

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 “Modern Technologies for Materials Synthesis”,
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	Modern technologies for materials synthesis
The address of teaching the discipline	Kyrylo and Mephodyj Str. 8, 79005, Lviv
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 Science, 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-tekhnologii-otrymannia-materialiv-prykladna-fizyka-ta-nanomaterialy
Information about the discipline	The discipline "Modern technologies for materials synthesis" is a subject of free choice for the first (master's) 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 "Modern Technologies for Materials Synthesis" is elective and introduces students to the physical foundations of modern methods of synthesis of functional materials. Studying them during lectures and online consultations provides mastery of familiarization skills with new technologies described in English-language articles and monographs.
Purpose and objectives of the discipline	The purpose and task of the discipline "Modern Technologies for Materials Synthesis" is the acquisition by students of knowledge and skills that will teach future specialists to master the physical foundations of modern methods of synthesis of functional materials, which are already traditionally used in various branches of industry, as well as are promising for wide practical use in the future. Students will also learn how to make reviews and give reports in English on modern materials synthesis technologies).
Literature for the study of the discipline	<p>Basic:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Frank J. Owens, Charles P. Poole, The physics and chemistry of nanosolids, John Wiley, New Jersey, 2008. – 539 p. 2. S.O. Kasap. Principles of electronic materials and devices. Mc.Graw-Hill Companies, 2006. – 874 p. 3. U.K. Singh, manish Dwivedi. Manufacturing processes, new age international publishers, 2009. – 290 p. 4. M Kuno. Introduction to nanoscience and nanotechnology: A workbook, Notre Dame, 2004. – 246 p. 5. Manfred Schmid, Laser sintering with plastics, Munich, 2018. – 204 p. <p>Papers in scientific journals on listed problems.</p>

	Additional materials will be proposed for each theme.
Course duration	Two semesters
The scope of the course	120 hours, of which 32 hours of classroom classes (of which 16+16 hours of lectures) and 44+44 hours of independent work
Expected learning outcomes	<p>As a result of studying this course, students:</p> <p>should know: modern technologies for obtaining structural metal alloys, semiconductor materials, nanoparticles, composites, and other materials of various functional purposes. At the same time, the primary attention will be paid to students' knowledge of the physical foundations of new y technologies and the ability to choose one of them to obtain specific materials with the necessary parameters to ensure optimal operational characteristics).</p> <p>to be able to evaluate the suitability of one or another technological process for the creation of materials of a specific functional purpose; choose the optimal technological parameters for the programmed synthesis of new alloys and combine the features of technological processes with the results of measuring physical and chemical properties; use computer methods to control technological processes).</p>
Key words	laser treatment, gas epitaxy, crystal growth, liquid phase epitaxy, sintering process, additive technologies, magnetic materials, soldering and welding
Subject format	internal
	lectures and consultations for a better understanding of topics
Topics	listed in table 1 and 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, thermodynamics, quantum mechanics, 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 searching and processing specialized literature, solving algebraic and differential equations, constructing and analyzing graphic dependencies.
Educational methods and equipment	Presentations with illustrations of fundamental laws of modern materials synthesis technologies, as well as ways of their practical implementation; lectures
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</p>

	<p>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 performing all types of work provided 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 considered. At the same time, attendance at classes and the student's activity during classes must be considered; 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.</p> <p>Any form of academic dishonesty will not be tolerated.</p>
<p>Question for control</p>	<p style="text-align: center;">1 semester</p> <p>Synthesis of nanoparticles and nanomaterials</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. What is the difference between traditional and modern technologies? 2. What do «top-down» and «bottom-up» approaches in nanomaterials manufacturing? 3. Describe the manufacturing process for carbon nanotubes. 4. What kind of materials can be produced by means of molecular beam technology? 5. How does laser irradiation affect the structure of thin films? 6. What are the features of liquid phase epitaxy in crystal growth technologies? 7. What are the characteristic properties of nanomaterials? 8. What is the significance of high purity in the manufacturing of aerogels? 9. What is the difference between “up milling” and “down milling” at manufacturing of nanoparticles? 10. What are nanocomposites' main advantages and disadvantages compared to traditional materials? <p style="text-align: center;">2 semester</p> <p>Synthesis of multifunctional materials</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. What properties of materials can be improved by thermal treatment? 2. What metals are currently used at the synthesis of high entropy alloys?

	<p>3. What are the main stages of the 3D manufacturing process?</p> <p>4. What is the main feature of the crystal growth process in space in comparison with conditions of the Earth?</p> <p>5. What is the principal difference between soldering and welding processes?</p> <p>6. How many methods are available to produce the plastics?</p> <p>7. What is the principle of electroplating?</p> <p>8. Step by step, describe the manufacture of a component by powder metallurgy process.</p> <p>9. What is the object of electroplating? How is it done?</p> <p>10. What materials are named smart or intelligent, and how are they manufactured?</p> <p>11. Name and briefly describe five fabrication techniques used for plastic polymers.</p>
Poll	An evaluation questionnaire to assess the course's quality will be provided at the end of the course.

Table 1

Scheme of the course
"Modern technologies for materials synthesis"
for 1 semester

Weeks	Theme	Form of activity and amount of hours	Literature	Duration
1 2	Theme 1. Brief description of the traditional and modern technologies for materials manufacturing.	Lectures – 2 hours. Self-work – 5 hours.	Basic: 1, 2	2 weeks
3 4	Theme 2. Methods for synthesis of nanomaterials Molecular beam epitaxy	Lectures – 2 hours. Self-work – 6 hours.	Basic: 2, 3	2 weeks
5 6	Theme 3. Laser ablation method and surface modification.	Lectures – 2 hours. Self-work – 6 hours.	Basic: 2, 5	2 weeks
7 8	Theme 4. Vapor-gas deposition method.	Lectures – 2 hours. Self-work – 6 hours	Basic: 4, 5	2 weeks
9 10	Theme 5. New technologies for porous materials obtaining	Lectures – 2 hours Self-work – 5 hours	Basic: 1, 3	2 weeks
11 12	Theme 6. Liquid phase epitaxy in crystal growth technologies.	Lectures – 2 hours. Self-work – 5 hours.	Basic: 1, 2	2 weeks
13 14	Theme 7. High-purity materials and methods of their purification.	Lectures – 2 hours. Self-work – 5 hours.	Basic: 1, 3	2 weeks
15 16	Theme 8 Technology of magnetic nanoparticle synthesis	Lectures– 2 hours. Self-work – 6 hours.	Basic: 1, 4	2 weeks

Scheme of the course
"Modern technologies for materials synthesis"
 for 2 semester

Weeks	Theme	Form of activity and amount of hours	Literature	Duration
1 2	Theme 1. Thermal treatment of materials and physical properties improving.	Lectures – 2 hours. Self-work – 5 hours.	Basic: 1, 2	2 weeks
3 4	Theme 2. Physical processes at casting technologies.	Lectures – 2 hours. Self-work – 6 hours.	Basic: 1, 3	2 weeks
5 6	Theme 3. Synthesis of high entropy alloys.	Lectures – 2 hours. Self-work – 6 hours.	Basic: 4, 5	2 weeks
7 8	Theme 4. Additive technologies. 3-D printing. Microcontact printing	Lectures – 2 hours. Self-work – 6 hours	Basic: 4, 5	2 weeks
9 10	Theme 5. Space technologies of materials synthesis.	Lectures – 2 hours Self-work – 5 hours.	Basic: 3, 4	2 weeks
11 12	Theme 6. New magnetic materials and their manufacturing. Magnetic thin films and nanoparticles.	Lectures – 2 hours. Self-work – 5 hours.	Basic: 1, 4	2 weeks
13 14	Theme 7. Physical-chemical methods for MEMS and NEMS producing.	Lectures – 2 hours. Self-work – 5 hours.	Basic: 3, 4	2 weeks
15 16	Theme 8. Synthesis of amorphous metallic alloys.	Lectures – 2 hours. Self-work – 6 hours.	Basic: 4, 5	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 «Сучасні технології отримання матеріалів»
(«*Modern technologies for materials synthesis*»)
що викладається в межах ОПП «Прикладна фізика та наноматеріали»
другого (магістерського) рівня вищої освіти
для здобувачів з спеціальності 105 Прикладна фізика та наноматеріали

Львів 2023

Назва дисципліни	Сучасні технології отримання матеріалів Modern technologies for materials synthesis
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
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 дисципліни	https://physics.lnu.edu.ua/course/suchasni-tekhnologii-otrymannia-materialiv-prykladna-fizyka-ta-nanomaterialy
Інформація про дисципліну	Дисципліна «Сучасні технології отримання матеріалів» («Modern technologies for materials synthesis») 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 «Сучасні технології отримання матеріалів» («Modern technologies for materials synthesis») є вибірковою дисципліною та знайомить студентів із фізичними основами сучасних методів синтезу функціональних матеріалів. Їхнє вивчення під час лекційних занять та он-лайн консультацій дає оволодіння навиками ознайомлення з модифікованими традиційними, а також принципово новими технологіями, описаними в англійських статтях та монографіях.
Мета та цілі дисципліни	Метою і завданням дисципліни «Сучасні технології отримання матеріалів» («Modern technologies for materials synthesis») є одержання студентами знань і навичок, які навчать майбутніх спеціалістів володіти фізичними основами сучасних методів синтезу функціональних матеріалів, які вже традиційно використовуються у різних галузях індустрії, а також є перспективними для широкого практичного використання у майбутньому. Студенти також навчаться робити огляди та виступати з доповідями англійською мовою по сучасних технологіях синтезу матеріалів.
Література для вивчення дисципліни	Базова: <ol style="list-style-type: none"> 1. Frank J. Owens, Charles P. Poole The physics and chemistry of nanosolids, John Wiley, New Jersey, 2008, 539p. 2. S.O. Kasap. Principles of electronic materials and devices., Mc.Graw-Hill Companies, 2006, 874p. 3. U.K. Singh, Manish Dwived. Manufacturing processes, new age international publishers, 2009, 290p. 4. M Kuno. Introduction to nanoscience and nanotechnology: A workbook, Notre Dame, 2004. – 246 p. 5. Manfred Schmid, Laser sintering with plastics, Munich, 2018. – 204 p. <p>Додаткові матеріали також буде запропоновано для кожної теми окремо.</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 знати: сучасні технології отримання конструкційних металевих сплавів, напівпровідникових матеріалів, наночастинок, композитів та інших матеріалів різного функціонального призначення. При цьому основна увага буде звернута на знання студентами фізичних основ нових технологій та вміння вибирати певну з них для отримання конкретних матеріалів з необхідними параметрами для забезпечення оптимальних експлуатаційних характеристик.</p> <p>вміти: оцінювати придатність того чи іншого технологічного процесу до створення матеріалів певного функціонального призначення ; вибирати оптимальні технологічні параметри для програмованого синтезу нових сплавів та поєднувати особливості технологічних процесів з результатами вимірювання фізико-хімічних властивостей; використовувати комп'ютерні методи для контролю технологічних процесів</p>
Ключові слова	Молекулярні пучки, лазерна абляція, газова епітаксія, поруваті матеріали, рідкофазна епітаксія, процес спікання, високоентропійні сплави, адитивні технології, магнітні матеріали, моделювання структури та властивостей матеріалів
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, квантової механіки, фізики твердого тіла; фізичного матеріалознавства, фізики кластерів та фізики металів. 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'язання практичних завдань пов'язаних з вибором оптимальних параметрів в технологічних процесах отримання сучасних функціональних матеріалів.
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	Презентації з ілюстраціями фундаментальних закономірностей сучасних технологій синтезу матеріалів, а також шляхів їх практичної реалізації; лекції
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</p>

	<p>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 запізнь 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>
<p>Питання на контрольні роботи</p>	<p>1 семестр</p> <p>Синтез наночастинок і наноматеріалів</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Чим відрізняються традиційні технології від сучасних? 2. Що означає підходи «зверху вниз» і «знизу вгору» у виробництві наноматеріалів? 3. Опишіть процес виробництва вуглецевих нанотрубок. 4. Які матеріали можна отримати за допомогою молекулярно-променевої технології? 5. Який вплив лазерного опромінення на структуру тонких плівок? 6. Які особливості рідкофазної епітаксії в технологіях вирощування кристалів? 7. Які характерні властивості наноматеріалів? 8. Яке значення має висока чистота при виготовленні аерогелів? 9. Яка різниця між «up milling» і «down milling» при виробництві наночастинок? 10. Які основні переваги та недоліки нанокомпозиту порівняно з традиційними матеріалами? <p>2 семестр</p> <p>Синтез багатофункціональних матеріалів</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Які властивості матеріалів можна покращити термічною обробкою? 2. Які метали в даний час використовують при синтезі

	<p>високоентропійних сплавів?</p> <p>3. Які основні етапи процесу виготовлення 3D?</p> <p>4. У чому головна особливість процесу росту кристалів у космосі порівняно з умовами Землі?</p> <p>5. У чому полягає принципова відмінність між процесами паяння та зварювання?</p> <p>6. Скільки методів доступно для виробництва пластмас?</p> <p>7. У чому полягає принцип гальванопластики?</p> <p>8. Опишіть поетапно виготовлення деталі методом порошкової металургії.</p> <p>9. Що є об'єктом гальванопластики? Як це робиться?</p> <p>10. Які матеріали називають розумними або інтелектуальними і як вони зараз виготовляються?</p> <p>11. Назвіть і коротко опишіть п'ять методів виробництва полімерних пластиків.</p>
Опитування	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

Таблиця 1

Схема курсу «Сучасні технології отримання матеріалів»
 («Modern technologies for materials synthesis»)
 на 1 семестр

Тижні	Теми занять	Форма діяльності та обсяг годин	Література	Термін виконання
1-2	Тема 1. Короткий опис традиційних та сучасних технологій отримання матеріалів.	Лекції – 2 год. самост. роб. – 5 год.	Базова: 1, 2;	2 тижні
3-4	Тема 2. Методи синтезу наноматеріалів Технологія молекулярних пучків.	Лекції – 2 год. самост. роб. – 6 год.	Базова: 2, 3;	2 тижні
5-6	Тема 3. Метод лазерної абляції і модифікація поверхні.	Лекції – 2 год. самост. роб. – 6 год.	Базова: 2, 5;	2 тижні
7-8	Тема 4. Метод газового осадження.	Лекції – 2 год. самост. роб. – 6 год.	Базова: 4, 5;	2 тижні
9-10	Тема 5. (Нові технології отримання поруватих матеріалів.	Лекції – 2 год. самост. роб. – 5 год.	Базова: 1, 3;	2 тижні
11-12	Тема 6. Рідкофазна епітаксія в технологіях вирощування монокристалів.	Лекції – 2 год. самост. роб. – 5 год.	Базова: 1, 2;	2 тижні
13-14	Тема 7. Матеріали високої чистоти і методи їх очищення.	Лекції – 2 год. самост. роб. – 5 год.	Базова: 1, 3;	2 тижні
15-16	Тема 8. Технологія синтезу магнітних нано.	Лекції – 2 год. самост. роб. – 6 год.	Базова: 1, 4;	2 тижні

Таблиця 2

Схема курсу «Сучасні технології отримання матеріалів»
 («Modern technologies for materials synthesis»)
 на 2 семестр

Тижні	Теми занять	Форма діяльності та обсяг годин	Література	Термін виконання
1-2	Тема 1. Термообробка матеріалів і покращення їхніх властивостей.	Лекції – 2 год. самост. роб. – 5 год.	Базова: 1, 2;	2 тижні
3-4	Тема 2. Фізичні процеси у технологіях ливарництва.	Лекції – 2 год. самост. роб. – 6 год.	Базова: 1, 3;	2 тижні
5-6	Тема 3. Синтез високоентропійних сплавів.	Лекції – 2 год. самост. роб. – 6 год.	Базова: 4, 5;	2 тижні
7-8	Тема 4. Адитивні технології. 3-D-друк.	Лекції – 2 год. самост. роб. – 6 год.	Базова: 4, 5;	2 тижні
9-10	Тема 5. Космічні технології отримання матеріалів.	Лекції – 2 год. самост. роб. – 5 год.	Базова: 3, 4;	2 тижні
11-12	Тема 6. Нові магнітні матеріали та їх виготовлення. Магнітні наночастинки та наноплівки.	Лекції – 2 год. самост. роб. – 5 год.	Базова: 1, 4;	2 тижні
13-14	Тема 7. Фізико-хімічні методи виготовлення МЕМС і НЕМС систем.	Лекції – 2 год. самост. роб. – 5 год.	Базова: 3, 4;	2 тижні
15-16	Тема 8. Синтез аморфних металічних сплавів.	Лекції – 2 год. самост. роб. – 6 год.	Базова: 4, 5;	2 тижні