



Зондові нанотехнології модифікації поверхні
Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>132 Матеріалознавство</i>
Освітня програма	<i>Інжиніринг та комп'ютерне моделювання в матеріалознавстві</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>5 курс, осінній / весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>135 год</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік диференційний</i>
Розклад занять	https://Rozklad.kpi.ua
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н., доцент <i>Орлов Андрій Костянтинович</i> , orlov@kpm.kpi.ua Практичні / Семінарські: к.т.н., доцент <i>Орлов Андрій Костянтинович</i> , orlov@kpm.kpi.ua Лабораторні: к.т.н., доцент <i>Орлов Андрій Костянтинович</i> , orlov@kpm.kpi.ua <i>(063) 214-68-36 - Telegram та Viber</i>
Розміщення курсу	https://classroom.google.com/c/MzAzODI5ODkyNjY2?cjc=mww2svp

Програма навчальної дисципліни

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

Метою кредитного модуля є формування у студентів здатностей:

- Працюючи у складі групи фахівців проявити здатність до використання новітніх методик аналізу поверхні, та за допомогою відповідних приладів та устаткування уміти визначати хімічний склад та структуру наноматеріалів у відповідності до теми досліджень;
- Працюючи у складі групи фахівців проявити здатність до використання новітніх методик модифікації поверхні та залучивши відповідні прилади та устаткування уміти визначати необхідний метод модифікації поверхні у відповідності з поставленим завданням;
- Працюючи у складі групи фахівців проявити здатність до використання новітніх методик вивчення властивостей наноматеріалів, за допомогою відповідних приладів та устаткування уміти визначати необхідний комплекс методів, що характеризують фізичні властивості наноматеріалів.

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

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі результати навчання:

Знання з фізичних основ зондових нанотехнологій та атомного дизайну, виявляти взаємозв'язок між властивостями матеріалів та їх топологічними розмірами, типових сучасні приладів і установок для аналізу та контролю наноматеріалів та межі їх застосування, принципи

обирання відповідних методів аналізу стану та властивостей наноматеріалів, фізичні основи модифікації поверхні твердих тіл, типові сучасні прилади і установки для модифікації поверхні твердих тіл та межі їх застосування;

Уміння використовувати міждисциплінарні матеріалознавчі знання для розробки та створення нових матеріалів та технологій, що відповідають ідеології сталого розвитку, уміння самостійно використовувати сучасні наукові уявлення про неорганічні матеріали для аналізу характеру їх взаємодії з навколишнім середовищем, вибирати відповідний режим модифікації поверхні твердого тіла та визначати його хімічний склад, кристалографічну структуру, встановлювати взаємозв'язок між параметрами процесів модифікації поверхні твердих тіл та фізичними властивостями оброблюваної поверхні. Шифри сформованих компетенцій КСО.09, КЗН.02, КІ.06, КІ.07, КЗП.11., КСП.01, КСП.02, КСП.06, КСП.08, КСП.12.

Досвід опису структури поверхневих фаз та наноструктур, обирання відповідних методів аналізу стану та властивостей модифікованої поверхні та витлумачення результатів

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1.

Тема 1.1. Зондові нанотехнології та атомний дизайн

Принципи проведення зондового аналізу та маніпулювання атомами. Тунельний ефект
Шифр змістовних модулів - КСП.08.ПП.О.01, КІ.06.ПП.Н.01

Тема 1.2. Тунельна мікроскопія.

Тунельна мікроскопія. Принцип дії, вимоги до зразків. Межі застосування.
Шифри змістовних модулів - КІ.06.ПП.Н.01

Тема 1.3. Атомно-силова мікроскопія.

Атомно-силова мікроскопія. Принцип дії та устаткування.
Шифр змістовного модуля - КІ.06.ПП.Н.01.

Тема 1.4. Атомно-силове маніпулювання окремими атомами.

Атомно-силове маніпулювання окремими атомами. Шифри змістовних модулів - КСП.08.ПП.О.01

Тема 1.5. Основні методи отримання нанорозмірних речовин.

Основні методи отримання нанорозмірних речовин. Вакуумна конденсація. Низькоенергетична постобробка вакуумноконденсованих нанорозмірних плівкових матеріалів. Шифри змістовних модулів - КСП.08.ПП.О.01

Тема 1.6. Основні методи вимірювання параметрів речовин, що перебувають в наностані.

СТМ та АСМ, СБОМ. Шифри змістовних модулів - КСП.08.ПП.О.01

Тема 1.7. Електронно-мікроскопічний аналіз наностану.

Електронно-мікроскопічний аналіз наностану. Особливості аналізу полікристалічних структур.
Шифри змістовних модулів - КІ.06.ПП.Н.01

Тема 1.8. Принципи електроннографічного аналізу поверхні з наноструктурами.

Принципи електроннографічного аналізу поверхні з наноструктурами.

Шифри змістовних модулів - КСП.08.ПП.О.01.

Тема 1.9. Оже-спектрометрія та ВІМС.

Визначення пошарового складу наноструктур. Шифри змістовних модулів - КІ.06.ПП.Н.01

Розділ 2 Модифікація поверхні

Тема 2.1. Електронно-променева модифікація поверхні твердих тіл.

Електронно-променева модифікація поверхні твердих тіл. Взаємодія електронів з поверхнею твердих тіл.

Шифри змістовних модулів - КСП.08.ПП.О.01.

Тема 2.2. Складові частини джерела прискорених електронів.

Залежність температури нагріву поверхні від теплоємності матеріалів та від її складу.

Шифри змістовних модулів - КІ.06.ПП.Н.01.

Тема 2.3. Глибина проникнення електронів у поверхневий шар матеріалу.

Модель Арчарда. Шифри змістовних модулів - КСП.08.ПП.О.01.

Тема 2.4. Режими теплової обробки матеріалів потоком прискорених електронів.

Підготовка зразків для обробки електронним променем.

Шифри змістовних модулів - КІ.06.ПП.Н.01.

Тема 2.5. Іонно-плазмова модифікація поверхні твердих тіл.

Фізика взаємодії прискорених йонів з поверхнею. Шифри змістовних модулів - КСП.08.ПП.О.01.

Тема 2.6. Йонні джерела

Різновиди та параметри йонних джерел.

Шифри змістовних модулів - КІ.06.ПП.Н.01.

Тема 2.7. Плазмова обробка твердих тіл.

Енергетика та модифікація хімічного та фазового складу при плазмовій обробці.

Шифри змістовних модулів - КІ.06.ПП.Н.01.

Тема 2.8. Обробка поверхонь високоенергетичними іонами.

Принципи йонного легування та імплантації.

Шифри змістовних модулів - КСП.08.ПП.О.01.

Тема 2.9. Лазерні технології модифікації поверхні твердих тіл.

Особливості застосування лазерних технологій модифікації поверхні твердих тіл. Шифри змістовних модулів - КІ.06.ПП.Н.01.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Дисципліна повністю забезпечена навчально-методичною літературою, перелік якої студенти отримують на початку курсу. Також на початку семестру в кожную академічну групу надається робоча навчальна програма, рейтингова система оцінки знань та перелік завдань для

самостійної роботи, та контрольні питання на поточний та підсумковий контроль. Всі необхідні методичні матеріали для вивчення дисципліни розміщені у локальній комп'ютерній мережі кафедри фізики металів. На веб-сторінці кафедри для додаткового спілкування викладача та студентів відкрито форум, що дозволяє обговорювати негайні питання поза аудиторними заняттями. індивідуальне консультування проводиться раз на тиждень згідно з розкладом затвердженим кафедрою.

Рекомендована література

Базова

1. В. Л. Миронов Основы сканирующей зондовой микроскопии. Учебное пособие для студентов старших курсов высших учебных заведений. Российская академия наук, Институт физики микроструктур. г. Нижний Новгород, 2004 г. - 110 с. – 4 прим. (Електронний варіант є у депозитарії учбових ресурсів кафедри фізики металів).
2. [Наноструктурные материалы : Учебн. пособие для студ. вузов по напр. 651800 "Физическое материаловедение" / Р.А. Андриевский, А.В. Рагуля.](#)
3. С Быковский Ю.А., Неволин В.Н., Фоминский В.Ю. Ионная и лазерная имплантация металлических материалов.—М.: Энергоатомиздат, 1991. – 240с. (Електронний варіант є у депозитарії учбових ресурсів кафедри фізики металів).
4. Ионная имплантация и лучевая технология/ Под ред. Дж. С. Вильямса, Дж. М. Поута.—Киев: Наук. думка, 1988.—360 с. 2 прим.
5. С.И. Сидоренко, В.Н. Пащенко, В.Д. Кузнецов. Материаловедческие основы инженерии поверхности. – Киев: Наукова думка, 2001. – 230 с. С.108 – 7 прим.
6. Распыление твердых тел ионной бомбардировкой. Физическое распыление одноэлементных твердых тел. Под редакцией Р. Бериша. М.: Мир, 1984. 336 с. 2 прим.
7. Абрамян А.А. Основы прикладной нанотехнологии. М.: МАГИСТР-ПРЕСС , 2007. - 208 с. (Електронний варіант є у депозитарії учбових ресурсів кафедри фізики металів).
8. Ю.И. Головин, Введение в нанотехнологию, Издательство “Ма-шиностроение”, Москва, 2003 (Електронний варіант є у депозитарії учбових ресурсів кафедри фізики металів)..

ДОДАТКОВА ЛІТЕРАТУРА

9. С.Б.Нестеров, О.С.Зилова Современная сканирующая зондовая микроскопия. <http://nit.miem.edu.ru/2006/sb/section0/5.htm>
10. Азаренков Н.А., Веревкин А.А., Ковтун Г.П. Основы наноматериалов (учебное пособие). Харьков. ХНУ (2009) 69 с. (Електронний варіант є у депозитарії учбових ресурсів кафедри фізики металів).
11. Андриевский Р. А. Основные проблемы наноструктурного материаловедения и развитие нанотехнологии. М.: Изд. центр Академия, 2005. (Електронний варіант є у депозитарії учбових ресурсів кафедри фізики металів).
12. Гусев А.И., Ремпель А.А. Нанокристаллические материалы. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001. — 224 с. – 2прим. (Електронний варіант є у депозитарії учбових ресурсів кафедри фізики металів).
13. Б.М. Балоян, А.Г. Колмаков, М.И. Алымов и др. Наноматериалы. Классификация, особенности свойств, применение и технологии получения. Учебное пособие. Международный университет природы, общества и человека «Дубна» Филиал «Угреша». 125 (Електронний варіант є у депозитарії учбових ресурсів кафедри фізики металів).
14. Андриевский Р.А. Водород в наноструктурах, Усп. физич. 177, 7, 721-736 (2007).
15. Хасуи А., Моригаки О. Наплавка и напыление/ Пер. с яп. В.Н. Попова; Под ред. В.С. Степина, Н.Г. Шестеркина, -- М.: Машиностроение, 1985. – 240 с. 2 прим.

16. Ивановский Г. Ф., Петров В. И. Ионно-плазменная обработка материалов. — М.: Радио и связь, 1986. — 232 с 3 прим.
17. Диденко А.Н., Лигачев А.Е., Куракин И.Б. Воздействие пучков заряженных частиц на поверхность металлов и сплавов. М.: Энергоатомиздат, 1987. 184 с.17, 27 2 прим.
18. Аброян И.А., Андронов А.Н., Титов А.И., Физические основы электронной и ионной технологии. М., Высшая Школа. 1984. 380 с. 3 прим.
19. Атомно-молекулярные процессы: В задачах с решениями. / Никитин Е.Е., Смирнов Б.М. Учеб. руководство.—М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. — 304с. С. 112
20. Иевлев В.М., Трусов Л. И., Холмянский В.А. Структурные превращения в тонких пленках. — М.: Металлургия.—1988. 326 с. С.225
21. В. Ф. Попов, Ю.Н. Горин Процессы и установки электронно-ионной технологии: Учеб. Пособие для вузов. — М.: Высш. шк., 1988. — 225 с. С.12
22. Модифицирование и легирование поверхности лазерными, ионными и электронными пучками / Под ред. Дж. М. Поута и др.; — М. Машиностроение, 1987. —424с.
23. Ю. А. Куницький, Я. І. Купина. Електронна мікроскопія: навчальний посібник. Київ.: Либідь, 1998
24. <http://www.ntmdt.ru/device/nanoeducator-2>
25. ЕКСИТОНІКА НИЗЬКОРОЗМІРНИХ СИСТЕМ / А.П. Шпак, Ю.А. Куницький, С.Ю. Смик — К.: 2004. — 128 с. (Сс. 58-60).
26. Ю.Д.Третьяков. Учебное пособие «Наноструктурированные материалы». МГУ им. М.В.Ломоносова ФАКУЛЬТЕТ НАУК О МАТЕРИАЛАХ Москва 2006.
27. А.В. Баранов, Г.Н. Виноградова, Ю.М. Воронин, Г.М. Ермолаева, П.С. Парфенов, В.Б. Шилов Техника физического эксперимента в системах с пониженной размерностью - Санкт-Петербург: , 2009. - 61 с. (<http://books.ifmo.ru/?out=book&id=477>)
28. S.-C.Y. Tsen, P.A. Croziera, J. Liub. Lattice measurement and alloy compositions in metal and bimetallic nanoparticles. Ultramicroscopy 98 (2003) 63–72.
29. Шиммель Г. Методика электронной микроскопии. М. Мир. 1972“.
30. Амстиславский Я. Е. Учебные эксперименты по волновой оптике в диффузно рассеянных лучах. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. — 128 с.
31. Фелдман Л., Майер Д. Основы анализа поверхности и тонких пленок./Пер. с англ. - М.: Мир, 1989. - 342 с.
32. Вудраф Д., Делчар Т. Современные методы исследования поверхности. - М: Мир, 1989. - 564 с
33. <http://ion-sources.narod.ru/Technol.html>
34. Делоне Н.Б. Взаимодействие лазерного излучения с веществом: Курс лекций. — М.: Наука, 1989 278 с.
35. А.В. Елецкий Углеродные нанотрубки//УФН №9 т.167 (1997) СС. 945-972
36. Гоулдстейн Дж. и др. Растровая электронная микроскопия и рентгеновский микроанализ, тт. 1, 2. М.: Мир 1984р.
37. Дьяконова Н. П., Иванов А. Н. КРИСТАЛЛОГРАФИЯ, РЕНТГЕНОГРАФИЯ И ЭЛЕКТРОННАЯ МИКРОСКОПИЯ. Раздел: Микрорентгеноспектральный анализ Методические указания. МИСиС, Москва 1991 32с.

Інформаційні ресурси:

1. <http://nit.miem.edu.ru/2006/sb/section0/5.htm>
2. <http://www.ntmdt.ru/device/nanoeducator-2>
3. <http://books.ifmo.ru/?out=book&id=477>
4. <http://ion-sources.narod.ru/Technol.html>

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	Зондові нанотехнології. Вступ. Предмет і завдання дисципліни. Принципи проведення зондового аналізу та маніпулювання атомами. Тунельний ефект. <i>Завдання на СРС:</i> Опанувати матеріал, викладений на с. 7-10 з видання [1]
2	Тунельна та атомно-силова мікроскопія. Принцип дії, вимоги до зразків. Межі застосування. <i>Завдання на СРС:</i> Опанувати матеріал, викладений на с. 362-365 видання [24].
3	Атомно-силова мікроскопія. Принцип дії та устаткування. <i>Завдання на СРС:</i> Опанувати матеріал, викладений на с. 62-86 з видання [1]
4	Атомно-силове маніпулювання окремими атомами. <i>Завдання на СРС:</i> Для опанування матеріалу лекції студенту доцільно прочитати сторінки 15-22 з видання [1].
5	Основні методи отримання нанорозмірних речовин. Вакуумна конденсація, диспергування. Атомно-шарове нарощування. Низькоенергетична постобробка вакуумноконденсованих нанорозмірних плівкових матеріалів. <i>Завдання на СРС:</i> Опанувати матеріал, викладений на с. 60-93 з видання [26].
6	Основні методи вимірювання параметрів речовин, що перебувають в наностані. СТМ та АСМ, СБОМ. <i>Завдання на СРС:</i> Опанувати матеріал, викладений на : с. 45-79 з видання [14].
7	Електронно-мікроскопічний аналіз наностану. Особливості аналізу полікристалічних структур <i>Завдання на СРС:</i> Для опанування матеріалу лекції студенту доцільно прочитати сторінки 209-256 з видання [26].
8	Принципи електроннографічного аналізу поверхні з наноструктурами. Підготовка поверхні для аналізу. Розшифровка інтерференційної картини. <i>Завдання на СРС:</i> Опанувати матеріал, викладений на с. 72-100 з видання [30].
9	Оже-спектрометрія та ВІМС. Визначення пошарового складу наноструктур. <i>Завдання на СРС:</i> Для опанування матеріалу лекції студенту доцільно прочитати сторінки 78-99 з видання [32].

10	Електронно-променева модифікація поверхні твердих тіл. Взаємодія електронів з поверхнею твердих тіл. <i>Завдання на СРС: с. 75-111 з видання [22].</i>
11	Складові частини джерела прискорених електронів. Залежність температури нагріву поверхні від теплоємності матеріалів та від її складу. <i>Завдання на СРС: Опанувати матеріал, викладений на с. 25-35 з видання [21].</i>
12	Глибина проникнення електронів у поверхневий шар матеріалу. Модель Арчарда. <i>Завдання на СРС: Опанувати матеріал, викладений на . с. 238-258 з видання [18].</i>
13	Режими теплової обробки матеріалів потоком прискорених електронів. Підготовка зразків для обробки електронним променем. <i>Завдання на СРС: Опанувати матеріал, викладений на с. 17-22 з видання [17].</i>
14	Іонно-плазмова модифікація поверхні твердих тіл. Фізика взаємодії прискорених йонів з поверхнею. <i>Завдання на СРС: Опанувати матеріал, викладений на с. 273-288 з видання [22].</i>
15	Йонні джерела. Різновиди та параметри. <i>Завдання на СРС: Опанувати матеріал, викладений на с. 7-12 з видання [3].</i>
16	Плазмова обробка твердих тіл. Енергетика та модифікація хімічного та фазового складу. <i>Завдання на СРС: Опанувати матеріал, викладений на с. 154-190 з видання [16].</i>
17	Обробка поверхонь високоенергетичними іонами. Принципи йонного легування та імплантації. <i>Завдання на СРС: Опанувати матеріал, викладений на с. 223-270 з видання [22].</i>
18	Лазерні технології модифікації поверхні твердих тіл. <i>Завдання на СРС: Опанувати матеріал, викладений на с. 224-273 з видання [35].</i>

Лабораторні заняття

Мета лабораторних робіт полягає у практичному підтвердженні теоретичних знань з дисципліни та набутті студентами практичних навичок і умінь щодо отримання та дослідження поверхневих структур.

№ з/п	Назва лабораторної роботи (комп'ютерного практикуму)	Кількість ауд. годин
1	Вступ. Техніка безпеки при проведенні робіт. Електронно-оптичний аналіз структури нанокристалічного стану.	2
2-3	Підготовка поверхні перерізу зразків для виготовлення репліки з екстракцією для подальшого дослідження в ТЕМ	4
4-5	Виготовлення репліки з екстракцією від модифікованої поверхні жаростійкого нікелевого сплаву для дослідження в ТЕМ.	4

6-7	Підготовка нанорозмірних зразків для TEM дослідження (підготовка вуглецевої плівки, диспергування порошку, нанесення плівки з зразком на несучу сіточку).	4
8	TEM дослідження отриманих раніш реплік.	2
9-10	Аналіз реплік за результатами зйомок на TEM (розмір зерен та фазовий склад).	4
11	TEM дослідження вуглецевих нанотрубок.	2
12-13	Аналіз топографії, структурних складових та фазового складу порошкових та нанорозмірних об'єктів.	4
14-15	Дослідження модифікованої поверхні зразків на скануючому електронному мікроскопі – отримання зображення.	4
16-17	Дослідження хімічного складу модифікованої поверхні методами EDS та WDS	4
18	Визначення хімічного складу модифікованої поверхні із застосуванням ZAF корекції.	2

6. Самостійна робота студента/аспіранта

Для денної форми навчальним планом передбачено індивідуальне семестрове завдання у вигляді курсової роботи.

Метою виконання курсової роботи є формування у студентів здатностей до самостійної науково-дослідної діяльності і оформлення отриманих результатів:

- працюючи самостійно та під проводом керівника над індивідуальним завданням, що виконується в межах часу, відведеного для самостійної роботи (СРС) розробити сукупність документів (пояснювальної записки, при необхідності – графічного, ілюстративного матеріалу), що відображають творче або репродуктивне рішення конкретної задачі щодо об'єктів атомного дизайну та зондових методів модифікації поверхні на основі набутих з даної та суміжних дисциплін знань та умінь;
- працюючи самостійно та під проводом керівника поглибити свої знання в царині фізичних основ атомного дизайну та зондових нанотехнологій модифікації поверхні;
- працюючи самостійно та під проводом керівника навчитися встановлювати взаємозв'язок між змінами топологічних розмірів елементів структури поверхні і характеристиками кінцевого виробу.

Основні завдання даного кредитного модуля полягають в засвоєнні учбового матеріалу, що виявляється в таких результатах навчання, як:

- **знання:** з фізичних основ зондових нанотехнологій та атомного дизайну;
- **уміння:** виявляти взаємозв'язок між властивостями матеріалів та їх топологічними розмірами; компетенції КСО.09, КЗН.02, КІ.06, КІ.07, КЗП.11., КСП.01, КСП.02, КСП.06, КСП.08, КСП.12;
- **досвід:** у практиці систематизації, закріпленні та розширенні теоретичних знань, отриманих на лекціях і семінарах.

Для заочної форми навчання передбачено проведення домашньої контрольної роботи для перевірки знань отриманих під час самостійного опрацювання матеріалу.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Поведінка студентів повинна відповідати «Положенню про організацію навчального процесу» в НТУУ "КПІ".

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

Рейтингова система оцінювання успішності навчання та визначення рейтингу студентів (далі PCO) має на меті оцінку систематичності і успішності роботи студентів з дисципліни "Зондові нанотехнології модифікації поверхні".

В основу PCO покладено поопераційний контроль і накопичення рейтингових балів у студентів за різнобічну навчально-пізнавальну діяльність в межах виконання програми кредитного модуля.

Розподіл навчального часу за видами занять і завдань з кредитного модуля згідно з робочим навчальним планом

семестр	Навчальний час		Розподіл навчальних годин			Контрольні заходи	
	кредити	акад. год.	Лекц.	Лаб. роб.	СРС	МКР	Семестрова атестація
2	5	150	36	36	78	1	Диференційний залік

Рейтинг студента з кредитного модуля складається з балів, які він отримує за:

- 1) дві контрольні роботи (МКР поділяється на дві одногодичні контрольні роботи) – r_1 та r_2 ;
- 2) виконання та захист сімнадцяти лабораторних робіт – r_3 ;

Сума вагових балів за кредитний модуль складає 100 балів.

Позитивна проміжна атестація вважається такою, коли студент має не менше 15 балів за першу частину модульної контрольної роботи та 30 балів за виконання та захист лабораторних робіт та пропустив не більше двох лекцій. Пропуск лекцій без поважних причин неприпустим.

Система рейтингових балів

1. Модульна контрольна робота.

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації) – 20-25 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 15-19 бали;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації) та незначні помилки – 15 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на «задовільно») – менше за 15 балів.

2. Лабораторна робота.

- звіт і захист роботи з глибоким розкриттям питання – 4 бали;
- активне виконання лабораторної роботи, опанування матеріалу – 3 бали;
- участь у виконанні лабораторної роботи – 3 бали;
- відсутність на лабораторній роботі – -2 бали.

Заохочувальні бали нараховуються додатково за наступні види діяльності:

- доповідь на студентських конференціях з тематики дисципліни – 10-15 балів;
- удосконалення дидактичних матеріалів з дисципліни – 5 балів.

Штрафні бали нараховуються (зі знаком мінус) за:

- несвоєчасний захист лабораторних робіт – -1...-2 бали;
- пропуски лекцій і лабораторних робіт (за кожну) – -2 бали.

За результатами навчальної роботи за перші 7 тижнів «ідеальний студент» має набрати 50 балів. На першій атестації (8-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше 25 балів.

За результатами 13 тижнів навчання «ідеальний студент» має набрати 50 балів. На другій атестації (14-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше 25 балів.

Необхідною умовою допуску до заліку є виконання та захист всіх лабораторних робіт та відвідування всіх лекційних занять. Для отримання заліку з кредитного модуля «автоматом» потрібно мати рейтинг не менше 60 балів бути присутнім на всіх лекційних заняттях та мати захищеними всі лабораторні роботи.

Студенти, які наприкінці семестру мають рейтинг менше 60 балів, а також ті, хто бажає підвищити свою оцінку в системі ECTS, виконують залікову контрольну роботу. Завдання контрольної роботи складається з питань різних розділів робочої програми з переліку, що наданий у методичних рекомендаціях до засвоєння кредитного модуля. Кожне питання контрольної роботи оцінюється у 4 бали відповідно до системи оцінювання:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації) – 90-100 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації), або незначні неточності – 75 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації) та деякі помилки – 60 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь – менше 60 балів.

Сума вагових балів за семестр R_s переводиться до рейтингової оцінки RD згідно з таблицею:

Бали $R_s = r_1 + r_2 + r_3$	ECTS оцінка	Залікова оцінка
95-100	A	Зараховано
85-94	B	
75-84	C	
65-74	D	
60-64	E	
Менше 60	F	Не зараховано

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Контрольна робота, частина 1 (до Розділу 1. «Зондові нанотехнології»).

1. Поняття про нанотехнології
2. Два принципи в розвитку нанотехнологій. Принципова різниця між ними
3. Методи отримання наноструктур
4. CVD, PVD, ІПД способи отримання наноструктур
5. Методи отримання поверхневих наноструктур (MBE, MO VPE)
6. Методи хімічної збірки
7. Метод атомно-слоєвої епітаксії та його перевага над іншими методами
8. Які відмінності характерних властивостей наностану речовин від масивного стану
9. Будова СТМ та принципи формування зображення
10. Принцип дії атомно-силового мікроскопу
11. Режими роботи АСМ та основні елементи його конструкції

12. Засоби отримання наноструктур

13. Принципи опису поверхневих структур. Види ґраток Браве для поверхневих структур

Контрольна робота, частина 1 (до Розділу 2. «Модифікація поверхні»):

1. Що є плазмовим станом речовини? Які властивості цього стану дозволяють застосовувати його для модифікації властивостей поверхонь?
2. Що таке електронна температура?
3. Що виступає як основний носій заряду в плазмі?
4. Чому плазмовий стан дозволяє реалізувати при кімнатній температурі ті хімічні реакції, які за нормальних умов відбуваються при високих температурах?
5. Приведіть три основні види електричних розрядів в газі і критерій, по якому вони розрізняються
6. Приведіть три параметри, якими можна регулювати властивості плазми
7. Які види зіткнень часток спостерігаються в плазмі? При якому з них молекули збуджуються?
8. Приведіть графік вірогідності збудження та іонізації іонів залежно від енергії налітаючих часток.
9. На які процес витрачається електрична енергія, що підводиться до плазми? Що відбувається з електронами? Як витрачають енергію іони?
10. Чому хімічні процеси на поверхні матеріалу, поміщеного в плазму проходять набагато ефективніше, ніж поза присутністю розряду?

Питання для проведення письмової роботи диференційного заліку

Питання для проведення письмової залікової роботи складаються з тих же самих питань, сформованих в білети по 3 запитання з різних розділів.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Склав доцент, к.т.н. Орлов Андрій Костянтинович

Ухвалено кафедрою Фізичного матеріалознавства та термічної обробки НН ІМЗ ім. Є.О. Патона (протокол № 32 від 21 червня 2024 р.)

Погоджено Методичною комісією НН ІМЗ ім. Є.О. Патона (протокол № 12 від 28 червня 2024 р.)