу програму схвалено на засіданні кафедри прикладної радіофізики, електроніки та наноматеріалів на наступний навчальний рік*

20 22/20 23 н. р.      протокол № 11 , від « 30 » червня 20 22 р.

20 \_\_/20 \_\_ н. р.      протокол № \_\_ , від « \_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_ р.

20 \_\_/20 \_\_ н. р.      протокол № \_\_ , від « \_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_ р.

20 \_\_/20 \_\_ н. р.      протокол № \_\_ , від « \_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_ р.



## 1. Мета дисципліни.

Метою викладання дисципліни «Оптика наноструктур» є ознайомлення здобувача вищої освіти з узагальненими сучасними відомостями про природу, характер та закономірності оптичних явищ у твердотільних наноструктурах – гетероструктурах з характерними масштабами просторових неоднорідностей в інтервалі від одиниць до сотень нанометрів. Під час викладання дисципліни особлива увага приділяється формуванню у здобувача прогностичної здатності щодо параметрів та оптичних властивостей створюваних наноструктур.

Вибіркова дисципліна формує такі **компетентності** за ОНП:

**ЗК 01.** Здатність до абстрактного мислення, використання сучасних інформаційних та комунікативних технологій для пошуку, обробки і критичного аналізу інформації з різних джерел, синтезу існуючих та генеруванню нових ідей під час вирішення дослідницьких та практичних завдань, у тому числі міждисциплінарних галузях.

**ЗК 02.** Здатність дотримуватися етичних норм та авторського права при проведенні наукових досліджень, діяти на основі принципів академічної доброчесності, а також ставитися із повагою до національних та культурних традицій, способів роботи і мислення інших.

**ЗК 03.** Здатність використовувати у професійній роботі знання основ людського мислення, проводити оригінальне наукове дослідження та здійснювати дослідницько-наукову діяльність на основі глибокого переосмислення наявних та створення нових цілісних теоретичних та практичних знань.

**ЗК 06.** Здатність сприймати та обробляти новітню інформацію з наукових джерел іноземною мовою.

**СК 01.** Обізнаність у сфері основних положень сучасної філософії науки і техніки. Здатність оцінювати з філософських позицій досягнення у галузі прикладної фізики та наноматеріалів.

**СК 02.** Здатність аналізувати взаємозв'язок філософських та наукових питань прикладної фізики та наноматеріалів з проблематикою сучасної прикладної етики і психологічних теорій.

**СК 04.** Здатність реферувати, анутовати та перекладати неадаптовану професійно-орієнтовану літературу.

**СК 08.** Здатність переосмислювати наявне та створювати нове цілісне знання та/або професійну практику в галузі прикладної фізики та наноматеріалів.

**СК 09.** Здатність адаптувати і узагальнювати результати сучасних досліджень, методів досліджень в галузі прикладної фізики та наноматеріалів для розв'язування наукових і прикладних завдань.

**СК 10.** Здатність до добору адекватного експериментального обладнання, математичного апарату, прикладного комп'ютерного забезпечення на основі відомостей про об'єкт дослідження, визначати їх межі застосовності.

**СК 11.** Здатність аналізувати одержані результати, надавати їм інтерпретацію та визначати межі придатності.

**СК 12.** Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт в галузі прикладної фізики та наноматеріалів.

## 2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни (за наявності).

Для опанування навчального матеріалу з дисципліни «Оптика наноструктур» здобувач вищої освіти повинен мати базові знання з оптики, атомної фізики, фізики твердого тіла, електродинаміки та квантової механіки, вміти працювати з науковою літературою. Також для здобувача вищої освіти бажано володіти навичками читання

і перекладу англomовного тексту, бути ознайомленим з основними поняттями та методами оптичної спектроскопії.

### 3. Результати навчання за дисципліною та їх співвідношення із програмними результатами навчання.

В результаті вивчення дисципліни «Оптика наноструктур» здобувач вищої освіти повинен **знати**:

- типи твердотільних наноструктур;
- основні ефекти в оптичних спектрах наноструктур;
- основні ідеї, наближення та підходи для інтерпретації оптичних спектрів наноструктур з періодично модульованою діелектричною проникністю, низькорозмірних напівпровідникових наноструктур, металевих наночастинок та структур на їх основі.

В результаті вивчення дисципліни «Оптика наноструктур» здобувач вищої освіти повинен **вміти**:

- проводити характеристизацію наноструктур на основі їхніх оптичних спектрів;
- розраховувати параметри фотонної забороненої зони в структурах з модуляцією діелектричної проникності в одному просторовому напрямку;
- прогнозувати характер змін в спектрі випромінювання джерела, розміщеного усередині фотонного кристалу або поблизу металеві наночастинок;
- використовувати набуті знання при розробці нових джерел світла, сенсорів та елементів оптичних інформаційних систем.

За результатами вивчення дисципліни мають бути досягнуті програмні результати за ОНП:

ПР 01. Володіти комунікативними навичками для спілкування в національному та іншомовному середовищах з фахівцями та нефахівцями щодо проблем в області філософської та наукової проблематики.

ПР 09. Демонструвати глибокі знання в галузі прикладної фізики та наноматеріалів, зокрема засвоєння основних концепцій, сучасного стану наукових знань, оволодіння термінологією з наукового напрямку досліджень.

ПР 10. Уміти добирати та застосовувати сучасне експериментальне обладнання, математичний апарат, прикладне комп'ютерне забезпечення для проведення досліджень у області прикладної фізики та наноматеріалів.

ПР 11. Уміти інтерпретувати результати експериментальних досліджень, комп'ютерної симуляції та розрахунків фізичних процесів, властивостей матеріалів, функціонування приладів, апаратури та обладнання, співвідносячи їх з існуючими теоріями та практичними результатами. Уміти проводити аналіз, оцінку наукових положень та ідей та генерування нових.

## 4. Структура навчальної дисципліни.

2-й курс, 3-й семестр

Форма навчання: очна

№ п/п	Номер і назва теми	Кількість годин*				Примітки*	
		лекції	практичні заняття	лабораторні заняття	самостійна робота	2022/23 н.р.	2023/24 н.р.
<b>3-й семестр</b>							
<b><i>Розділ 1. Оптика фотонних кристалів</i></b>							
1	<b>Тема 1.</b> Концепція фотонного кристалу. Рух квантової частинки в періодичному потенціалі. Поширення електромагнітних хвиль у періодичному середовищі. Локалізація хвиль в сильно неоднорідних середовищах з багаторазовим розсіюванням.	2	0	0	10		
2	<b>Тема 2.</b> Типи фотонних кристалів та їхня фотонна зонна структура. Оптичні властивості фотонних кристалів на основі опалів. Прояв дефектів та структурної неупорядкованості.	4	4	0	10		
3	<b>Тема 3.</b> Випромінювання та розсіювання випромінювання в фотонних кристалах та нанокompозитах на основі опалів.	2	4	0	10		
<b><i>Розділ 2. Оптика низькорозмірних напівпровідникових наноструктур</i></b>							
4	<b>Тема 4.</b> Класифікація напівпровідникових гетероструктур. Розмірне квантування електронних станів та оптичні переходи.	2	0	0	12		
5	<b>Тема 5.</b> Оптичні властивості структур з квантовими ямами. Оптика квантових точок.	2	2	0	14		
6	<b>Тема 6.</b> Застосування напівпровідникових наноструктур з квантовими ямами та точками.	2	2	0	14		
<b><i>Розділ 3. Оптичні властивості металевих наночастинок</i></b>							
7	<b>Тема 7.</b> Резонанси Мі окремих металевих наночастинок. Вплив розміру та форми частинок. Електродинамічний та контактний ефекти оточення.	2	2	0	14		
8	<b>Тема 8.</b> Лінійні та нелінійні оптичні явища в структурах з металевими наночастинками.	2	2	0	14		
9	<b>Тема 9.</b> Застосування структур з металевими наночастинками для детектування, переносу та підсилення оптичного випромінювання.	2	2	0	14		
	<b>ВСЬОГО</b>	<b>150</b>	20	18	0	112	

Примітки:

\* Зазначається збільшення (зменшення) годин за темами у разі потреби.  
(Наприклад: +2л, -4пр.)

## Форма навчання: заочна

№ п/п	Номер і назва теми	Кількість годин*				Примітки*	
		лекції	практичні заняття	лабораторні заняття	самостійна робота	2022/23 н.р.	2023/24 н.р.
<b>3-й семестр</b>							
<b>Розділ 1. Оптика фотонних кристалів</b>							
1	<b>Тема 1.</b> Концепція фотонного кристалу. Рух квантової частинки в періодичному потенціалі. Поширення електромагнітних хвиль у періодичному середовищі. Локалізація хвиль в сильно неоднорідних середовищах з багаторазовим розсіюванням.	1	0	0	14		
2	<b>Тема 2.</b> Типи фотонних кристалів та їхня фотонна зонна структура. Оптичні властивості фотонних кристалів на основі опалів. Прояв дефектів та структурної неупорядкованості.	1	0	0	14		
3	<b>Тема 3.</b> Випромінювання та розсіювання випромінювання в фотонних кристалах та нанокompозитах на основі опалів.	0	2	0	14		
<b>Розділ 2. Оптика низькорозмірних напівпровідникових наноструктур</b>							
4	<b>Тема 4.</b> Класифікація напівпровідникових гетероструктур. Розмірне квантування електронних станів та оптичні переходи.	0	1	0	14		
5	<b>Тема 5.</b> Оптичні властивості структур з квантовими ямами. Оптика квантових точок.	1	1	0	14		
6	<b>Тема 6.</b> Застосування напівпровідникових наноструктур з квантовими ямами та точками.	0	0	0	20		
<b>Розділ 3. Оптичні властивості металевих наночастинок</b>							
7	<b>Тема 7.</b> Резонанси Мі окремих металевих наночастинок. Вплив розміру та форми частинок. Електродинамічний та контактний ефекти оточення.	1	1	0	16		
8	<b>Тема 8.</b> Лінійні та нелінійні оптичні явища в структурах з металевими наночастинок.	0	1	0	16		
9	<b>Тема 9.</b> Застосування структур з металевими наночастинок для детектування, переносу та підсилення оптичного випромінювання.	0	0	0	18		
	<b>ВСЬОГО</b>	<b>150</b>	4	6	0	140	

Примітки:

\* Зазначється збільшення (зменшення) годин за темами у разі потреби.  
(Наприклад: +2л, -4пр.)

## 5. Схема формування оцінки

### 5.1 Шкала відповідності оцінювання:

Відмінно/Excellent	Зараховано/Passed	90-100
Добре/Good		82-89
Задовільно/Satisfactory		75-81
		64-74
Незадовільно/Fail		60-63
Незадовільно/Fail	Не зараховано/Fail	0-59

### 5.2 Форми та організація оцінювання:

#### Поточне оцінювання :

Форма оцінювання	Терміни оцінювання (тиждень)	Максимальна кількість балів
Оцінювання доповідей із рефератами	8-й тиждень,	20
	12-й тиждень,	20
	17-й тиждень	20
Оцінювання індивідуальних розрахункових завдань	Завдання № 1 - 7-й тиждень,	20
	Завдання № 2 - 16-й тиждень	20
<b>Кількість балів за поточне оцінювання</b>		<b>100</b>

#### Підсумкове оцінювання:

Форма оцінювання	Максимальна кількість балів
Диференційований залік	100

## 6. Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачає навчальна дисципліна.

Обладнання спеціалізованої лабораторії (корпус 15, кімн. 004). Персональні комп'ютери для пошуку інформації та підготовки презентацій. Програмне забезпечення – Офіс 365 для дистанційного навчання. Програмні пакети для виконання розрахунків.

## 7. Рекомендована література:

### *Основна: (Базова)*

1. Joannopoulos, J.D. Photonic crystals. Molding the flow of light /J.D. Joannopoulos, S.G. Johnson, J.N. Winn, R.D. Meade. – Princeton and Oxford: Princeton University Press, Second Edition, 2008. – 304 p.
2. Ivchenko, E. L. (1997). Superlattices and Other Heterostructures. Springer Series in Solid-State Sciences /E.L. Ivchenko, E. L., G.E. Pikus. – Springer-Verlag. Second Edition, 1997 – 380 p.
3. Maier, S.A. Plasmonics: Fundamentals and Applications / S.A. Maier. - Springer Science+Business Media, LLC, 2007. – 224 p.
4. Novotny, L. Principles of Nano-Optics /L. Novotny, B. Hecht. – Cambridge: Cambridge University Press, 2006. – 540 p.

### *Додаткова:*

5. Moiseyenko, V., Dergachov, M. Optics phenomena in synthetic opal photonic crystals. In: Lyagushyn, S., (Ed.). (2012). Quantum Optics and Laser Experiments. IntechOpen, pp. 87-106. <https://doi.org/10.5772/1394>



6. Moiseyenko V., Yevchik A V., Dergachov M, Spichak O, Gorelik V. The effects of disorder on the optical spectra of synthetic opals. In: Fesenko, O., Yatsenko, L. (eds) Nanoplasmonics, Nano-Optics, Nanocomposites, and Surface Studies. *Springer Proceedings in Physics*, 2015, vol 167. Springer, Cham, pp. 315-327. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-18543-9\\_22](https://doi.org/10.1007/978-3-319-18543-9_22)
7. Moiseienko V, Derhachov M, Abu Sal B, Holze R, Brynza M. Nanocomposites on the base of synthetic opals and nanocrystalline phases of Bi-containing active dielectrics. In: Fesenko, O., Yatsenko, L. (eds) Nanophysics, Nanomaterials, Interface Studies, and Applications. *Springer Proceedings in Physics*, 2017, vol 195. Springer, Cham. pp. 661-674. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-56422-7\\_50](https://doi.org/10.1007/978-3-319-56422-7_50)
8. Moiseyenko, V.N. Spontaneous emission of rhodamine 6G molecules in synthetic opal photonic crystals under low dielectric contrast /V.N. Moiseyenko, M.P. Dergachov, V.G. Shvachich, T.V. Shvets // Proceedings of the Third International Congress on Advanced Electromagnetic Materials in Microwaves and Optics. - London, 2009.- P.635-637.
9. Moiseyenko, V.N. On the nature of the secondary emission of globular SiO<sub>2</sub> photonic crystals /V.N. Moiseyenko, M.P. Dergachov, V.G. Shvachich, A.V. Yevchik // Proceedings of the Third International Congress on Advanced Electromagnetic Materials in Microwaves and Optics. - London, 2009.- P.638-640.
10. Flory, F., Escoubas, L., and Berginc, G. Optical properties of nanostructured materials: a review. *J. of Nanophotonics*, 5(1), 052502 (2011). <https://doi.org/10.1117/1.3609266>
11. Vladimirova, Y.V.; Zadkov, V.N. Quantum Optics in Nanostructures. *Nanomaterials* **2021**, *11*, 1919. <https://doi.org/10.3390/nano11081919>
12. Maximov, M.V.; Nadtochiy, A.M.; Mintairov, S.A.; Kalyuzhnyy, N.A.; Kryzhanovskaya, N.V.; Moiseev, E.I.; Gordeev, N.Y.; Shernyakov, Y.M.; Payusov, A.S.; Zubov, F.I.; Nevedomskiy, V.N.; Rouvimov, S.S.; Zhukov, A.E. Light Emitting Devices Based on Quantum Well-Dots. *Appl. Sci.* **2020**, *10*, 1038. <https://doi.org/10.3390/app10031038>
13. Fox, M., Ispasoiu, R. Quantum Wells, Superlattices, and Band-Gap Engineering. In: S. Kasap, P. Capper (Eds.), *Springer Handbook of Electronic and Photonic Materials*, 2017, Springer International Publishing AG, pp. 1037-1057. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-48933-9\\_40](https://doi.org/10.1007/978-3-319-48933-9_40)
14. Фітьо В.М. Оптична дифракція на періодичних структурах: монографія / В.М. Фітьо, Я.В. Бобицький. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. – 300 с.

#### 8. Інформаційні ресурси (репозиторій ДНУ):

1. Бібліотека ДНУ <http://library.dnu.dp.ua>
2. Комп'ютерний клас (корп. 12, кімн. 413), Інтернет.
3. Репозиторії на сайті ДНУ: <http://repository.dnu.dp.ua:1100>