

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Фізичний факультет
Кафедра фізики металів

Затверджено

На засіданні кафедри фізики металів
фізичного факультету
Львівського національного університету імені
Івана Франка
(протокол № 9 від 29 серпня 2025 р.)

Завідувач кафедри


проф. Степан МУДРИЙ

Силабус з навчальної дисципліни
«Сучасні тенденції у фізиці та астрономії», що викладається в
межах ОНП «Фізика та астрономія»
третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти для здобувачів
зі спеціальності Е5 «Фізика та астрономія»

Львів 2025

Назва курсу	Сучасні тенденції у фізиці та астрономії
Адреса викладання курсу	вул. Кирила і Мефодія 8, 79005 Львів
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	фізичний факультет, кафедра фізики металів
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	Е Природничі науки, математика та статистика Е5 Фізика та астрономія
Викладачі курсу	Завідувач кафедри фізики металів, д.ф.-м.н., проф. Мудрий Степан Іванович
Контактна інформація викладачів	stepan.mudryy@lnu.edu.ua https://physics.lnu.edu.ua/employee/mudryj-stepan-ivanovych
Консультації по курсу відбуваються	Консультації в день проведення лекцій (за попередньою домовленістю). Також можливі он-лайн консультації через електронну пошту та на платформі Microsoft Teams. Для погодження часу он-лайн консультацій слід написати на електронну пошту викладача або в чат Microsoft Teams
Сторінка курсу	https://physics.lnu.edu.ua/academics/postgraduates
Інформація про курс	Дисципліна «Сучасні тенденції у фізиці та астрономії» є нормативною дисципліною зі спеціальності Е5 Фізика та астрономія для ОНП Фізика та астрономія для третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти, яка викладається в 5 семестрі в обсязі 3,0 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Коротка анотація курсу	Курс «Сучасні тенденції у фізиці та астрономії» розроблено таким чином, щоб надати учасникам відповідні фундаментальні знання, уміння та навички для формулювання нових ідей, розв'язання комплексних проблем у галузі фізики та астрономії. У межах курсу розглядаються фундаментальні та прикладні аспекти фізики конденсованого стану, квантових матеріалів, нанофізики, ядерної та астрофізики, космології, а також міждисциплінарні напрями, пов'язані з інформаційними технологіями, матеріалознавством і космічними дослідженнями. Особлива увага приділяється сучасним експериментальним і теоретичним методам досліджень, ролі комп'ютерного моделювання, аналізу великих даних та міжнародної наукової співпраці. Курс формує цілісне уявлення про сучасний стан і динаміку розвитку фізики та астрономії, а також розвиває здатність критично аналізувати наукові результати та тенденції світової науки.
Мета та цілі курсу	Метою навчальної дисципліни «Сучасні тенденції у фізиці та астрономії» є формування необхідних фундаментальних знань, які ґрунтуються на теоретичних та експериментальних дослідженнях останніх десятиліть і передбаченнях, що впливають з результатів прогнозованого аналізу розвитку фізики та астрономії, її взаємозв'язку з іншими науковими напрямками та виникненням нових сфер практичного застосування. Це стане в подальшому основою формування нових ідей та допоможе аспірантам в процесі виконання дисертаційних робіт.
Література для вивчення дисципліни	Базова: 1. Мічіо Кайку. Фізика майбутнього. – Львів: Літопис, 2013. – 432с. 2. Douglas M. Our Molecular Future – Prometheus, 2002. – 350 p.

	<p>3. Handbook of materials modeling / S. Yip (ed.). – Springer, 2020. – 2965 p.</p> <p>4. Загородній Ю.О., Коржик В.М., Влайков Г.Г., Трачевський В.В. Аморфні та нанокристалічні феромагнетики. – Вінниця, 2019. – 312 с.</p> <p>5. Остафійчук Б.К., Будзуляк І.М., Григорчак І.І., Миронюк І.Ф. Наноматеріали в пристроях генерування і накопичення електричної енергії, Івано-Франківськ, 2007. – 206с.</p> <p>6. Ваврух М.В., Смеречинський С.В., Тишко Н.Л. Нові моделі в теорії структури вироджених карликів. –Львів, Видавництво «Растр-7», 2018. – 268с.</p> <p>7. Семенцов Ю.І Формування структури та властивостей sp^2 – вуглецевих наноматеріалів і функціональних композитів за їх участі. Київ, Інтерсервіс, 2019. – 364с.</p> <p>8. Адаменко О. Кому потрібне «космічне» марево? // Наука і суспільство. – 2006. – № 1-2. – С. 39–42</p> <p>9. Шпак А.П., Куницький Ю.А., Захарченко М.І., Волощенко А.С. Магнетизм аморфних та нанокристалічних систем.,К., Академперіодика, 2003. – 207 с.</p> <p>Допоміжна:</p> <p>1. Перспективи спінтроніки з поверхневими акустичними хвилями / Дж. Пуебла, Ю. Хванг, С. Маєкава, Ю. Отані // Appl. Phys. Lett. – 2022. – Vol. 120. – P. 220502.</p> <p>2. Василечко Л.О. Фізичні методи дослідження функціональних матеріалів / Л.О. Василечко, А.І. Кондир // Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2020 – 326 с.</p> <p>3. Волков С.В. Нанохімія, наносистеми, наноматеріали / С.В. Волков, Є.П. Ковальчук, В.М. Решетняк // К.: Наукова думка, 2008. – 426 с.</p> <p>Інформаційні ресурси:</p> <p>1. https://uk.wikipedia.org/</p> <p>2. https://www.coursera.org/</p> <p>3. https://www.elsevier.com./</p> <p>4. https://link.springer.com./</p>
Тривалість курсу	один семестр
Обсяг курсу	90 годин, з яких 32 годин лекцій та 58 годин самостійної роботи
Очікувані результати навчання	<p>В результаті вивчення цього курсу аспірант буде</p> <p>знати: основні досягнення фізики конденсованих систем, теоретичні наближення та сучасні методи їх експериментального дослідження, особливості обґрунтованого прогнозування явищ та процесів, які відбуваються в багатокомпонентних системах при різних термодинамічних умовах, включаючи і екстремальні.</p> <p>вміти: використовувати отримані знання для вивчення термодинамічних та кінетичних умов протікання фізичних явищ і процесів та аналізувати їхні закономірності для оцінки впливу на структуроутворення та формування фізичних властивостей, а також знаходити основні напрямки фундаментальних та прикладних досліджень, які призведуть до принципово нових і вагомих результатів.</p>

Освітня компонента передбачає формування у здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти таких загальних (ЗК) та спеціальних (фахових) компетентностей (СК), визначених освітньо-науковою програмою:

ЗК01. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

ЗК02. Здатність працювати в міжнародному контексті.

ЗК03. Здатність розв'язувати комплексні наукові проблеми на основі системного наукового світогляду та загального культурного кругозору із дотриманням професійної етики та академічної доброчесності.

СК01. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми дослідницького характеру в сфері фізики та/або астрономії, інтегрувати знання з різних галузей, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень.

СК02. Здатність відстежувати тенденції розвитку фізики та/або астрономії, їх прикладних застосувань, критично переосмислювати наявні знання та методи фундаментальних та прикладних наукових досліджень.

СК03. Здатність представляти та обговорювати результати своєї науково-дослідницької роботи державною мовою, а також англійською мовою чи одною з офіційних мов Європейського Союзу, в усній та в письмовій формі, опрацьовувати наукову літературу з фізики та/або астрономії і ефективно використовувати нову інформацію з різних джерел.

СК05. Здатність ініціювати, розробляти та реалізовувати науково-дослідницькі, розробницькі та інноваційні проєкти у сфері фізики та/або астрономії, планувати й організовувати роботу науково-дослідницьких, розробницьких та інноваційних колективів.

СК06. Здатність застосовувати сучасні методи, методики, технології, інструменти та обладнання для проведення прикладних та фундаментальних наукових досліджень у галузі фізики та/або астрономії.

В результаті засвоєння освітньої компоненти здобувач третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти досягне наступних програмних результатів навчання (ПРН), визначених освітньо-науковою програмою:

РН01. Мати сучасні концептуальні та методологічні знання з фізики та/або астрономії та дотичних до них міждисциплінарних напрямів, а також необхідні навички, достатні для проведення фундаментальних і прикладних наукових досліджень з метою отримання нових знань та/або здійснення розробок та інновацій.

РН02. Аналізувати та оцінювати стан і перспективи розвитку фізики та/або астрономії, а також дотичних міждисциплінарних напрямів.

РН04. Формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати теоретичних і експериментальних досліджень, математичного моделювання, комп'ютерного експерименту, а також наявні літературні дані.

	<p>РН05. Розробляти моделі процесів і систем у фізиці та/або астрономії та дотичних міждисциплінарних напрямках, використовувати їх у науково-дослідницькій діяльності для отримання нових знань та/або створення розробок та інноваційних продуктів.</p> <p>РН06. Планувати і виконувати прикладні та/або фундаментальні дослідження з фізики та/або астрономії та дотичних міждисциплінарних напрямків з використанням сучасних методів, методик, технологій, інструментів та обладнання, з дотриманням норм академічної етики, критично аналізувати результати наукових досліджень у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми; готувати проєктні пропозиції щодо фінансування наукових досліджень та/або розробницьких і інноваційних проєктів.</p> <p>РН10. Мати навички захисту прав інтелектуальної власності.</p>
Ключові слова	Відкриті системи, самоорганізація, динамічний хаос, невпорядковані структури, наноструктури, квантові матеріали, макро- та мікросвіт
Формат курсу	очний / дистанційний
	проведення лекцій та консультації для кращого розуміння тем
Теми	Наведено у табл.1
Підсумковий контроль, форма	іспит в кінці семестру
Пререквізити	Для вивчення курсу аспіранти повинні знати основні закони та поняття з курсів загальної фізики, квантової механіки, термодинаміки; володіти навиками пошуку та опрацювання спеціалізованої літератури, інтерпретації результатів експерименту та комп'ютерного моделювання.
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	Використовуються такі методи навчання: а) <i>словесні</i> – лекція, пояснення, бесіда; б) <i>наочні</i> – ілюстрування лекційного матеріалу презентаціями, що включають в себе таблиці, схеми та графіки; Під час читання лекцій по методах експериментальних досліджень використовуються сучасні прилади з вивченням їхньої будови та особливостей роботи.
Необхідне обладнання	Електронні мікроскопи, рентгенівські дифрактометри, сканувальні калориметри, персональні комп'ютери, операційні системи (Windows, Linux), загальноживані комп'ютерні програми, проектор
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням: Колоквіум – 35 % • контрольні роботи: 15 % семестрової оцінки; максимальна кількість балів 15 (контрольна робота по зм. модулю № 1 – 7 балів, по зм. модулю №2 – 8 балів); • іспит: 50% семестрової оцінки. Максимальна кількість балів 50. Підсумкова максимальна кількість балів 100. Контрольна робота – максимально 7 балів: 7 б. – аспірант повністю володіє матеріалом; 4-6 б. – аспірант достатньо володіє матеріалом; 1-3 б. – аспірант частково володіє матеріалом; 0 б. – аспірант не володіє матеріалом. Контрольна робота – максимально 8 балів: 8 б. – аспірант повністю володіє матеріалом;

5-7 б. – аспірант достатньо володіє матеріалом;
1-4 б. – аспірант частково володіє матеріалом;
0 б. – аспірант не володіє матеріалом.

Іспит – максимально 50 балів:

Іспит проводиться у змішаній формі: тестування та усна відповідь на питання.

У тесті 20 питань по 1 балу кожне.

У білеті 2 питання (по 15 балів, кожне).

Критерії оцінювання описових питань іспиту:

15 б. – аспірант повністю володіє матеріалом;
10-14 б. – аспірант достатньо володіє матеріалом;
7-10 б. – аспірант частково володіє матеріалом;
1-5 б. – аспірант має базові знання матеріалу;
0 б. – аспірант не володіє матеріалом.

Додаткові 10 балів аспірант може отримати за публікацію статті або особисту участь у науковій конференції за тематикою курсу за умови, що загальне число набраних балів не перевищуватиме 100 балів.

Додаткові бали можна отримати за результатами неформального та/або інформального навчання по тематиці даного курсу. Визнання та зарахування результатів такого навчання відбувається у відповідності до наданих документів про неформальне та/або інформальне навчання.

Додаткові 10 балів можна отримати, наприклад пройшовши онлайн курс по одній з вибраним тем курсу або з теми, близької до теми його дисертаційної роботи за умови, що загальне число набраних балів не перевищуватиме 100 балів

Академічна доброчесність: очікується, що роботи аспірантів будуть їхніми оригінальними дослідженнями чи міркуваннями, які ґрунтуються на власному попередньому досвіді. Списування, втручання в роботу інших аспірантів, відсутність посилань на використані джерела становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної не доброчесності. Виявлення ознак академічної не доброчесності в роботах аспіранта є підставою для її не зарахування викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману. **Відвідування занять** є важливою складовою навчання. Очікується, що всі аспіранти відвідають усі лекційні заняття. Аспіранти мають інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У будь-якому випадку аспіранти зобов'язані дотримуватися усіх строків визначених для виконання усіх видів робіт, передбачених курсом. **Література:** уся література, яку аспіранти не зможуть знайти самостійно. буде надана викладачем виключно в освітніх цілях без права передачі її третім особам. Аспіранти заохочуються до використання також й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих і яку вони можуть самостійно знайти.

Політика встановлення балів. Враховуються бали набрані на колоквиумі та контрольних роботах. При цьому враховується присутність на заняттях та активність аспіранта на заняттях.

	Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.
Питання до екзамену	<ol style="list-style-type: none"> 1. Класифікація твердих тіл. 2. Основні напрямки фізики твердого тіла 3. Сучасні досягнення фізики аморфних речовин 4. Фізика і майбутні завдання комп'ютерів. 5. Фізичні основи штучного інтелекту. 6. Магнітні властивості аморфних сплавів. 7. Магнетизм наноструктур. 8. Фізика і джерела енергії. 9. Основи фізики відкритих систем 10. Термодинаміка кластерів. Фазові переходив кластерах. 11. Емпіричні потенціали і метод молекулярної динаміки в фізиці неупорядкованих систем. 12. Сильно-корельовані електронні системи. Ефект Кондо. 13. Квазічастинки. Магнони, фонони і поляритони. 14. Магнітострикція, магнітооб'ємні ефекти і термічне розширення. 15. Гетероструктури, їх структура та фізичні властивості. Методи отримання гетероструктур. 16. Магнітокалоричний ефект та перспективи його використання. 17. Рідинні нанокомпонитні системи. Рідкі магніти.. 18. Квантові матеріали. Топологічні ізолятори та перспективи їхнього застосування. 19. Атомна динаміка в наночастинках. 20. Квазікристали, структура та фізичні властивості. 21. Проблеми походження життя і мислення з точки зору сучасної фізики. 22. Динамічні системи і детермінований хаос. 23. Лазерна абляція речовин 24. Лазерно індуковані періодичні структури на поверхні твердого тіла. 25. Типи космічного випромінювання. 26. Взаємодія X-променів з атмосферою Землі. 27. Механізм перенесення тепла в умовах космосу.
Опитування	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

Схема курсу «Сучасні тенденції в фізиці та астрономії»

Тиждень	Тема	Форма діяльності та обсяг годин	Література	Термін виконання
1,2	<p>Вступ Основи фізики відкритих систем. Еволюція, деградація та самоорганізація. Дисипативні структури. Синергетика. Швидкість зміни ентропії по середній енергії. Критерій відносного ступеня впорядкованості відкритих систем. S-теорема. СР. Вивчення матеріалу лекції. Закономірності зміни термодинамічних функцій у відкритих системах</p> <p>Тема 2. Геометрія і фізика фракталів. Основи фрактальної геометрії. Фрактальна розмірність. Методи визначення фрактальної розмірності. Малокутова X –променева малокутова дифракція. Поверхневі та об’ємні фрактали. Приклади фрактальних структур. С.Р. Вивчення матеріалу лекції. Фізичні механізми утворення фрактальних структур.</p>	Лекції – 4 год, самостійна робота – 6 год	Базова: 1, 2, 5; Допоміжна: 3	2 тижні
3,4	<p>Тема 3. Магнітні властивості аморфних та нанокристалічних сплавів Спінові хвилі. Магнони у феромагнетиках Взаємодія спінових моментів атомів з електронами провідності у неупорядкованих магнітних матеріалах. Електронні властивості магнетиків. Магнітоопір. С.Р. Вивчення матеріалу лекції. Особливості магнітних властивостей у аморфних металічних сплавах.</p>	Лекції – 4 год, самостійна робота – 6 год	Базова: 4, 9; Допоміжна: 1	2 тижні
5,6	<p>Тема 4. Взаємодія лазерного випромінювання з речовиною Лазерна абляція. Структурні зміни поверхні матеріалів при лазерному опроміненні. Формування лазерно-індукованих періодичних структур на поверхні. Нанокристалізація поверхневих шарів аморфних сплавів. Вибухова кристалізація.</p>	Лекції – 4 год, самостійна робота – 6 год	Базова: 5; Допоміжна: 2, 3	2 тижні

	С.Р. Вивчення матеріалу лекції. Механізм утворення лазерно-індукованих структур.			
7,8	Тема 4. Квантові матеріали. Поняття про квантові матеріали. Квантовий ефект Хола. Топологічні ізолятори та їх електронна будова. Напівметали Вейля. Перспективи використання квантових матеріалів. С.Р. Вивчення матеріалу лекції.	Лекції – 4 год, самостійна робота – 8 год	Базова: 5, 7; Допоміжна: 2, 3	2 тижні
9,10	Тема 5. Основи фізики кластерів. Класифікація кластерів. Структура та фізичні властивості. Магічні числа. Термодинаміка кластерів. Фазові переходи в кластерах. С.Р. Вивчення матеріалу лекції. Міжкластерна взаємодія в аморфних твердих тілах і рідинах.	Лекції – 4 год, самостійна робота – 8 год	Базова: 3, 5, 7; Допоміжна: 2, 3	2 тижні
11,12	Тема 6. Магнітокалоричний ефект Термодинамічні умови виникнення магнітокалоричного ефекту. Експериментальні умови спостереження магнітокалоричного ефекту. Магнітокалоричні матеріали. Сплави на основі гадолінію. С.Р. Вивчення матеріалу лекції. Фізичні властивості магнітокалоричних матеріалів.	Лекції – 4 год, самостійна робота – 8 год	Базова: 4, 9; Допоміжна: 2	2 тижні
13,14	Тема 7. Рідинні нанокompозитні системи. Нанокompозити на основі молекулярних рідин і магнітних наночастинок. Магнітні рідини на основі легкоплавких металевих евтектик і магнітних оксидних наночастинок. Застосування рідинних нанокompозитів в техніці і медицині. С.Р. Вивчення матеріалу лекції. Фізичні основи процесу синтезу нанокompозитів.	Лекції – 4 год, самостійна робота – 8 год	Базова: 2, 5, 7; Допоміжна: 3	2 тижні
15	Тема 8. Фізичні основи космічних технологій Процеси кристалізації в умовах невагомості та мікрогравітації. Поверхневі властивості в умовах невагомості. Ріст кристалів. Процеси масопереносу та дифузії. С.Р. Вивчення матеріалу лекції. Застосування космічних технологій.	Лекції – 2 год, самостійна робота – 4 год	Базова: 6, 8;	1 тиждень

16	<p>Тема 9.Космічне випромінювання Загальна характеристика космічного випромінювання. Типи випромінювання та їх джерела. X-променеве космічне випромінювання та його реєстрація. С.Р. Вивчення матеріалу лекції. Аналіз космічного випромінювання.</p>	<p>Лекції - 2 год. Самостійна робота -4год.</p>	<p>Базова: 6, 8;</p>	<p>1 тиждень</p>
----	--	--	----------------------	------------------

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
Ivan Franko National University of Lviv
Faculty of Physics
Department of Metal Physics

Approved
At a meeting of the Department of Metal Physics
of the Faculty of Physics
of Ivan Franko National University of Lviv
(Minutes No. 9 of 29 August 2025)

Head of the Department


Prof. Stepan MUDRY

Syllabus for the academic discipline
“Advances in Physics and Astronomy”,
taught within the ONP “Physics and Astronomy”
of the third (educational and scientific) level of higher education for
applicants in the speciality E5 “Physics and Astronomy”

Lviv 2025

Course title	Advances in Physics and Astronomy
Course location	8 Kyrylo and Mephodij Street, 79005 Lviv
Faculty and department responsible for the discipline	Faculty of Physics, Department of Metal Physics
Field of knowledge, code, and name of speciality	E Natural Sciences, Mathematics, and Statistics E5 Physics and Astronomy
Course lecturers	Chairperson of the Department of Metal Physics, Doctor of Sciences (Physics and Mathematics). Prof. Stepan Mudry
Contact information of lecturers	stepan.mudryy@lnu.edu.ua https://physics.lnu.edu.ua/employee/mudryj-stepan-ivanovych
Consultations on the course take place	Consultations on lecture days (by prior arrangement). Online consultations via email and Microsoft Teams are also possible. To arrange a time for an online consultation, please email the lecturer or message them via Microsoft Teams chat.
Course page	https://physics.lnu.edu.ua/academics/postgraduates
Course information	The discipline “Advances in Physics and Astronomy” is elective in the speciality E5 Physics and Astronomy for the ONP Physics and Astronomy for the third (educational and scientific) level of higher education, which is taught in the 5th semester with a volume of 3.0 credits (according to the European Credit Transfer System ECTS).
Brief course description	The course “Advances in Physics and Astronomy” is designed to provide participants with the fundamental knowledge, skills, and abilities to formulate new ideas and solve complex problems in physics and astronomy. The course covers basic and applied aspects of condensed matter physics, quantum materials, nanophysics, nuclear and astrophysics, cosmology, and interdisciplinary areas related to information technology, materials science, and space research. Particular attention is paid to modern experimental and theoretical research methods, the role of computer modelling, big data analysis, and international scientific cooperation. The course provides a comprehensive overview of the current state and dynamics of physics and astronomy, and develops the ability to critically analyze scientific results and trends in global science.
Course objectives	The aim of the course “Advances in Physics and Astronomy” is to provide the necessary fundamental knowledge based on theoretical and experimental research of recent decades and predictions based on the results of a forecast analysis of the development of physics and astronomy, its interconnection with other scientific fields, and the emergence of new areas of practical application. This will subsequently serve as the basis for developing new ideas and supporting postgraduate students in completing their dissertations.
Literature for studying the discipline	Basic: <ol style="list-style-type: none"> 1. Michio Kaku. Physics of the Future. – Lviv: Litopys, 2013. – 432 p. 2. Douglas M. Our Molecular Future – Prometheus, 2002. – 350 p. 3. Handbook of materials modelling / S. Yip (ed.). – Springer, 2020. – 2965 p. 4. Zagorodniy Yu.O., Korzhik V.M., Vlaykov G.G., Trachevskiy V.V. Amorphous and nanocrystalline ferromagnets. – Vinnytsia, 2019. – 312 p.

	<ol style="list-style-type: none"> 5. Ostafiychuk B.K., Budzuljak I.M., Hryhorchak I.I., Myroniuk I.F. Nanomaterials in devices for generating and storing electrical energy, Ivano-Frankivsk, 2007. – 206 p. 6. Vavrukh M.V., Smerechynskiy S.V., Tyshko N.L. New models in the theory of degenerated dwarfs. –Lviv, «Rustr-7», 2018. – 268p. 7. Sementscov Yu.I. The structure and properties formation of sp²-carbon nanomaterials and their functional composites. Kyiv: Interservice, 2019. – 364 p. 8. Adamenko O. Who needs a «cosmic» mirage? // Science and Society. – 2006. – № 1-2. – p. 39–42. 9. Shpak A.P., Kynytskyi Yu.A., Zaharchenko M.I., Voloschenko A.S. Magnetism of amorphous and nanocrystalline systems. K.: Acafemperiodyka, 2003. – 207 p. <p>Supplementary:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Prospects for spintronics with surface acoustic waves / J. Puebla, Y. Hwang, S. Maekawa, Y. Otani // Appl. Phys. Lett. – 2022. – Vol. 120. – P. 220502. 2. Vasylechko L.O., Physical methods for functional materials investigation / L.O. Vasylechko, A.I. Kondyr // Lviv: Lviv Polytechnica Publishing House, 2020 – 326 p. 3. S.V. Volkov Nanochemistry, nanosystems, nanomaterials / S.V. Volkov, Ye.P. Kovalchuk, V.M. Resgetniak / K.: Naukova dumka, 2008. – 426 p. <p><i>Information resources:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. https://uk.wikipedia.org/ 2. https://www.coursera.org/ 3. https://www.elsevier.com/ 4. https://link.springer.com/
Course duration	One semester
Course volume	90 hours: 32 hours of lectures and 58 hours of independent work
Expected learning outcomes	<p>Upon completion of this course, postgraduate students will</p> <p>To know: the main achievements of condensed matter physics, theoretical approximations and modern methods of their experimental study, the peculiarities of reasonable prediction of phenomena and processes occurring in multicomponent systems under various thermodynamic conditions, including extreme ones.</p> <p>Be able to: use the knowledge gained to study the thermodynamic and kinetic conditions of physical phenomena and processes, and analyse their patterns to assess their impact on structure formation and the formation of physical properties, as well as identify the main directions of fundamental and applied research that will lead to fundamentally new and significant results.</p> <p>The educational component involves the formation of the following general (GC) and special (SC) competencies in applicants for the third (educational and scientific) level of higher education, as defined by the educational and scientific programme:</p> <p>GC01. Ability to generate new ideas (creativity).</p>

GC02. Ability to work in an international context.

GC03. Ability to solve complex scientific problems based on a systematic scientific worldview and general cultural outlook, while adhering to professional ethics and academic integrity.

SC01. Ability to identify, pose, and solve research problems in the field of physics and/or astronomy, integrate knowledge from different fields, evaluate, and ensure the quality of research performed.

SC02. Ability to track trends in the development of physics and/or astronomy and their applied uses, critically rethink existing knowledge and methods of fundamental and applied scientific research.

SC03. Ability to present and discuss the results of one's scientific research in the national language, as well as in English or one of the official languages of the European Union, both orally and in writing, to process scientific literature in physics and/or astronomy, and to effectively use new information from various sources.

SC05. Ability to initiate, develop, and implement research, development, and innovation projects in the field of physics and/or astronomy, plan and organise the work of research, development, and innovation teams.

SC06. Ability to apply modern methods, techniques, technologies, tools, and equipment for conducting applied and fundamental scientific research in the field of physics and/or astronomy.

As a result of mastering the educational component, applicants for the third (academic and scientific) level of higher education will achieve the following program learning outcomes (PLOs) defined by the educational and scientific program:

LO01. Have modern conceptual and methodological knowledge of physics and/or astronomy and related interdisciplinary fields, as well as the necessary skills sufficient to conduct fundamental and applied scientific research to obtain new knowledge and/or implement developments and innovations.

LO02. Analyse and evaluate the state and prospects of development of physics and/or astronomy, as well as related interdisciplinary fields.

LO04. Formulate and test hypotheses; use appropriate evidence to substantiate conclusions, in particular the results of theoretical and experimental research, mathematical modelling, computer experiments, and available literature data.

LO05. Develop models of processes and systems in physics and/or astronomy and related interdisciplinary fields, use them in research activities to obtain new knowledge and/or create developments and innovative products.

LO06. Plan and carry out applied and/or fundamental research in physics and/or astronomy and related interdisciplinary fields using modern methods, techniques, technologies, tools and equipment, in compliance with academic ethics, critically analyse the results of scientific research in the context of the entire body of modern knowledge on the problem under study; prepare project proposals for funding scientific research and/or development and innovative projects.

LO10. Have skills in protecting intellectual property rights.

Keywords	Open systems, self-organisation, dynamic chaos, disordered structures, nanostructures, quantum materials, macro- and microcosm
Course format	full-time / distance learning
	Lectures and consultations for a better understanding of the topics
Topics	Listed in Table 1
Final assessment, form	exam at the end of the semester
Prerequisites	To study the course, postgraduate students must be familiar with the fundamental laws and concepts of general physics, quantum mechanics, and thermodynamics. They must also possess skills in searching for and processing specialized literature, interpreting experimental results, and computer modeling.
Teaching methods and techniques to be used during the course	The following teaching methods are used: a) <i>verbal</i> – lectures, explanations, discussions; b) <i>visual</i> – illustration of lecture material with presentations that include tables, diagrams, and graphs; During lectures on experimental research methods, modern devices are used to study their structure and features.
Required equipment	Electronic microscopes, X-ray diffractometers, scanning calorimeters, personal computers, operating systems (Windows, Linux), commonly used computer programs, and projectors
Assessment criteria (separately for each type of educational activity)	<p>Assessment is carried out on a 100-point scale. Points are awarded according to the following ratio: Colloquium – 35%</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tests: 15% of the semester grade; maximum number of points 15 (test on module No. 1 – 7 points, on module No. 2 – 8 points); • Exam: 50% of the semester grade. Maximum number of points: 50. <p>The total maximum number of points is 100.</p> <p>Test – maximum 7 points: 7 points – the postgraduate student has a complete grasp of the material; 4-6 points – the postgraduate student has sufficient command of the material; 1-3 points – the postgraduate student has a partial command of the material; 0 points – the postgraduate student does not master the material.</p> <p>Test – maximum 8 points: 8 points – the postgraduate student has a complete grasp of the material; 5-7 points – the postgraduate student has sufficient knowledge of the material; 1-4 points – the postgraduate student has a partial grasp of the material; 0 points – the postgraduate student does not master the material.</p> <p>Exam – maximum 50 points: The exam is conducted in a mixed format, combining written tests and oral answers to questions. The test consists of 20 questions, each worth 1 point. The exam paper contains two questions (worth 15 points each). Criteria for assessing descriptive exam questions: 15 points – the postgraduate student has a complete command of the material; 10-14 points – the postgraduate student has sufficient command of the material; 7-10 points – the postgraduate student has a partial command of the material; 1-5 points – the postgraduate student has basic knowledge of the material; 0 points – the postgraduate student does not have a command of the material.</p>

	<p>Postgraduate students can earn an additional 10 points for publishing an article or personally participating in a scientific conference on the subject of the course, provided that the total points earned do not exceed 100.</p> <p>Additional points can be earned based on the results of informal and/or non-formal learning on the course subject. The recognition and crediting of the results of such learning is carried out in accordance with the documents provided on informal and/or non-formal education.</p> <p>An additional 10 points can be earned, for example, by completing an online course on one of the selected topics of the course or on a topic related to the subject of the dissertation, provided that the total number of points earned does not exceed 100 points.</p> <p>Academic integrity: Postgraduate students are expected to produce original research or reflections based on their own previous experience. Plagiarism, interference in the work of other postgraduate students, and failure to cite sources used are examples of possible academic dishonesty, but are not limited to these. Evidence of academic dishonesty in a postgraduate student's work is grounds for the lecturer to reject it, regardless of the extent of plagiarism or deception. Attendance is a crucial component of the learning process. All postgraduate students are expected to attend all lectures. Doctoral students must inform the teacher if they are unable to participate in a class. In any case, postgraduate students are required to meet all deadlines set for completing all types of work needed for the course. Literature: all literature that postgraduate students are unable to find on their own will be provided by the lecturer for educational purposes only, without the right to transfer it to third parties. Postgraduate students are encouraged to use other literature and sources not among the recommended ones, which can be located independently.</p> <p>Grading policy. Points earned in colloquiums and test works are taken into account. Points are also awarded for independent work. Attendance and participation in class are also taken into account.</p> <p>No forms of academic misconduct are tolerated.</p>
<p>Exam questions</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Classification of solids. 2. Main directions of solid state physics 3. Modern achievements in amorphous matter physics 4. Physics and future tasks of computers. 5. Physical foundations of artificial intelligence. 6. Magnetic properties of amorphous alloys. 7. Magnetism of nanostructures. 8. Physics and energy sources. 9. Fundamentals of open systems physics. 10. Thermodynamics of clusters. Phase transitions in clusters. 11. Empirical potentials and the molecular dynamics method in the physics of disordered systems. 12. Strongly correlated electron systems. Kondo effect. 13. Quasiparticles. Magnons, phonons, and polaritons. 14. Magnetostriction, magnetovolume effects, and thermal expansion.

	<ul style="list-style-type: none"> 15. Heterostructures, their structure and physical properties. Methods of obtaining heterostructures. 16. Magnetocaloric effect and prospects for its use. 17. Liquid nanocomposite systems. Liquid magnets. 18. Quantum materials. Topological insulators and their prospects for application. 19. Atomic dynamics in nanoparticles. 20. Quasicrystals, structure and physical properties. 21. Problems of the origin of life and thought from the point of view of modern physics. 22. Dynamic systems and deterministic chaos. 23. Laser ablation of substances 24. Laser-induced periodic structures on the surface of a solid. 25. Interaction of X-ray with the Earth's atmosphere. 26. Mechanism of heat transfer in space conditions.
Survey	An evaluation questionnaire will be provided at the end of the course to assess its quality.

Course outline for “Advances in Physics and Astronomy”

Week	Topic	Form of activity and the number of hours	Literature	Deadline
1,2	<p>Introduction Fundamentals of open systems physics. Evolution, degradation, and self-organisation. Dissipative structures. Synergetics. Rate of entropy change per average energy. Criterion of relative degree of order in open systems. S-theorem. I.W. Study of lecture material. Patterns of change in thermodynamic functions in open systems Topic 2. Geometry and physics of fractals. Fundamentals of fractal geometry. Fractal dimension. Methods for determining fractal dimension. Small-angle X-ray diffraction. Surface and volume fractals. Examples of fractal structures. I.W. Study of lecture material. Physical mechanisms of fractal structure formation.</p>	Lectures – 4 hours, independent work – 6 hours	Basic: 1, 2, 5; Supplementary: 3	2 weeks
3,4	<p>Topic 3. Magnetic properties of amorphous and nanocrystalline alloys Spin waves. Magnons in ferromagnets: Interaction of atomic spin moments with conduction electrons in disordered magnetic materials. Electronic properties of magnets. Magnetoresistance. I.W. Study of lecture material. Features of magnetic properties in amorphous metal alloys.</p>	Lectures – 4 hours, independent work – 6 hours	Basic: 4, 9; Supplementary: 1	2 weeks
5, 6	<p>Topic 4. Interaction of laser radiation with matter Laser ablation. Structural changes in the surface of materials under laser irradiation. Formation of laser-induced periodic structures on the surface. Nanocrystallisation of surface layers of amorphous alloys. Explosive crystallisation.</p>	Lectures – 4 hours, independent work – 6 hours	Basic: 5; Supplementary: 2, 3	2 weeks

	I.W. Study of lecture material. Mechanism of formation of laser-induced structures.			
7,8	Topic 4. Quantum materials. Concept of quantum materials. Hall quantum effect. Topological insulators and their electronic structure. Weyl semimetals. Prospects for the use of quantum materials. I.W. Study of lecture material.	Lectures – 4 hours Independent work – 8 hours	Basic: 5, 7; Supplementary: 2, 3	2 weeks
9,10	Topic 5. Fundamentals of cluster physics. Classification of clusters. Structure and physical properties. Magic numbers. Thermodynamics of clusters. Phase transitions in clusters. I.W. Study of lecture material. Intercluster interaction in amorphous solids and liquids.	Lectures – 4 hours, independent work – 8 hours	Basic: 3, 5, 7; Supplementary: 2, 3	2 weeks
11,12	Topic 6. Magnetocaloric effect Thermodynamic conditions for the occurrence of the magnetocaloric effect. Experimental conditions for observing the magnetocaloric effect. Magnetocaloric materials. Gadolinium-based alloys. I.W. Study of lecture material. Physical properties of magnetocaloric materials.	Lectures – 4 hours, independent work – 8 hours	Basic: 4, 9; Supplementary: 2	2 weeks
13,14	Topic 7. Liquid nanocomposite systems. Nanocomposites based on molecular fluids and magnetic nanoparticles. Magnetic fluids based on low-melting metal eutectics and magnetic oxide nanoparticles. Application of liquid nanocomposites in technology and medicine. I.W. Study of lecture material. Physical fundamentals of the nanocomposite synthesis process.	Lectures – 4 hours, independent work – 8 hours	Basic: 2, 5, 7; Supplementary: 3	2 weeks
15	Topic 8. Physical foundations of space technologies Crystallisation processes in weightlessness and microgravity. Surface properties in weightlessness. Crystal growth. Mass transfer processes and diffusion. I.W. Study of lecture material.	Lectures – 2 hours, independent work – 4 hours	Basic: 6, 8;	1 week

	Application of space technologies.			
16	<p>Topic 9. Cosmic irradiation</p> <p>General characteristics of space radiation. Types of radiation and their sources. X-ray space radiation and its registration.</p> <p>I.W. Study of lecture material. Analysis of space radiation</p>	<p>Lectures – 2 hours.</p> <p>Independent work – 4 hours</p>	Basic: 6, 8;	1 week