

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

Approved at the meeting of the
Physics of Metals Department
Faculty of Physics of Ivan Franko
National University of Lviv
(protocol No. 7 from 26.06.2023)

Head of the department _____



Stepan MUDRY

SYLLABUS

of the academic discipline «Structure and physical properties of advanced materials», which is taught within the educational and professional program “Applied Physics and Nanomaterials” of the second (master’s) level of higher education for applicants from specialty 105 “Applied Physics and Nanomaterials”

Lviv 2023

Discipline title	Structure and physical properties of advanced materials
The address of teaching the discipline	Kyrylo and Mephodyj str.8, 79005, Lviv, Ukraine
The faculty and department under which the discipline is established	Faculty of Physics, Physics of Metals Department
Field of knowledge, code and name of specialty	10 Natural Sciences / 105 Applied physics and nanomaterials
Lecturer	Stepan Mudry, prof., Doctor of Sciences, Head of Physics of Metals Department.
Contact information of the teachers	stepan.mudryy@lnu.edu.ua https://physics.lnu.edu.ua/employee/mudryj-stepan-ivanovych
Discipline consultations are performed	Consultations on the day of lectures (by prior arrangement). Online consultations are also possible. To agree on the time of online consultations, you should write to the e-mail address of the teacher
Discipline Web page	https://physics.lnu.edu.ua/course/suchasni-tekhnohii-otrymannia-materialiv-prykładna-fizyka-ta-nanomaterialy
Information about the discipline	The subject « Structure and physical properties of advanced materials » is a subject of free choice for the second (master') level of higher education, which is taught in the 1st and 2nd semesters in the amount of 4 credits (2 credits in the 1st semester and 2 credits in the 2nd semester) (according to the European Credit ECTS Transfer System).
Short annotation of the discipline	The discipline «Structure and physical properties» is an elective discipline and introduces students to the physical foundation of advanced materials' structure and physical properties, giving basic knowledge on recent data on the structure and properties of different kinds of advanced materials as well as methods of obtaining by theoretical and experimental means.
Purpose and objectives of the discipline	The purpose and task of the discipline "Structure and physical properties of advanced materials" is the acquisition by students of knowledge and skills that will teach future specialists to master the structure and main physical properties of advanced materials and modern methods of measuring and interpretation obtained results.
Literature	<p>Basic :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. V. M. Borysyuk, O. V. Maksakova, Physical properties of two-dimensional nanomaterials and metal nanoparticles: monograph. – Sumy: Sumy State University, 2020. – 100 p. ISBN 978-966-657-810-8 2. M. L. Babiy O. P. Docenko, V.Yu. Hryshayenko. anobiotechnologies in medicine, Vinnytsia: Tvory, 2019. – 231 p. 3. Frank J. Owens, Charles P. Poole The physics and chemistry of nanosolids, John Wiley, New Jersey, 2008, 539 p. 4. U.K. Singh, manish Dwivedi .Manufacturing processes, new age international publishers, 2009, 290 p. 5. M. Ohring. Materials science of thin films. Deposition and structure, Boston 1998. – 783 p. <p>Additional:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. S.O. Kasap. Principles of electronic materials and devices., Mc.Graw-Hill Companies, 2006. – 874 p.

	2. M .Kuno. Introduction to nanoscience and nanotechnology: A workbook, Notre Dame, 2004. – 246 p.
Duration of discipline	Two semesters
Scope of discipline	120 hours, of which 32 hours of classroom classes (of which 16+16 hours of lectures) and 44+44 hours of self-work
Expected learning outcomes	<p>As a result of studying this course, students</p> <p>should know: the structural parameters of modern materials of various functional purposes, their properties, and the main physical properties that determine the characteristics important in practical use. The main focus will be on students' knowledge of the relationship between structure and physical properties and the ability to use methods to improve such properties.</p> <p>to be able: to use the relationship between structure and physical properties to select materials for different functional purposes and evaluate their suitability for use in various conditions, including those that are extreme; to be able to combine structural parameters with the results of measuring physical properties to purposefully search and synthesize materials with the necessary characteristics; use computer methods to model the relationship between the structure and physical properties and the technological parameters of their production.</p>
Key words	Crystal lattice, chemical and topological ordering, phase transitions, random order, crystal growth, electrical conductivity, magnetic properties, crystal growth, liquid phase epitaxy, sintering process
Subject format	Internal
	lectures and consultations for a better understanding of topics
Topics	Listed in table 1 and table 2
Final control, form	assessment at the end of the 1st and 2nd semesters.
Prerequisites	To study the course, students must know the basic laws and concepts from the courses of general physics, English language, thermodynamics, quantum mechanics, and solid state physics; to be able to apply previously acquired knowledge from the courses of mathematical analysis, differential equations, methods of mathematical physics, general physics, quantum mechanics, statistical physics, solid state physics and computer technologies to solve practical problems; to have the skills of finding and studying specialized literature, including English-language literature, solving algebraic and differential equations, constructing and analyzing graphic dependencies.
Educational methods and equipment	Presentations, lectures, computer work
Necessary devices	Personal computer, projector
Evaluation criteria (separately for each type of educational activity)	<p>The assessment is carried out on a 100-point scale. Points are awarded according to the following ratio:</p> <ul style="list-style-type: none"> • surveys at lectures: 40% of the semester grade; the maximum number of points is 40 (2 surveys × 20 points) • control works: 60% of the semester grade; the maximum number of points is 60 (3 control works × 20 points)

	<p>The final maximum number of points is 100.</p> <p>Academic integrity by higher education students involves independent performance of educational tasks, tasks of current, and final control of study results. Writing off, and interfering with the work of other students are, but are not limited to, examples of possible academic dishonesty. The detection of signs of academic dishonesty in a student's written or oral work is a reason for its failure by the teacher, regardless of the extent of the deception).</p> <p>Attending classes is an important part of learning. All students are expected to attend all lectures and practical sessions of the course. Students must inform the teacher about the impossibility of attending classes. In any case, students must comply with all deadlines set for the performance of all types of work provided for in the course).</p> <p>Literature. All literature that students cannot find on their own will be provided by teachers solely for educational purposes without the right to transfer it to third parties. Students are also encouraged to use other literature and sources that are not among the recommended ones).</p> <p>Scoring policy. Points scored on practical and ongoing testing are taken into account. At the same time, attendance at classes and the student's activity during classes must be taken into account; inadmissibility of absences and lateness to classes; using a mobile phone, tablet or other mobile devices during class for non-educational purposes; plagiarism and plagiarism; untimely performance of the assigned task, etc. Any form of academic dishonesty will not be tolerated).</p>
<p>Questions for control</p>	<p>1 Semester</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Types of structure and their parameters. 2. Crystalline and amorphous structure. 3. Structure parameters and methods of their determination. 4. X-ray diffraction methods 5. Small angle X-ray diffraction 6. Structure defects 7. Structure changes at the chemical ordering of multicomponent alloys. 8. Computer simulation of structure. <p>2 Semester</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Main physical properties of materials (density, electroconductivity, viscosity etc.) 2. Interrelation between structure and physical properties 3. Measuring the physical properties of advanced materials using

	<p>modern equipment.</p> <p>4. Main theoretical approaches for the description of physical properties.</p> <p>5. Physical properties of nanostructured materials.</p> <p>6. New magnetic materials, their structure and properties.</p> <p>7. Quantum materials, structure, and properties.</p> <p>8. Computer methods for studying the physical properties of metallic alloys.</p>
Poll	An evaluation questionnaire to assess the quality of the course will be provided at the end of the course.

Table 1

Scheme of the course «**Structure and physical properties of advanced materials**»
for 1 Semester

Weeks	Theme	Form of activity and amount of hours	Literature	Duration,
1 2	Theme 1 Structure of materials. Crystals and amorphous solids.	Lectures – 2 hours. Self-work – 5 hours.	Basic: 1, 3	2 weeks
3 4	Theme 2. Structure types and their main parameters	Lectures – 2 hours. Self-work – 6 hours.	Basic: 1, 3 Additional: 2	2 weeks
5 6	Theme 3. The structure formation features in multicomponent metallic systems	Lectures – 2 hours. Self-work – 6 hours	Basic: 1, 2, 3	2 weeks
7 8	Theme 4. Structure of intermetallic and its interpretation from the viewpoint of symmetry and packing density	Lectures – 2 hours. Self-work – 6 hours.	Basic: 1, 2, 3	2 weeks
10	Theme 5. Experimental methods of structure investigation	Lectures – 2 hours. Self-work – 5 hours.	Basic: 4, 5	2 weeks
11 12	Theme 6. Interrelation the structure with thermodynamic data and interatomic forces,	Lectures – 2 hours. Self-work – 5 hours.	Basic: 1, 4, 5	2 weeks
13 14	Theme 7. Computer simulation methods in structure studies	Lectures – 2 hours. Self-work – 5 hours.	Basic: 1, 3 Additional: 1, 2	2 weeks
15 16	Theme 8. Structural changes during phase transition	Lectures – 2 hours. Self-work – 6 hours.	Basic: 1, 2, 4 Additional: 1	2 weeks

Table 2

Scheme of the course «**Structure and physical properties of advanced materials**»
for 2 Semester

Weeks	Theme	Form of activity and amount of hours	Literature	Duration
1 2	Theme 1. Main physical properties of different kind materials.	Lectures – 2 hours. Self-work – 5 hours.	Basic: 1, 3 Additional: 2	2 weeks
3 4	Theme 2 Main metallic alloys	Lectures – 2 hours. Self-work – 6 hours	Basic: 1, 3	2 weeks
5 6	Theme 3. Structure-sensitive physical properties.	Lectures – 2 hours. Self-work – 6 hours.	Basic: 1, 2, 3 Additional: 2	2 weeks
7 8	Theme 4. Experimental methods of physical properties investigation	Lectures – 2 hours. Self-work – 6 hours.	Basic: 4, 5	2 weeks
9 10	Theme 5. Physical properties in non-equilibrium processes	Lectures – 2 hours. Self-work – 5 hours.	Basic: 4, 5	2 weeks
11 12	Theme 6. Physical properties of nanosized materials	Lectures – 2 hours. Self-work – 5 hours.	Basic: 1, 2, 3	2 weeks
13 14	Theme 7. Calculation of physical properties from structure data	Lectures – 2 hours Self-work – 5 hours.	Basic: 1, 2, 3 Additional: 1	2 weeks
15 16	Theme 8. Main theoretical approaches for structure description.	Lectures – 2 hours. Self-work – 6 hours.	Basic: 1, 2, 3 Additional: 1	2 weeks

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 № 7 від 26.06.2023 р.)

Завідувач кафедри



проф. Мудрий С. І.

Силабус

**з навчальної дисципліни «Структура та фізичні властивості сучасних
матеріалів (Structure and properties of advanced materials)»,
що викладається в межах ОПП «Прикладна фізика та наноматеріали»
другого (магістерського) рівня вищої освіти
для здобувачів зі спеціальності 105 Прикладна фізика та наноматеріали**

Львів 2023

Назва дисципліни	Структура та фізичні властивості сучасних матеріалів Structure and propertied of advanced materials
Адреса викладання дисципліни	вул. Кирила і Мефодія 8, 79005, м. Львів
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	фізичний факультет, кафедра фізики металів
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	Галузь знань - 10 Природничі науки Спеціальність - 105 Прикладна фізика та наноматеріали освітньо-професійної програми Прикладна фізика та наноматеріали
Викладач дисципліни	професор кафедри фізики металів Мудрий Степан Іванович, д.ф.-м.н.
Контактна інформація викладачів	stepan.mudryy@lnu.edu.ua https://physics.lnu.edu.ua/employee/mudryj-stepan-ivanovych
Консультації з дисципліни відбуваються	Консультації в день проведення лекцій (за попередньою домовленістю). Також можливі он-лайн консультації. Для погодження часу он-лайн консультацій слід писати на електронну пошту викладача.
Сторінка курсу	https://physics.lnu.edu.ua/course/struktura-ta-fizychni-vlastyvosti-suchasnykh-materialiv-105-prykladna-fizyka-ta-nanomaterialy-opp-prykladna-fizyka-ta-nanomaterialy
Інформація про дисципліну	Дисципліна «Структура та фізичні властивості сучасних матеріалів (Structure and propertied of advanced materials)» є дисципліною вільного вибору для другого (магістерського) рівня вищої освіти, яка викладається в 1 та 2 семестрах в обсязі 4 кредитів (2 кредити в 1 семестрі та 2 кредити в 2 семестрі) (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Коротка анотація дисципліни	Дисципліна «Структура та фізичні властивості сучасних матеріалів (Structure and propertied of advanced materials)» є вибірковою дисципліною та знайомить студентів із структурними дослідження сучасних матеріалів та з взаємозв'язком між структурою та основними фізичними властивостями. Вивчення лекційного матеріалу забезпечить ґрунтовні знання про атомну структуру. Особливості її формування та стабільність у різних термодинамічних умовах.
Мета та цілі дисципліни	Метою і завданням дисципліни «Структура та фізичні властивості сучасних матеріалів (Structure and propertied of advanced materials)» є одержання студентами знань і навичок, які навчать майбутніх спеціалістів володіти знаннями про структуру та властивості сучасних матеріалів, які замінюють традиційні матеріали і завдяки своїм унікальним властивостям сучасних стають перспективними для широкого практичного використання у майбутньому. Студенти також навчатимуться робити огляди та виступати з доповідями англійською мовою по знаннях зі структури та властивостей сучасних матеріалів.
Література для вивчення дисципліни	Базова: 1. В. М. Борисюк, О. В. Максакова Фізичні властивості двовимірних наноматеріалів та металевих наночастинок : монографія / В. М. Борисюк, О. В. Максакова. – Суми : Сумський державний університет, 2020. – 100 с. ISBN 978-966-657-810-8 2. М. Л. Бабій, О. П. Доценко, В. Ю. Гришаєнко. Нанобіотехнології у медицині,

	<p>Вінниця, “Твори”, 2019 – 231 с.</p> <ol style="list-style-type: none"> 3. Frank J. Owens, Charles P. Poole The physics and chemistry of nanosolids, John Wiley, New Jersey, 2008. – 539 p. 4. U.K. Singh, manish Dwivedi .Manufacturing processes, new age international publishers, 2009. – 290 p. 5. M. Ohring. Materials science of thin films. Deposition and structure, Boston 1998. – 783p. <p>Допоміжна:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. S.O. Kasap. Principles of electronic materials and devices., Mc.Graw-Hill Companies, 2006. – 874 p. 2. M .Kuno. Introduction to nanoscience and nanotechnology: A workbook, Notre Dame, 2004. – 246 p.
Тривалість дисципліни	Два семестри
Обсяг дисципліни	120 годин, з яких 32 години аудиторних занять (з них 16+16 годин лекцій) та 44+44 години самостійної роботи
Очікувані результати навчання	<p>В результаті вивчення даного курсу студенти повинні</p> <p>знати: структурні параметри сучасних матеріалів різного функціонального призначення, їх властивості, а також основні фізичні властивості, які визначають характеристики, важливі у практичному використанні. Основна увага буде звернута на знання студентами взаємозв'язку між структурою та фізичними властивостями, а також вміння використовувати методи покращення таких властивостей.</p> <p>вміти: використовувати взаємозв'язок між структурою та фізичними властивостями для вибору матеріалів різного функціонального призначення і оцінювати їх придатність до використання у різних умовах включаючи і такі що є екстремальними; вміти поєднувати структурні параметри з результатами вимірювання фізичних властивостей з метою ціленаправленого пошуку та синтезу матеріалів з необхідними характеристиками; використовувати комп'ютерні методи для моделювання взаємозв'язку між структурою та фізичними властивостями та технологічних параметрів їх отримання.</p>
Ключові слова	Кристалічна ґратка, хімічне і топологічне впорядкування, фазові переходи , ближній порядок, ріст кристалів, електропровідність, магнітні властивості, ріст кристалів.
Формат дисципліни	Очний
	проведення лекцій та консультацій для кращого розуміння тем
Теми	Наведено у табл.1 і табл. 2
Підсумковий контроль, форма	залік в кінці 1 та 2 семестрів.
Пререквізити	Для вивчення курсу студенти повинні знати основні закони та поняття з курсів загальної фізики, термодинаміки, квантової механіки, фізики твердого тіла;

	вміти застосовувати набуті раніше знання з курсів математичного аналізу, диференційних рівнянь, методів математичної фізики, загальної фізики, квантової механіки, статистичної фізики, фізики твердого тіла та комп'ютерних технологій для розв'язку практичних завдань; володіти навиками пошуку та опрацювання спеціалізованої літератури, розв'язку алгебраїчних і диференційних рівнянь, побудови та аналізу графічних залежностей.
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	Презентації, лекції, робота за комп'ютером
Необхідне обладнання	Персональний комп'ютер, проектор
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	<p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> • опитування на лекційних заняттях: 40% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 40 (2 опитування по 20 балів) • контрольні роботи: 60% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 60 (3 контрольні роботи по 20 балів) <p>Підсумкова максимальна кількість балів 100.</p> <p>Академічна доброчесність здобувачами вищої освіти передбачає самостійне виконання навчальних завдань, завдань поточного та підсумкового контролю результатів навчання. Списування, втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій чи усній роботі студента є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів обману.</p> <p>Відвідання занять є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції і практичні заняття курсу. Студенти мають інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У будь-якому випадку студенти зобов'язані дотримуватися усіх строків, визначених для виконання усіх видів робіт, передбачених курсом</p> <p>Література. Усю література, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде надано викладачами виключно в освітніх цілях без права її передавання третім особам. Студенти заохочуються до використання також й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих.</p> <p>Політика виставлення балів. Враховуються бали, набрані на практичних та поточному тестуванні. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час заняття; недопустимість пропусків та запізень на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття в цілях, не пов'язаних із навчанням; списування та плагіат; несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін.</p> <p>Жодні форми академічної недоброчесності не толеруються.</p>
Питання на контрольні роботи	<p>1 семестр</p> <p>1. Типи структур та їхні параметри</p>

	<ol style="list-style-type: none"> 2. Кристалічна та аморфна структура 3. Структурні параметри та методи їхнього визначення. 4. Метод дифракції X-променів. 5. Малокутова X-променева дифракція. 6. Структурні дефекти. 7. Структурні зміни при хімічному впорядкуванні багатоконпонентних сплавів. 8. Комп'ютерне моделювання структури. <p>2 семестр</p> <ol style="list-style-type: none"> 9. Основні фізичні властивості матеріалів (густина, електропровідність, вязкість тощо). 10. Взаємозв'язок між структурою та фізичними властивостями. 11. Вимірювання фізичних властивостей новітніх матеріалів з допомогою сучасного обладнання. 12. Основні теоретичні наближення для опису фізичних властивостей. 13. Фізичні властивості наноструктурованих матеріалів. 14. Нові магнітні матеріали, їхня структура та властивості. 15. Квантові матеріали, структура та властивості. 16. Комп'ютерні методи вивчення фізичних властивостей сплавів.
	<p>Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.</p>

Схема курсу «Структура та фізичні властивості сучасних матеріалів (Structure and properties of advanced materials)»
на 1 семестр

Тижні	Назва теми	Форма діяльності та обсяг годин	Література	Термін виконання
1 2	Тема 1. Структура матеріалів. Кристали та аморфні речовини. Структурні моделі	Лекції – 2 год. самостійна робота – 5 год.	Базова: 1, 3; Допоміжна: 2	2 тижні
3 4	Тема 2. Структурні типи та їх основні характеристики.	Лекції – 2 год. самостійна робота – 6 год.	Базова: 1, 3; Допоміжна: 2	2 тижні
5 6	Тема 3. Закономірності формування структури і багатокомпонентних металічних сплавів.	Лекції – 2 год. самостійна робота – 6 год.	Базова: 1, 2, 3;	2 тижні
7 8	Тема 4. Структура інтерметалідів та її інтерпретація з точки зору симетрії та щільності пакування.	Лекції – 2 год. самостійна робота – 6 год.	Базова: 1, 2, 3;	2 тижні
9 10	Тема 5. Експериментальні методи дослідження структури .	Лекції – 2 год. самостійна робота – 5 год.	Базова: 4, 5;	2 тижні
11 12	Тема 6. Зв'язок структури з термодинамічними даними і силами міжчастинкової взаємодії (Лекції – 2 год. самостійна робота – 5 год.	Базова: 1, 4, 5;	2 тижні
13 14	Тема 7. Методи комп'ютерного моделювання структури	Лекції – 2 год. самостійна робота – 5 год.	Базова: 1, 3; Допоміжна: 1, 2	2 тижні
15 16	Тема 8. Структурні зміни при фазових переходах.	Лекції – 2 год. самостійна робота – 6 год.	Базова: 1, 2, 4; Допоміжна: 1	2 тижні

Таблиця 2

Схема курсу «Структура та фізичні властивості сучасних матеріалів (Structure and properties of advanced materials)»
на 2 семестр

Тижні	Назва теми	Форма діяльності та обсяг годин	Література	Термін виконання
1 2	Тема 1. Основні фізичні властивості матеріалів різного типу (Basic physical properties of different types of materials)	Лекції – 2 год. самостійна робота – 5 год.	Базова: 1, 3; Допоміжна: 2	2 тижні
3 4	Тема 2. Металічні сплави (Metal alloys).	Лекції – 2 год. самостійна робота – 6 год.	Базова: 1, 3;	2 тижні
5 6	Тема 3. Структурно-чутливі фізичні властивості (Structure-sensitive physical properties).	Лекції – 2 год. самостійна робота – 6 год.	Базова: 1, 2, 3; Допоміжна: 2	2 тижні
7 8	Тема 4. Експериментальні методи дослідження фізичних властивостей (Experimental methods of research of physical properties).	Лекції – 2 год. самостійна робота – 6 год.	Базова: 4, 5;	2 тижні
9 10	Тема 5. Фізичні властивості у нерівноважних процесах (Physical properties in non-equilibrium processes).	Лекції – 2 год. самостійна робота – 5 год.	Базова: 4, 5;	2 тижні
11 12	Тема 6. Фізичні властивості нанорозмірних систем (Physical properties of nanoscale systems).	Лекції – 2 год. самостійна робота – 5 год.	Базова: 1, 2, 3;	2 тижні
13 14	Тема 7. Розрахунок фізичних властивостей зі структурних даних (Calculation of physical properties from structural data).	Лекції – 2 год. самостійна робота – 5 год.	Базова: 1, 2, 3; Допоміжна: 1	2 тижні
15 16	Тема 8. Основні теоретичні наближення для опису структури (Basic theoretical approximations for describing the structure).	Лекції – 2 год. самостійна робота – 6 год.	Базова: 1, 2, 3; Допоміжна: 1	2 тижні