

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДВНЗ «ПРИКАРПАТСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВАСИЛЯ СТЕФАНІКА»**

Фізико-технічний факультет

Кафедра матеріалознавства і новітніх технологій

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Фізика і хімія поверхні

Освітня програма Фізика та астрономія

Спеціальність 104 Фізика та астрономія

Галузь знань 10 Природничі науки

Затверджено на засіданні кафедри
Протокол № 5 від “20” грудня 2018 р.

м. Івано-Франківськ - 2019

ЗМІСТ

1. Загальна інформація
2. Анотація до курсу
3. Мета та цілі курсу
4. Результати навчання (компетентності)
5. Організація навчання курсу
6. Система оцінювання курсу
7. Політика курсу
8. Рекомендована література

1. Загальна інформація	
Назва дисципліни	Фізика і хімія поверхні
Викладач (-і)	професор кафедри матеріалознавства і новітніх технологій, доктор фізико-математичних наук Коцюбинський Володимир Олегович контакти: ауд. 01 (ц.к.)
Контактний телефон викладача	0973803959
E-mail викладача	kotsuybynsky@gmail.com
Формат дисципліни	семестровий
Обсяг дисципліни	9 кредитів
Посилання на сайт дистанційного навчання	http://www.d-learn.pu.if.ua/
Консультації	щотижня
2. Анотація до курсу	
<p>Вибіркова навчальна дисципліна “Фізика і хімія поверхні” має підготувати здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 104 “Фізика та астрономія” до застосування отриманих знань при здійсненні досліджень різного типу твердих систем з різною площею поверхні.</p>	
3. Мета та цілі курсу	
<p>Мета: ознайомлення студентів з основами теорії поверхні твердого тіла і тонких плівок, формування знань про фізику явищ, що відбуваються при утворенні та еволюції поверхонь, фізику їх взаємодії з навколишнім середовищем, властивості тонких плівок та нанорозмірних твердотільних утворень.</p> <p>Завданнями курсу є:</p> <p>сформувані в студентів розуміння про основні структурні, морфологічні та електронні характеристики поверхні твердого тіла, взаємодію поверхні з частинками середовища, методи отримання та дослідження поверхні та вплив величини площі поверхні на властивості твердого тіла.</p> <p>У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен знати:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. методи дослідження структури, складу і фізичних властивостей поверхні і тонких плівок; 2. методи отримання напівпровідникових надтонких плівок; механізми формування нанорозмірних структур; 3. особливості формування епітаксійних нанорозмірних структур; процеси на поверхні твердих тіл; 4. теоретичні основи зародження і росту плівок; 5. фізичну сутність процесів, що протікають в провідних, напівпровідникових, діелектричних, магнітних матеріалах і в структурах, створених на основі цих матеріалів, в тому числі і при дії зовнішніх полів і зміні температури; 6. сучасні тенденції в розвитку фізики твердого тіла і напівпровідників, приладів і пристроїв на їх основі; 7. мати уявлення про квантові структури, нитки, точки. <p>вміти:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. поверхні напівпровідника даного типу певної концентрації іонів (груп); 2. передбачати хід адсорбційної взаємодії на атомарно - чистих та реальних поверхнях, передбачити формування адсорбційної фази певного типу; 3. вирішувати матеріалознавчі завдання, виконувати кількісні оцінки величини ефектів і характеристичних параметрів з урахуванням особливостей кристалічної структури, електронного та фононного спектрів, типу і концентрації легуючих домішок; 4. самостійно освоювати і застосовувати результати експериментальних і 	

теоретичних досліджень в області фізики твердого тіла і напівпровідників;

5. самостійно вибирати методи і об'єкти досліджень;

4. Результати навчання (компетентності)

Інтегральна компетентність

Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми з фізики та/або астрономії у професійній діяльності або у процесі подальшого навчання, що передбачає застосування певних теорій і методів фізики та/або астрономії і характеризується комплексністю та невизначеністю умов

Загальні компетентності

K01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

K02. Здатність застосовувати знання у практичній ситуаціях.

K03. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

K04. Здатність бути критичним і самокритичним.

K05. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

K06. Навички міжособистісної взаємодії.

K07. Навички здійснення безпечної діяльності.

K08. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

K09. Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов'язків.

K10. Прагнення до збереження навколишнього середовища.

K11. Здатність діяти соціально відповідально та свідомо.

K12. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.

K13. Здатність спілкуватися іноземною мовою.

K14. Здатність реалізувати свої права і обов'язки як члена суспільства, усвідомлювати цінності громадянського (вільного демократичного) суспільства та необхідність його сталого розвитку, верховенства права, прав і свобод людини і громадянина в Україні.

K15. Здатність зберігати та примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії та закономірностей розвитку предметної області, їх місця у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій, використовувати різні види та форми рухової активності для активного відпочинку та ведення здорового способу життя.

K16. Здатність до адаптації та дії в новій ситуації, вміння застосовувати здобуті фундаментальні знання при розробці нових наукових методик в новітніх промислових технологіях, зразках нової техніки і апаратури;

K17. Здатність до пошуку, опрацювання та узагальнення професійної та науково-технічної інформації, робити усні та письмові звіти, популяризувати сучасні фізичні концепції серед нефахівців.

Спеціальні (фахові) компетентності

K18. Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики та астрономії.

K19. Здатність використовувати на практиці базові знання з математики як математичного апарату фізики і астрономії при вивченні та дослідженні фізичних та астрономічних явищ і процесів.

K20. Здатність оцінювати порядок величин у різних дослідженнях, так само як точності та значимості результатів.

K21. Здатність працювати із науковим обладнанням та вимірювальними приладами, обробляти та аналізувати результати досліджень.

K22. Здатність виконувати обчислювальні експерименти, використовувати чисельні методи для розв'язування фізичних та астрономічних задач і моделювання фізичних систем.

K23. Здатність моделювати фізичні системи та астрономічні явища і процеси.

K24. Здатність використовувати базові знання з фізики та астрономії для розуміння будови та поведінки природних і штучних об'єктів, законів існування та еволюції

Всесвіту.

K25. Здатність виконувати теоретичні та експериментальні дослідження автономно та у складі наукової групи.

K26. Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації.

K27. Здатність самостійно навчатися і опановувати нові знання з фізики, астрономії та суміжних галузей.

K28. Розвинуте відчуття особистої відповідальності за достовірність результатів досліджень та дотримання принципів академічної доброчесності разом з професійною гнучкістю.

K29. Усвідомлення професійних етичних аспектів фізичних та астрономічних досліджень.

K30. Орієнтація на найвищі наукові стандарти – обізнаність щодо фундаментальних відкриттів та теорій, які суттєво вплинули на розвиток фізики, астрономії та інших природничих наук.

K31. Здатність здобувати додаткові компетентності через вибіркові складові освітньої програми, самоосвіту, неформальну та інформальну освіту.

K32. Здатність застосовувати основні фізичні теорії і методи теоретичної фізики для опису фізичних законів і конкретних фізичних явищ.

K33. Здатність застосовувати здобуті фундаментальні знання при розробці нових наукових методик в новітніх промислових технологіях, зразках нової техніки і апаратури.

K34. Здатність сучасних уявлень про основні теоретичні чи експериментальні методи проведення наукового дослідження фізичних об'єктів та технологічного процесу їхнього створення.

K35. Здатність визначати оптимальні умови виконання експерименту для досягнення поставленої фізичної мети і формулювати технічні вимоги до компонентів експериментальної методики

K36. Здатність приймати участь в розробці нових методів і методичних підходів в науково-інноваційних дослідженнях та інженерно-технологічній діяльності.

K37. Здатність використовувати знання іноземної мови для вивчення наукової фізичної літератури та у професійному спілкуванні з іноземними колегами.

Очікувані результати навчання

ПР01. Знати, розуміти та вміти застосовувати основні положення загальної та теоретичної фізики, зокрема, класичної, релятивістської та квантової механіки, молекулярної фізики та термодинаміки, електромагнетизму, хвильової та квантової оптики, фізики атома та атомного ядра для встановлення, аналізу, тлумачення, пояснення й класифікації суті та механізмів різноманітних фізичних явищ і процесів для розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем з фізики та/або астрономії.

ПР02. Знати і розуміти фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, приладів і наукоємних технологій, та методи дослідження властивостей речовин і матеріалів.

ПР05. Знати основні актуальні проблеми сучасної фізики та астрономії.

ПР06. Оцінювати вплив новітніх відкриттів на розвиток сучасної фізики та астрономії

ПР09. Мати базові навички проведення теоретичних та/або експериментальних наукових досліджень з окремих спеціальних розділів фізики або астрономії, що виконуються індивідуально (автономно) та/або у складі наукової групи.

ПР27. Здатність пояснити фізику процесів самоорганізації, що протікають під час синтезу наноструктур та наступних їхніх обробок.

5. Організація навчання курсу

Обсяг курсу

Вид заняття	Загальна кількість годин
лекції	26
семінарські заняття / практичні / лабораторні	34+40
самостійна робота	170

Ознаки курсу					
Семестр	Спеціальність	Курс (рік навчання)	Нормативний / вибірковий вибірковий		
7	Фізика та астрономія	4			
Тематика курсу					
Тема, план	Форма заняття	Література	Завдання, год.	Вага оцінки	Термін виконання
Змістовий модуль 1					
Тема 1. Поверхня твердого тіла – базові поняття. Вступ. Роль поверхні в різних фізико-хімічних процесах. Роль поверхні в фізиці і хімії твердого тіла. Класифікація поверхонь і їх властивості. Характеристики поверхонь. Поверхні ідеальні і неідеальні. Поняття про атомарно-чисту гладку поверхню. Методи отримання чистих поверхонь: скол у вакуумі, прогрів в вакуумі, іонне бомбардування, холодна емісія, епітаксійне нарощування. Шаруваті кристали.	лекція, практичне заняття	[1-13]	Тестові завдання, підготовка до практичного заняття 14 год	1	30.09.2019
Тема 2. Кристалографічні та морфологічні характеристики поверхні. Двовимірна кристалічна решітка, двовимірні решітки Браве. Позначення поверхонь монокристалів і атомних структур. Зміна міжплощинних відстаней біля поверхні. Поняття шорсткості поверхні. Релаксація поверхні	лекція, практичне заняття, лабораторна робота	[1-13]	Тестові завдання, підготовка до практичного заняття, до лабораторного заняття 34год.	11	30.09.2019

іонних кристалів. Полярні і неполярні поверхні.					
Тема 3. Дисперсні системи. поверхнева енергія та поверхневий натяг. Характеристики дисперсних систем. Поверхнева енергія та поверхневий натяг матеріалу. Змочування і розтікання. Капілярність.	лекція, практичне заняття	[1-13]	Тестові завдання, підготовка до практичного заняття 16 год.	1	30.09.2019
Тема 4. Термодинаміка поверхні. Термодинамічна система. Поняття фаза. Мікроскопічний та макроскопічний стани системи. Ентальпія. Термодинамічні потенціали. Хімічний потенціал. Фазові переходи. Правило фаз Гібса.	лекція, практичне заняття	[1-13]	Тестові завдання, підготовка до практичного заняття 16 год.	1	30.10.2019
Тема 5. Адсорбція. Зменшення поверхневої енергії системи. Когезія та адгезія. Кінетика адсорбції. Теорія Ленгмюра. Ізотерма Ленгмюра. Полімолекулярна адсорбція, теорія БЕТ. Фізична і хімічна адсорбція. Сили, що призводять до фізичної адсорбції: орієнтаційні, поляризаційні, дисперсійні, репульсивні. Потенціал Леннарда-Джонса. Модель парних взаємодій. Хімічний зв'язок: метод молекулярних орбіталей, теорія валентних зв'язків. Заселеність	лекція, практичне заняття, лабораторна робота	[1-13]	Тестові завдання, підготовка до практичного заняття, до лабораторного заняття 38 год.	11	30.10.2019

перекривання, локальна щільність станів. Електронний стан атомамів. Просторовий розподіл електронної густини.					
Тема 6. Поверхня межі розділу двох фаз. Поверхневі явища на межі розділу тверде тіло-рідина. Поверхнево-активні речовини. Розчинники. Робота виходу. Поляризаційна складова роботи виходу. Подвійний електричний шар. Фактори, що впливають на ПЕШ. Роль шорсткості поверхні. Поверхнева енергія. Врахування атомної структури поверхні. Взаємодія заряду з поверхнею.	лекція, практичне заняття, лабораторна робота	[1-13]	Тестові завдання, підготовка до практичного заняття, до лабораторного заняття 34 год.	11	30.10.2019
Тема 7. Контактні явища на межі розділу двох фаз. Емісія електронів з провідників. Закон Вольти. Термоелектронна емісія. Фотоелектронна емісія.	лекція, практичне заняття	[1-13]	Тестові завдання, підготовка до практичного заняття 14 год.	1	30.11.2019
Тема 8. Поверхня металу - електронні властивості поверхні твердого тіла. Реконструкція поверхні металів. Можливість зміни валентності на поверхні. Реконструкція на поверхні напівпровідників. Кремній (111). Фасетування поверхні. Вплив дефектів на структуру поверхні.	лекція, практичне заняття	[1-13]	Тестові завдання, підготовка до практичного заняття 26 год.	1	30.11.2019

Зміна електронної структури, роботи виходу, поверхневої провідності і т.п. при реконструкції. Коливання поверхневих атомів. Середньоквадратичний зсув атомів на поверхні, температура Дебая, термічне розширення на поверхні.					
Тема 9. Електронні властивості поверхні твердого тіла. Поверхневі стани Тамма. Поверхневі стани Шоклі. Можливості зміни ширини забороненої зони на поверхні. Зв'язані поверхневі стани, резонансні і антирезонансні поверхневі стани. Вплив реконструкції поверхні. Локальна щільність електронних станів.	лекція, практичне заняття	[1-13]	Тестові завдання, підготовка до практичного заняття 26 год.	0	30.11.2019
Тема 10. Методи отримання та очистки поверхонь. Обробка поверхні і умови збереження її властивостей. Методи отримання атомарно-чистої поверхні твердого тіла. Експериментальні методи приготування і очищення реальних поверхонь твердого тіла.	лекція, практичне заняття	[1-13]	Тестові завдання, підготовка до практичного заняття 14 год.	1	30.11.2019
Тема 11. Методи дослідження поверхні твердого тіла. Морфологія поверхні. Мікроскопічні дослідження. Оптичні дослідження поверхні. Дифракція	лекція, практичне заняття, лабораторна робота	[1-13]	Тестові завдання, підготовка до практичного заняття, до лабораторного заняття 38 год.	11	15.12.2019

<p>рентгенівських променів та електронів. Структурний аналіз аморфних поверхонь. Хімічний склад і дефекти поверхні. Рентгенівська фотоемісія в дослідження поверхні НП. Оже-спектроскопія в дослідження поверхні НП. Інфрачервона спектроскопія в дослідження поверхні НП. Гамма-резонансні методи в дослідження поверхні. Хімічний аналіз поверхонь.</p>					
Підсумковий контроль (іспит)				50	
6. Система оцінювання курсу					
Загальна система оцінювання курсу	<p><i>Поточний контроль</i> здійснюється протягом семестру під час виконання лабораторних робіт і оцінюється сумою набраних балів (10 балів за одну роботу).</p> <p>Об'єктами поточного контролю є:</p> <p>а) систематичність, активність та результативність роботи над вивченням програмного матеріалу дисципліни, рівень знань теоретичних відомостей лабораторної роботи;</p> <p>б) експериментальне виконання завдань лабораторної роботи;</p> <p>в) рівень відповідей на контрольні запитання.</p> <p>Контроль систематичного виконання <i>самостійної роботи</i> та активності на лекційних та лабораторних заняттях. Оцінювання знань здобувача першого (бакалаврського) рівня вищої освіти під час лекційного модуля та лабораторних занять (максимальна кількість балів 10) проводиться за такими критеріями:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) розуміння, ступінь засвоєння теорії та методології проблем, що розглядаються; 2) ступінь засвоєння фактичного матеріалу навчальної дисципліни; 3) ознайомлення з рекомендованою літературою, а також із сучасною літературою з питань, що розглядаються; 4) вміння поєднувати теорію з практикою при виконанні лабораторних робіт, розв'язанні поставлених задач; 				

	5) логіка, структура, стиль викладу матеріалу в звітах до лабораторних робіт, здійснювати узагальнення інформації та робити висновки.
Вимоги до письмової роботи	<i>Іспитова робота</i> складається з 25 тестових завдань. Кожне завдання оцінюється у 2 бали.
Семінарські заняття	Контроль підготовки <i>семінарського заняття</i> . Оцінювання знань здобувача першого (бакалаврського) рівня вищої освіти під час <i>семінарського заняття</i> (максимальна кількість балів 10) проводиться за такими критеріями: 1) розуміння, ступінь засвоєння теорії та методології проблем, що розглядаються; 2) ступінь засвоєння фактичного матеріалу навчальної дисципліни; 3) ознайомлення з рекомендованою літературою, а також із сучасною літературою з питань, що розглядаються; 4) вміння поєднувати теорію з практикою при виконанні лабораторних робіт, розв'язанні поставлених задач; 5) логіка, структура, стиль викладу матеріалу в звітах до лабораторних робіт, здійснювати узагальнення інформації та робити висновки.
Умови допуску до підсумкового контролю	Студент допускається до складання іспиту, якщо впродовж семестру він за весь курс набрав сумарно 25 балів і вище. Студент не допускається до складання іспиту, якщо впродовж семестру він за змістові модулі набрав менше 25 балів. У цьому випадку студенту у відомості робиться запис "не допущений" і виставляється набрана кількість балів. Допускається, як виняток, з дозволу декана факультету за заявою, погодженою з відповідною кафедрою, одноразове виконання студентом додаткових видів робіт з навчальної дисципліни (відпрацювання пропущених занять, перескладання змістових модулів, виконання індивідуальних завдань тощо) для підвищення оцінок за змістові модулі. Напередодні екзамену викладач подає доповідну декану про недопуск студентів академічної групи. Відмітка про недопуск у відомості робиться при наявності розпорядження декана.
7. Політика курсу	
<p>Політика курсу:</p> <ul style="list-style-type: none"> • не запізнюватися та не пропускати заняття; • добросовісно готуватися до виконання лабораторних робіт; • відпрацьовувати лабораторні заняття, пропущені з поважних причин • самостійно працювати з рекомендованою та допоміжною літературою. <p>Норми академічної етики мають повністю відповідати Кодексу честі ДВНЗ</p>	

«Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника», який Ухвалений Конференцією трудового колективу ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника» 29 грудня 2015 року (зі змінами від 29 листопада 2017 року, протокол засідання Вченої ради ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника» №11).

Різні конфліктні ситуації відкрито обговорюються у групі, безпосередньо, з викладачем або едвайзером чи співробітниками деканату.

8. Рекомендована література

Базова

1. Оура К., Лифшиц В.Г., Саранин А.А., Зотов А.В., Катаяма М. Введение в физику поверхности. - М.: Наука, 2006, - 490 с.
2. Бубнов Ю.З., Лурье М.С., Старое Ф.Г., Филаретов Г.А. Вакуумное напыление плёнок в квазизамкнутом объёме. - М.: Сов. Радио, 1975, - 160 с.
3. Трушин Ю.В. Физическое материаловедение. — СПб.: Наука, 2000, 286 с.
4. Данилин Б.С, Киреев В.Ю. Применение низкотемпературной плазмы для травления и очистки материалов. М., «Энергоатомиздат», 1987, 264 с.
5. Диденко А.П., Лигачёв А.Е., Куракин И.Б. Воздействие пучков заряженных частиц на поверхность металлов и сплавов. М., «Энергоатомиздат», 1987, 184 с. с илл.
6. Пичугин В.Ф. Материаловедение поверхности и тонких плёнок. Томск: Издательство «Ветер», 2007.-140 с.
7. Аброян И.А., Андронов А.Н., Титов А.И. Физические основы электронной и ионной технологии. М., «Высшая школа», 1984, 320 с.
8. Быковский Ю.А., Неволин В.Н., Фомицкий В.Ю. Ионная и лазерная имплантация металлических материалов. М.: Энергоатомиздат, 1991, 240 с.
9. Моррисон С. Химическая физика поверхности твердого тела. – М.: Мир, 1980. – 486 с.
10. Лифшиц В.Г., Репинский С.М. Процессы на поверхности твердых тел. – Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2003. – 700 с.
11. Э.Зенгуил "Физика поверхности". М., Мир, 1990.– 536 с.

Допоміжна

1. Хайрутдинов Р.Ф. Химия полупроводниковых наночастиц / Р.Ф. Хайрутдинов // Успехи химии. - 1998. - Т.67, №2.
2. Хмельницкий Р.А. Физическая и коллоидная химия / Р.А. Хмельницкий // М.-Высш. шк.- 1988. - 400с.
3. Ярославцев А.Б. Основы физической химии / А.Б. Ярославцев // М.-Научный мир. - 1998.- 230с.

Інформаційні ресурси

1. <https://studfiles.net/>
2. <http://physcollchem.nuph.edu.ua>
3. <http://intranet.tdmu.edu.ua>