

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра фізичної оптики

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Декан фізичного факультету



Руслан ВОВК

серпень 2024 р.

Робоча програма навчальної дисципліни

Техніка лазерів

Рівень вищої освіти	другий (магістерський)
Галузь знань	10 – природничі науки
Спеціальність	104 – фізика та астрономія
Освітня програма	фізика (освітньо-наукова програма)
Спеціалізація	
Вид дисципліни	за вибором
Факультет	фізичний

2024 / 2025 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження вченою радою фізичного факультету.

Протокол від 30.08.2024 р. № 9.

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

Лимар Валентин Іванович, старший викладач каф. фізичної оптики
Маковецький Євген Дмитрович, канд. фіз.-мат. наук, доцент каф. фізичної оптики

Програму схвалено на засіданні кафедри фізичної оптики.

Протокол від 27.08.2024 р. № 1.

В. о. завідувача кафедри фізичної оптики

Сергій ТАРАПОВ

Програму погоджено з гарантом освітньо-наукової програми «Фізика».

Гарант освітньо-наукової програми

Юрій БОЙКО

Програму погоджено методичною комісією фізичного факультету.

Протокол від 28.08.2024 р. № 1.

Голова методичної комісії

Микола МАКАРОВСЬКИЙ

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Техніка лазерів» складена відповідно до освітньої програми підготовки «магістр» зі спеціальності «104 – фізика та астрономія», освітньо-наукова програма «Фізика».

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Мета викладання навчальної дисципліни – оволодіти основоположними уявленнями про принципи будови і функціонування лазерів різних типів, про теоретичні засади розробки джерел вимушеного випромінювання.

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни – вивчити матеріал щодо принципів будови і функціонування лазерів, у рамках робочої програми даного курсу та додаткового матеріалу, який рекомендовано вивчити самостійно.

Компетентності, що забезпечуються дисципліною:

- Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми дослідницького та/або інноваційного характеру у фізиці та астрономії (ІК 1).
- Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності (ЗК 1).
- Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК 2).
- Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології (ЗК 4).
- Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми (ЗК 5).
- Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями (ЗК 6).
- Здатність працювати в міжнародному контексті (ЗК 8).
- Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел (ЗК 9).
- Здатність дотримуватися принципів академічної доброчесності (ЗК 11).
- Здатність використовувати закони та принципи фізики та/або астрономії у поєднанні із потрібними математичними інструментами для опису природних явищ (ФК 1).
- Здатність формулювати, аналізувати та синтезувати рішення наукових проблем в області фізики та/або астрономії (ФК 2).
- Здатність презентувати результати проведених досліджень, а також сучасні концепції у фізиці та/або астрономії фахівцям і нефаківцям (ФК 3).
- Здатність комунікувати із колегами усно і письмово державною та англійською мовами щодо наукових досягнень та результатів досліджень в області фізики та/або астрономії (ФК 4).
- Здатність сприймати новоздобуті знання в області фізики та астрономії та інтегрувати їх із уже наявними, а також самостійно опановувати знання і навички, необхідні для розв'язання складних задач і проблем у нових для себе деталізованих предметних областях фізики та/або астрономії й дотичних до них міждисциплінарних областях (ФК 5).
- Здатність встановлювати зв'язок між експериментальними і теоретичними результатами, здійснювати феноменологічний та теоретичний опис досліджуваних явищ, об'єктів і процесів, пов'язувати результати досліджень із сучасними фізичними та астрономічними теоріями і уявленнями (ФК 8).
- Здатність формулювати нові гіпотези та наукові задачі в області фізики та астрономії, вибирати відповідні методи для їх розв'язання, беручи до уваги наявні ресурси (ФК 9).

- Здатність проводити аналіз наукових результатів, отриманих в області фізики та астрономії (ФК 13).
- Здатність ефективно використовувати людські та матеріальні ресурси для вирішення фундаментальних та прикладних наукових завдань (ФК 14).

1.3. Кількість кредитів – 5.

1.4. Загальна кількість годин – 150.

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
Нормативна / за вибором	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
1-й	
Семестр	
2-й	
Лекції	
24 год.	
Практичні, семінарські заняття	
24 год.	
Лабораторні заняття	
не передбачено навчальним планом	
Самостійна робота	
102 год.	
в тому числі індивідуальні завдання	
не передбачено навчальним планом	

1.6. Заплановані результати навчання

У результаті вивчення даного курсу студент повинен

знати: основні принципи будови оптичних квантових генераторів (ОКГ); головні відомі експериментальні результати, конкретні приклади технічної реалізації ОКГ різних типів.

вміти: застосовувати здобуті знання для одержання, аналізу та пояснення експериментальних даних, для коректного вибору джерел когерентного випромінювання в експериментальних дослідженнях.

Програмні результати навчання, що забезпечуються дисципліною:

- Використовувати концептуальні та спеціалізовані знання і розуміння актуальних проблем і досягнень обраних напрямів сучасної теоретичної і експериментальної фізики та/або астрономії для розв'язання складних задач і практичних проблем (ПРН 1).
- Проводити експериментальні та/або теоретичні дослідження з фізики та астрономії, аналізувати отримані результати в контексті існуючих теорій, робити аргументовані висновки (включаючи оцінювання ступеня невизначеності) та пропозиції щодо подальших досліджень (ПРН 2).

- Обирати і використовувати відповідні методи обробки та аналізу даних фізичних та/або астрономічних досліджень і оцінювання їх достовірності (ПРН 4).
- Здійснювати феноменологічний та теоретичний опис досліджуваних фізичних та/або астрономічних явищ, об'єктів і процесів (ПРН 5).
- Обирати ефективні математичні методи та інформаційні технології та застосовувати їх для здійснення досліджень та/або інновацій в області фізики та/або астрономії (ПРН 6).
- Оцінювати новизну та достовірність наукових результатів з обраного напрямку фізики та/або астрономії, оприлюднених у формі публікації чи усної доповіді (ПРН 7).
- Аналізувати та узагальнювати наукові результати з обраного напрямку фізики та/або астрономії, відслідковувати найновіші досягнення в цьому напрямі, взаємодіючи з колегами (ПРН 9).
- Відшуковувати інформацію і дані, необхідні для розв'язання складних задач фізики та/або астрономії, використовуючи різні джерела, зокрема, наукові видання, наукові бази даних тощо, оцінювати та критично аналізувати отримані інформацію та дані (ПРН 10).
- Застосовувати теорії, принципи і методи фізики та/або астрономії для розв'язання складних міждисциплінарних наукових і прикладних задач (ПРН 11).

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Техніка лазерів

- Тема 1.* Твердотільні лазери. Рубіновий лазер. Неодимовий лазер. Інші кристалічні матриці. Лазер на олександриті.
- Тема 2.* Газові лазери. Лазери на нейтральних атомах. Гелій-неонові лазери. Лазери на парах міді та золота
- Тема 3.* Іонні лазери. Аргонний лазер. Гелій-кадмієвий лазер.
- Тема 4.* Молекулярні газові лазери. Лазер на вуглекислому газі. Лазери з подовженим прокачуванням газу. Відпаяні лазери. Хвилеводні лазери. Лазери з поперечним прокачуванням. ТЕА-лазери. Газодинамічні лазери. СО-лазер.
- Тема 5.* Азотний лазер. Ексимерні лазери на молекулах галогенідів інертних газів.
- Тема 6.* Рідкі лазери – лазери на розчинах барвників. Фотофізичні властивості органічних барвників. Параметри лазерів на барвниках.
- Тема 7.* Хімічні лазери. Лазери на молекулах HF і DF.
- Тема 8.* Напівпровідникові лазери. Фотофізичні властивості напівпровідникових лазерів. Енергетичні стани у напівпровідниках.
- Тема 9.* Накачування напівпровідникових лазерів. Інжекційний діодний лазер на гомопереході. Лазер на подвійному гетеропереході.
- Тема 10.* Характеристики напівпровідникових лазерів. Напівпровідникові лазери з розподіленим зворотним зв'язком. Застосування напівпровідникових лазерів.
- Тема 11.* Лазер на центрах забарвлення. Класифікація центрів забарвлення. Конструкція і характеристики лазерів на центрах забарвлення.
- Тема 12.* Лазери рентгенівського діапазону спектру. Труднощі їх реалізації. Приклади розробок таких лазерів. Специфіка реалізації вимушеного випромінювання.
- Тема 13.* Умови отримання генерації у видимому діапазоні спектру. Лазери на вільних електронах. Недоліки і переваги лазерів на вільних електронах.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб.	інд.	с.р.		л	п	лаб.	інд.	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Розділ 1. Техніка лазерів												
Тема 1	11	2	2			7						
Тема 2	11	2	2			7						
Тема 3	12	2	2			8						
Тема 4	12	2	2			8						
Тема 5	12	2	2			8						
Тема 6	12	2	2			8						
Тема 7	11	1	2			8						
Тема 8	11	1	2			8						
Тема 9	12	2	2			8						
Тема 10	12	2	2			8						
Тема 11	12	2	2			8						
Тема 12	12	2	2			8						
Тема 13	10	2				8						
Разом за розділом 1	150	24	24			102						
Усього годин	150	24	24			102						

4. Теми семінарських занять

№ з/п	Теми	Кільк. годин
1	Принципи роботи та приклади твердотільних лазерів	2
2	Принципи роботи та приклади газових лазерів	2
3	Принципи роботи та приклади іонних лазерів	2
4	Принципи роботи та приклади молекулярних газових лазерів	2
5	Принципи роботи та приклади ексимерних лазерів	2
6	Принципи роботи та приклади рідких лазерів	2
7	Принципи роботи та приклади хімічних лазерів	2
8	Принципи роботи та приклади напівпровідникових лазерів	2
9	Резонатори Фабрі-Перо в лазерах	2
10	Стабільність коливань в резонаторі Фабрі Перо	2
11	Лазери на розчинах барвників	2
12	Лазери рентгенівського діапазону спектру	2
	Разом	24

5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1	Ознайомитись із особливостями теорії, конструкції та функціонування твердотільних лазерів	7
2	Ознайомитись із особливостями теорії, конструкції та функціонування газових лазерів	7
3	Ознайомитись із особливостями теорії, конструкції та	8

	функціонування іонних лазерів	
4	Ознайомитись із особливостями теорії, конструкції та функціонування молекулярних газових лазерів	8
5	Ознайомитись із особливостями теорії, конструкції та функціонування ексимерних лазерів	8
6	Ознайомитись із особливостями теорії, конструкції та функціонування рідких лазерів	8
7	Ознайомитись із особливостями теорії, конструкції та функціонування хімічних лазерів	8
8	Ознайомитись із особливостями напівпровідникових лазерів: теорією, накачуванням, конструкцією; напівпровідникові лазери зі зворотним зв'язком	24
9	Ознайомитись із особливостями теорії, конструкції та функціонування лазерів на центрах забарвлення	8
10	Ознайомитись із особливостями теорії, конструкції та функціонування лазерів рентгенівського діапазону спектру	16
	Разом	102

6. Індивідуальні завдання

Індивідуальні завдання навчальним планом не передбачені.

7. Методи навчання

1. Проведення лекційних занять
2. Проведення семінарських занять
3. Самостійна робота студентів з вивчення додаткових матеріалів з курсу

8. Методи контролю

1. Поточний контроль при проведенні семінарських занять
2. Дві контрольні роботи на протязі семестру
3. Екзамен

9. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання				Екзамен	Сума
Поточний контроль на заняттях	Контрольна робота 1	Контрольна робота 2	Разом		
20	20	20	60	40	100

Досягнення студентів з навчальної дисципліни «Техніка лазерів» оцінюються в балах, загальна сума яких становить 100. Вона складається з 60 балів, які студент може отримати протягом семестру, та 40 балів, які може отримати при проходженні підсумкового контролю у вигляді екзамену.

60 балів протягом семестру – це 20 балів, що нараховуються при проведенні семінарських занять, та 40 за контрольні роботи (по 20 за кожну).

20 балів при проведенні семінарських занять нараховуються за відповіді на усні запитання, поставлені викладачем. Опитування проводяться починаючи з третього семінарського заняття, питання стосуються матеріалу, викладеного на попередніх лекціях в рамках даного курсу. Передбачається по 1 балу поточного контролю за кожну годину семінарського заняття, окрім перших чотирьох годин.

Екзамен проводиться у письмовому вигляді шляхом написання студентами відповідей на запитання екзаменаційного білету. Максимальною оцінкою за екзаменаційну роботу є 40 балів.

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка	
	для чотирирівневої шкали оцінювання	для дворівневої шкали оцінювання
90–100	відмінно	зараховано
70–89	добре	
50–69	задовільно	
1–49	незадовільно	не зараховано

10. Рекомендована література

Основна література

1. Fröhlich H. Theory of Dielectrics. Dielectric Constant and Dielectric Loss, 2nd ed., Oxford: Clarendon Press. 1958. – 192 p.
2. Bertolotti, Mario, The History of the Laser. Institute of Physics, (2004). [ISBN 0-7503-0911-3](#).
3. Bromberg, Joan Lisa. The Laser in America, 1950–1970. MIT Press, (1991). [ISBN 978-0-262-02318-4](#).
4. Csele, Mark. Fundamentals of Light Sources and Lasers. Wiley, (2004). [ISBN 0-471-47660-9](#).
5. Koechner, Walter. Solid-State Laser Engineering. 3rd ed. Springer-Verlag, (1992). [ISBN 0-387-53756-2](#).
6. Siegman, Anthony E. Lasers, (1986). University Science Books. [ISBN 0-935702-11-3](#).
7. Silfvast, William T. Laser Fundamentals, (1996). Cambridge University Press. [ISBN 0-521-55617-1](#).
8. Svelto, Orazio. Principles of Lasers. 4th ed., (1998) Springer. [ISBN 0-306-45748-2](#).
9. Taylor, Nick. LASER: The inventor, the Nobel laureate, and the thirty-year patent war, (2000). New York: Simon & Schuster. [ISBN 978-0-684-83515-0](#).
10. Wilson, J. & Hawkes, J.F.B. Lasers: Principles and Applications. Prentice Hall International Series in Optoelectronics, (1987), Prentice Hall. [ISBN 0-13-523697-5](#).
11. Yariv, Amnon. Quantum Electronics. 3rd ed. , (1989), Wiley. [ISBN 0-471-60997-8](#).
12. B. E. A. Saleh and M. C. Teich, Fundamental of Photonics, Wiley Series in Pure and Applied Optics, (1997), John Wiley & sons, inc. Second edition, Chapters 3,12-15,11
13. Saleh BEA, Teich MC. [Fundamentals of Photonics](#). (1991), New York, NY: John Wiley.
14. Endo M, Walter RF. [Gas Lasers.](#), (2007), Boca Raton, FL. CRC Press.
15. Verdeyen JT. [Laser Electronics](#), (1989), Englewood Cliffs, NJ. Prentice Press.

16. David K. Lynch, William Charles Livingston, [Color and Light in Nature](#) (2nd ed.), (2001). Cambridge: Cambridge University Press. p. 231. [ISBN 978-0-521-77504-5](#).

Допоміжна література

1. Frenkel J. On the transformation of light into heat in solids I // Phys. Rev. – 1931. – Vol. 37, No.1. – P.17-44.
2. Frenkel J. On the transformation of light into heat in solids II // Phys. Rev. – 1931. – Vol. 37, No.10. – P.1276-1294.
3. Onsager L. Initial recombination of ions // Phys. Rev. – 1938. – Vol.54, No.8. – P.554-557.
4. Platzman R.L. Superexcited states of molecules // Radiat. Res. – 1962. – Vol. 17, No.3. – P.419-425.
5. Endo M, Walter RF. (2007). Gas Lasers. Boca Raton, FL. CRC Press.
6. Verdeyen JT. (1989). Laser Electronics. Englewood Cliffs, NJ. Prentice Press
7. David K. Lynch, William Charles Livingston, (2001). Color and Light in Nature (2nd ed.). Cambridge: Cambridge University Press. p. 231. ISBN 978-0-521-77504-5.
8. Patel, C. K. N. "[Continuous-Wave Laser Action on Vibrational-Rotational Transitions of CO₂](#)". Physical Review, (1964), **136** (5A): A1187–A1193.
9. [Gould, R. Gordon](#) , "The LASER, Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation". (1959), In Franken, P.A.; Sands R.H. (eds.). The Ann Arbor Conference on Optical Pumping, the University of Michigan, 15 June through 18 June 1959. p. 128. [OCLC 02460155](#)