



## Модуляційна поляриметрія

### Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни	
Рівень вищої освіти	третій
Галузь знань	10 Природничі науки
Спеціальність	104 Фізика та астрономія
Освітня програма	Фізика
Статус дисципліни	За вибором
Форма навчання	очна(денна)
Рік підготовки, семестр	2 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	120 годин (денна: 13 годин – лекції, 13 годин – практичні, 94 годин – СРС;
Семестровий контроль/ контрольні заходи	залік
Розклад занять	<a href="http://rozklad.kpi.ua/Schedules/ScheduleGroupSelection.aspx">http://rozklad.kpi.ua/Schedules/ScheduleGroupSelection.aspx</a>
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: професор, Лінчевський Ігор Валентинович, <a href="mailto:igorvl2009@gmail.com">igorvl2009@gmail.com</a> , моб. +38 0959416955 Практичні: професор, Лінчевський Ігор Валентинович, <a href="mailto:igorvl2009@gmail.com">igorvl2009@gmail.com</a> , моб. +38 0959416955
Розміщення курсу	Moodl, <a href="https://campus.kpi.ua">https://campus.kpi.ua</a>

### 1 Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Програму навчальної дисципліни «Модуляційна поляриметрія» складено відповідно до освітньої програми «Фізика» підготовки доктора філософії спеціальності 104 – «Фізика та астрономія».

*Мета* навчальної дисципліни – формування у аспірантів компетентностей в області фізики:

- застосовувати основні принципи класичної та сучасної поляриметрії в наукових дослідженнях;

- формування розуміння природи магнітооптичних та магнітних властивостей в різних класах конденсованих середовищ, навичок самостійного дослідження теоретичних проблем теорії магнітооптичних явищ і аналізу експериментальних даних;

- самостійного здобування знань, використовуючи традиційні й сучасні освітні та інформаційні технології;

- підходу до вирішення задач, що постають в процесі професійної діяльності, обираючи методи дослідження на основі наукового світогляду;

- оволодіти базовим матеріалом для подальшого наукового пошуку циклу професійно-практичної підготовки та при написанні дисертації.

*Предмет* навчальної дисципліни – оптичні явища, способи та методи дослідження поляризованого випромінювання.

#### Загальні компетентності (ЗК)

ЗК01. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми дослідницького характеру, розуміти їхнє місце як в своїй професійній області, так і серед інших галузей науки та в культурному просторі; а також оцінювати та забезпечувати якість виконуваних науководослідних робіт.

ЗК02. Здатність генерувати нові ідеї (креативність) та керувати науковими проектами, та/або складати пропозиції щодо фінансування наукових досліджень, реєстрації прав інтелектуальної власності.

ЗК03. Здатність до міжособистісного спілкування, 8 здатність працювати у команді, у тому числі міждисциплінарній.

ЗК04. Здатність дотримуватись морально-етичних правил поведінки, характерних для учасників академічного середовища, а також правил академічної доброчесності в наукових дослідженнях.

ЗК05. Здатність працювати в міжнародному контексті. ЗК06. Здатність приймати обґрунтовані рішення. ЗК07. Здатність працювати автономно.

#### Фахові компетентності (ФК)

ФК01. Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у фізиці та/або астрономії і дотичних до них міждисциплінарних напрямках і можуть бути опубліковані у провідних наукових виданнях з фізики (астрономії) та суміжних галузей.

ФК02. Здатність здійснювати усну і письмову презентацію результатів власного наукового дослідження українською мовою та застосовувати сучасні інформаційні технології у науковій та навчальній діяльності.

ФК03. Здатність представляти та обговорювати результати своєї наукової роботи іноземною мовою в усній та в письмовій формі, а також глибоке розуміння іншомовних наукових текстів із фізики та астрономії.

## Програмні результати навчання (ПРН)

ПРН01. Мати передові концептуальні та методологічні знання з фізики і на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень з відповідного напрямку, отримання нових знань та/або здійснення інновацій.

ПРН02. Вільно презентувати та обговорювати з фахівцями і нефахівцями результати досліджень, наукові та прикладні проблеми фізики та астрономії державною та іноземною мовами, кваліфіковано відображати результати досліджень у 9 наукових публікаціях в провідних міжнародних наукових виданнях.

ПРН03. Формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень і математичного та/або комп'ютерного моделювання, наявні літературні дані.

ПРН04. Розробляти та досліджувати концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі процесів і систем, ефективно використовувати їх для отримання нових знань та/або створення інноваційних продуктів у фізиці та дотичних міждисциплінарних напрямках.

Після засвоєння матеріалу дисципліни аспіранти отримують:

### *вміння:*

- застосовувати закони аналізу та моделювання складних фізичних процесів;
- застосовувати закони аналізу та моделювання складних фізичних процесів;
- оволодіти сучасними методами побудови моделей розповсюдження оптичного випромінювання, отримати резонансні параметри як у нанорозмірних об'єктах так і в масивних зразках;
- проводити комп'ютерне моделювання, аналізувати результати та проводити співставлення з експериментальними даними;
- провести оцінки точності оптичних методів дослідження.

### *досвід:*

- самостійного дослідження теоретичних проблем магнітооптичних та магнітних властивостей і розуміння концепцій досліджень з використанням сучасних експериментальних поляриметричних методів ;
- практичного застосування методів опису розповсюдження та відбиття світла в магнітооптичних та інших оптичних середовищах, самостійної роботи з навчальною, науковою та довідковою літературою у області оптики українською та іноземними мовами.

## **2. Пререквізити та постреквізити дисципліни** (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Для успішного засвоєння дисципліни студент повинен володіти «Іноземною мовою для наукової діяльності», оскільки значна частина новітніх знань описується в науковій літературі англійською мовою. Компетентності, знання, уміння та досвід, одержані в процесі вивчення кредитного модуля є необхідними для проведення наукових досліджень та їх представлення, а також для якісного виконання наукових досліджень за темою дисертації.

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

Дисципліну структурно розділено на 6 розділів:

Розділ 1. Фізико-технічні основи модуляційної Стокс-поляриметрії.

Розділ 2. Модуляційна поляриметрія фазової анізотропії, індукованої неоднорідним градієнтом потенціалу.

Розділ 3. Формалізм вектора Стокса. Матриці Мюллера.

Розділ 4. Магнітооптичні ефекти. Магнітооптичні матеріали. Експериментальне спостереження магнітооптичних ефектів.

Розділ 5. Поляризувальні оптичні елементи, поляризатори. Фазозсувні елементи (компенсатори) деполіаризатори.

Розділ 6. Лінійна амплітудна анізотропія в явищах внутрішнього відбивання в зображенні модуляційної поляриметрії.

Розділ 7. Комп'ютерне моделювання проходження оптичного випромінювання крізь неоднорідні середовища за наявності ряду оптичних ефектів.

#### 4. Навчальні матеріали та ресурси

##### *Базова література:*

1. Модуляційна поляриметрія. [Електронний ресурс]: навч. посіб. для здобувачів ступеня доктора філософії за освітньою науковою програмою «Фізика» спеціальності 104 «Фізика та астрономія» / І.В.Лінчевський, Л.П.Пономаренко, М.В.Чурсанова; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 3.0 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. –116с.
2. R.M.A. Azzam and N.M. Bashara. Ellipsometry and polarized light. Amsterdam: Elsevier, 1987.
3. H.G. Tompkins and W.A. McGahan. Spectroscopic Ellipsometry and Reflectometry: A user's Guide. New York: Wiley, 1999.
4. H. Fujiwara, Spectroscopic Ellipsometry: Principles and Applications. West Sussex, UK: Wiley, 2007.
5. Сердега Б.К. Модуляційна поляриметрія: монографія – Київ: Наук. Думка, 2011. – 238 с.
6. G. A. Smolenskii, R. V. Pisarev, and I. G. Sinii, Usp. Fiz. Nauk 116(2), 231 (1975).
7. Магнітооптика. Лабораторний практикум . Навч. посібник для здобувачів третього рівня освіти (доктор філософії)/ І.В. Лінчевський, за заг. ред. І.В. Лінчевського – К. : Вид-во «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2021. – 29 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/42008>.

##### *Допоміжна література:*

8. Berry H.G. Measurement of the Stokes parameters of light / H.G. Berry, G. Gabrielse, A.E. Livingston // Appl. Opt. – 1977. – Vol.16., №12. – P3200.
9. Bickel W.S. Stokes vectors, Mueller matrices, and polarization of scattered light / W.S. Bickel, W.V. Bailey // Am. J. Phys. – 1985. – Vol.53. – P.468–478.
10. H.G. Tompkins and E. Irene, Handbook of Ellipsometry. New York: William Andrew Pub., 2005.
11. M. Born, E. Wolf. Principles of Optics, Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2005.
12. S. Huard. The Polarization of Light. New York: Wiley, 1997.
13. Джеррард А. Введение в матричную оптику / А. Джеррард, Дж.М. Бёрч. — М.: Мир, 1978. — 341с.
14. Шерклифф У. Поляризованный свет / пер. с англ. под ред. Н.Д.Жевандрова. — М.: Мир, 1965. — 264 с.
15. I. V. Linchevskiy Depolarization of Light in Magneto-optical Crystals under Magnetomechanical Resonance Conditions // Optics and Spectroscopy, 2013, Vol. 114, №. 5, pp. 784–787.
16. Лінчевський І.В. Визначення матеріальних констант магнітооптичних кристалів за допомогою ефекту Фарадея в умовах магнітомеханічного резонансу / І.В. Лінчевський, О.М. Петрищев // УФЖ. –2011. – Т.56.,№5. – С.496–502.
17. I.V Linchevskiy The possibility of measuring linear and quadratic magneto-optical effects in magnetic field under conditions of magnetomechanical resonance // Optics and Spectroscopy 2013 (115) №5 pp.696-700.
18. I.V Linchevskiy Measurement of Birefringence Using the Magneto-Optical Modulator in the Magnetomechanical Resonance Mode //2018(54), №2, pp.1-6.

##### *Інформаційні ресурси*

1. Науковий журнал «Український фізичний журнал», який входить до наукометричної бази Scopus: <https://ujp.bitp.kiev.ua/index.php/ujp>

2. Науковий журнал «Журнал фізичних досліджень», який входить до наукометричної бази Scopus: [https://physics.lnu.edu.ua/jps/index\\_ua.html](https://physics.lnu.edu.ua/jps/index_ua.html)

3. Науковий журнал Ukrainian Journal Of Physical Optics Issn 1816-2002 (Online), Issn 1609-1833 (Print), який входить до наукометричної бази Scopus: <http://ifo.lviv.ua/journal/index.html/>

4. Національна бібліотека України імені В.І.Вернадського: <http://www.nbuv.gov.ua/>

### Навчальний контент

#### 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Загальний методичний підхід до викладання навчальної дисципліни визначається як комунікативно-когнітивний та професійно орієнтований, згідно з яким у центрі освітнього процесу знаходиться аспірант – суб'єкт навчання і майбутній науковець.

#### Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
1	Тема 1. Фізико-технічні основи модуляційної Стокс-поляриметрії
2	Тема 2. Поляризація електромагнітних хвиль. Вектор Джонса однорідної плоскої хвилі. Вектори Джонса для деяких станів поляризації. Проходження поляризованого випромінювання крізь магнітооптичні середовища. Формалізм матриць Джонса. Властивості матриць Джонса та операції над ними. Матриці Джонса для основних оптичних елементів.
3	Тема 3. Формалізм вектора Стокса. Матриці Мюллера.
4	Тема 4. Розрахунок проходження частково поляризованого випромінювання крізь систему з кількома магнітооптичними ефектами.
5	Тема 5. Поляризаційні оптичні елементи: поляризатори, фазозсувні елементи (компенсатори), деполіаризатори. Експериментальне спостереження магнітооптичних ефектів.
6	Тема 6. Використання магнітострикційних ефектів для модуляції світла в магнітооптичних кристалах. Магнітооптичні модулятори світла з використанням магнітомеханічного резонансу.
7	Тема 7. Комп'ютерне моделювання проходження оптичного випромінювання крізь неоднорідні середовища за наявності ряду магнітооптичних ефектів

#### Практичні заняття

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань
1	Поляризація електромагнітних хвиль. Вектор Джонса однорідної плоскої хвилі вектори Джонса для деяких станів поляризації.
2	Проходження поляризованого випромінювання крізь магнітооптичні середовища. Формалізм матриць Джонса. Властивості матриць

	Джонса та операції над ними. Матриці Джонса для основних оптичних елементів.
3	Формалізм вектора Стокса. Матриці Мюллера.
4	Поляризаційні оптичні елементи: поляризатори, фазозсувні елементи (компенсатори), деполіаризатори. Розрахунок проходження частково поляризованого випромінювання крізь систему з кількома магнітооптичними ефектами.
5	Використання магнітострикційних ефектів для модуляції світла в магнітооптичних кристалах. Магнітооптичні модулятори світла з використанням магнітомеханічного резонансу
6	Модульна контрольна робота
7	Комп'ютерне моделювання проходження оптичного випромінювання крізь неоднорідні середовища за наявності ряду магнітооптичних ефектів.

## 6. Самостійна робота аспіранта

Самостійна робота здобувача наукового ступеня доктора філософії є основним засобом засвоєння навчального матеріалу у вільний від навчальних занять час і включає:

№ з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Підготовка до аудиторних занять	26
2	Індивідуальні заняття	32
3	Підготовка до МКР	6
4	Підготовка до заліку	30

## Політика та контроль

### 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед аспірантом:

- правила відвідування занять: відповідно до Наказу 1-273 від 14.09.2020 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях.

- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних заняттях, передбачені РСО дисципліни. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача, в інтернеті, в дистанційному курсі на платформі Сікорський здійснюється за умови вказівки викладача;

- політика дедлайнів та перескладань: якщо аспірант не проходив або не з'явився на МКР (без поважної причини), його результат оцінюється у 0 балів. Перескладання результатів МКР не передбачено;

- політика щодо академічної доброчесності: Кодекс честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» <https://kpi.ua/files/honorcode.pdf> встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються в університеті,

якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни «Модуляційна поляриметрія»;

- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соцмережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

## 8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль: опитування за темою заняття, МКР.

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: залік.

Умови допуску до семестрового контролю: відсутні.

На першому занятті аспіранти ознайомлюються із рейтинговою системою оцінювання (PCO) дисципліни, яка побудована на основі «Положення про систему оцінювання результатів навчання», [https://document.kpi.ua/files/2020\\_1-273.pdf](https://document.kpi.ua/files/2020_1-273.pdf)

Рейтинг аспіранта з дисципліни складається з балів, які він отримує:

- 1) за роботу на практичних заняттях;
- 2) за модульну контрольну роботу (МКР).

Система рейтингових балів

1) Практичні заняття. Ваговий коефіцієнт дорівнює 10. Максимальна кількість балів, які може отримати аспірант на практичних заняттях становить  $6 \times 10 = 60$  балів. Нарахування балів на одному практичному занятті:

- відмінні відповіді 9.5-10 балів;
- дуже добрі, добрі відповіді 7.5-8,5 балів;
- задовільні, достатні відповіді 6-7.4 бали;
- незадовільні відповіді 0 балів.

2) Модульна контрольна робота. Ваговий коефіцієнт дорівнює 40. Максимальна кількість балів за контрольну роботу становить  $1 \times 40 = 40$  балів. Нарахування балів за контрольну роботу:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації) 40-38 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації або незначні неточності) 31-37 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації та деякі помилки) 24-30 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь (менше 60 % потрібної інформації) 0.

Якщо аспірант протягом семестру набрав не менше 60 балів, він отримує залік автоматом.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно

64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно

Якщо ж аспірант протягом семестру набрав менше 60 балів, він має скласти залікову контрольну роботу, ваговий коефіцієнт якої складає 100 балів. При цьому, стартовий рейтинг не враховується. Кількість набраних на заліковій контрольній роботі балів переводиться в оцінку за тою ж шкалою. Якщо аспірант набрав протягом семестру 60 балів і більше, але хоче підвищити свою рейтингову оцінку, він може це зробити у співбесіді з викладачем.

### 9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль:

- Поляризація електромагнітних хвиль. Вектор Джонса однорідної плоскої хвилі.
- Лінійне та колове двопронезаломлення. Ефект Фарадея. Ефект Коттона – Мутона. Ефект Керра. Вектор Джонса для деяких станів поляризації.
- Магнітне двопронезаломлення в магнітовпорядкованих кристалах. Оптична індикатриса кубічних кристалів.
- Проходження поляризованого випромінювання крізь оптичні системи з магнітооптичними ефектами. Формалізм матриць Джонса. Матриці Джонса для основних оптичних елементів.
- Вектор Стокса. Матриці Мюллера. Розрахунок проходження частково поляризованого випромінювання крізь систему з кількома магнітооптичними ефектами.
- Використання магнітострикційних ефектів для модуляції світла в магнітооптичних кристалах.
- Магнітооптичні модулятори світла з використанням магнітомеханічного резонансу.
- Комп'ютерне моделювання проходження оптичного випромінювання крізь неоднорідні середовища за наявності ряду магнітооптичних ефектів.

Сертифікати проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою можуть бути зараховані за умови виконання вимог, наведених у НАКАЗІ № 7-177 ВІД 01.10.2020 Р. «Про затвердження положення про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті».

### Робочу програму навчальної дисципліни (Силабус):

Складено професором Лінчевським І.В.

Ухвалено кафедрою загальної фізики протокол № 7 від 06.06.2023 р.

Погоджено Методичною комісією фізико-математичного факультету (протокол № 10 від 27.06.2023 р.)