



АНОМАЛЬНЕ МАСОПЕРЕНЕСЕННЯ

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Третій (доктор філософії)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>132 Матеріалознавство</i>
Освітня програма	<i>Матеріалознавство Material Science and Engineering</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)/дистанційна/змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5,5 (165 год)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>залік</i>
Розклад занять	<i>Rozklad.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лекції: Волошко С.М., професор, д.ф.-м.н. Практичні: Волошко С.М., професор, д.ф.-м.н. 0630759552 - Telegram та Viber voloshko@kpm.kpi.ua voloshkosvetlana13@gmail.com</i>
Розміщення курсу	<i>https://classroom.google.com/c/MjYxNDc0NjY4OTkz?cjc=6c5vrwb</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Навчальна дисципліна належить до переліку вибіркових дисциплін циклу професійної підготовки освітньої програми третього рівня вищої освіти – доктора філософії та складається з одного кредитного модулю.

Предмет навчальної дисципліни: закономірності, механізми та кінетика розвитку процесів аномального масоперенесення в твердих тілах – явища, коли міграція атомів відбувається на макроскопічній відстані (сотні мкм) за надзвичайно короткий, в порівнянні зі звичайною термічною дифузією, час.

Особливість подання цієї проблематики аспірантам: Для аспірантів особливістю подання матеріалу є наголос на ролі аномального масопереносу в процесах створення нових матеріалів з різною структурою та унікальними властивостями. Увага приділяється також плануванню натурних експериментів, які дозволяють за декілька секунд поверхні змінити склад, структуру та властивості об'єму матеріалу без нагріву із застосуванням методів ІПД; покращити механічні властивості з протилежного боку зразка обробкою його поверхні йонними, електронними, світловими пучками.

Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів компетентностей у відповідності до ОПП, а саме:

- Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у матеріалознавстві, дотичних та міждисциплінарних напрямках і можуть бути опубліковані у провідних наукових виданнях з матеріалознавства.
- Здатність аналізувати стан проблеми в галузі матеріалознавства, ідентифікувати шляхи вирішення та синтезувати нове знання на основі власного досвіду розв'язання проблеми.

- Здатність адаптувати і узагальнювати результати сучасних досліджень структури та властивостей матеріалів для вирішення наукових і практичних проблем, модернізації, конструювання та створення нових матеріалів, компонентів та процесів.
- Здатність на основі фундаментальних та спеціальних знань проектувати та створювати нові матеріали заданого функціонального призначення.

Основні завдання навчальної дисципліни.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми освітньої програми аспіранти після засвоєння кредитного модуля мають продемонструвати такі програмні результати навчання:

Знання

Підходів забезпечення оригінальності в розробці та застосуванні ідей в контексті наукового дослідження

Новітніх світових досягнень науки, техніки та технологій в галузі матеріалознавства та суміжних сферах

Фізичних, хімічних та математичних принципів матеріалознавства

Сучасних методів теоретичного та експериментального дослідження структури та властивостей матеріалів

Закономірностей керування складом, структурою та властивостями матеріалів різної природи та функціонального призначення

Теоретичних засад створення нових матеріалів заданого функціонального призначення: композиційних, наноструктурованих

Методології проведення наукових досліджень з метою створення нових функціональних матеріалів з наперед заданими властивостями

Уміння

Застосовувати аналіз та синтез знань при вирішенні проблем в широкому контексті матеріалознавчих та міждисциплінарних задач, в тому числі, за умов невизначеності чи неповної інформації

Забезпечувати оригінальні розробки та ідеї в контексті наукового дослідження

Синтезувати знання та формулювати висновки, обґрунтовувати їх для фахової та нефахової аудиторії

Застосовувати знання наукових принципів матеріалознавства для модернізації та створення нових матеріалів та процесів

Планувати теоретичне та експериментальне дослідження, оцінювати, адаптувати та узагальнювати його результати

АЛГОРИТМИ ДІЙ В СТАНДАРТНИХ ПРОФЕСІЙНИХ СИТУАЦІЯХ

- Проведення експериментальних досліджень для визначення кількісних параметрів аномального масопереносу;
- Комп'ютерне моделювання дифузійних процесів та швидка оцінка критичних дифузійних параметрів для широкого кола матеріалів;
- Прогнозування кінетики процесів фазових та структурних перетворень у металевих матеріалах та технологічних режимів їх виготовлення і експлуатації.

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

Дисципліна «Аномальне масоперенесення» базується на курсах «Термодинаміка матеріалів та кінетика процесів», «Структура та властивості матеріалів» і є базовою для наукової складової.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Механізми та закономірності аномального масоперенесення
Вступ. Предмет і завдання дисципліни.
Тема 1.1. Основні методики імпульсних навантажень і дослідження масоперенесення
Тема 1.2. Методики вивчення розподілу атомів, засновані на застосуванні радіоактивних ізотопів
Тема 1.3. Залежність аномального масоперенесення від різних факторів
Тема 1.4 Математичний опис процесів аномального масоперенесення
Тема 1.5 Атомні механізми аномального масоперенесення
Розділ 2 Аномальне масоперенесення в матеріалах із різною структурою
Тема 2.1. Аномальне масоперенесення в аморфних сплавах в результаті нагріву та зовнішніх впливів
Тема 2.2. Аномальне масоперенесення у нанокристалічних матеріалах з ієрархічною структурою.
Тема 2.3. Аномальне масоперенесення у нанорозмірних плівках під дією імпульсно-періодичного лазерного випромінювання
Тема 2.4. Аномальне масоперенесення та дефектоутворення у нанорозмірних плівках під час йонного опромінення
Тема 2.5. Аномальне масоперенесення під час інтенсивної пластичної деформації полікристалічних сплавів
Тема 2.6. Практичне використання аномального масоперенесення

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література (Усі видання наявні в бібліотеці КПІ ім. Ігоря Сікорського та в електронному вигляді в локальній мережі кафедри фізики металів PhysMetNet).

1. Навчальний посібник. Аномальне масоперенесення [текст] / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад. : С.І. Сидоренко, О.В. Філатов, С.М. Волошко, І.О. Круглов. – Київ : Вид-во «САК ЛТД», 2020 (друге видання). – 82 с.
2. Підручник. Теорія тепло- та масопереносу в матеріалах [текст] : підручник для студентів, які навчаються за спеціальністю 132 «Матеріалознавство», освітньою програмою «Металофізичні процеси та їх комп'ютерне моделювання» / автори: С.І. Сидоренко, С.М. Волошко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : Видавництво «Політехніка», КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 220 с.
3. Навчальний посібник. Термодинаміка та кінетика дифузії [текст] / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад. : С.І. Сидоренко, С.М. Волошко. – Київ: Вид-во «САК ЛТД», 2020 (друге видання). – 103 с.
4. Навчально-методичний посібник. Зерногранична дифузія в нанокристалічних матеріалах з ієрархічною структурою / Уклад. С.І. Сидоренко, С.М. Волошко. – К.: ІВЦ „Політехніка”, 2014. – 95 с.
5. Структура і властивості металів [Електронний ресурс] : конспект лекцій для студентів спеціальності 132 «Матеріалознавство» (освітня програма «Металофізичні процеси та їх комп'ютерне моделювання») / Серія «Педагогічне надбання : Ларіков Л.Н.»; укладачі: Сидоренко С.І., Волошко С.М.; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 14,98 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 362 с.
6. Бокштейн Б.С. Диффузія в металах / Учебное пособие для студентов ВУЗов. – М.: Металлургия, 1978. – 247 с.

Допоміжна (Усі видання наявні в електронному вигляді в локальній мережі кафедри фізики металів PhysMetNet).

1. Методичні вказівки. Комп'ютерне моделювання процесів тепло- та масопереносу в металах та сплавах. (укладачі: С.М. Волошко, А.П. Бурмак), 2013 – 54 с.

2. Навчальний посібник. Сучасні експериментальні методики фізичного матеріалознавства [текст] : навч. посіб. для здобувачів ступеня магістра за освітньою програмою “Металофізичні процеси та їх комп’ютерне моделювання” спеціальності 132 “Матеріалознавство”» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Волошко С.М., Крутько О.А., Франчік Н.В. – Київ : Видав-во «Навчаль-на література», 2020. – 100 с.
3. Сидоренко С.І., Макогон Ю.М., Павлова О.П. Тонкоплівкові силіциди. Фактор нанорозмірності – Київ: Наукова думка, 2011. – 389 с.
4. Сидоренко С.І., Васильєв М.О., Волошко С.М. Дифузія в металевих плівках з мікро- та нанорозмірною структурою – Київ: Наукова думка, 2011. – 557 с.
5. Г.І. Прокопенко, Б.М. Мордюк, М.О. Васильєв, С.М. Волошко. Фізичні основи ультразвукового ударного зміцнення металевих поверхонь, Київ: Наукова думка.- 2017.- 466 с.
6. С.І.Сидоренко, Л.М. Березовська, С.М. Волошко. Математичне моделювання процесів дифузії - Київ: Наукова Думка, 2007. - 324 с.
7. О.М. Назаров, М.М. Нищенко. Наноструктури та нанотехнології. – Київ: НА, 2012. – 248 с. (навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів з грифом МОН).
8. В.М. Миронов, В.Ф. Мазанко, С.Д. Герцрикен, А.В. Філатов. Массоперенос и фазообразование при импульсных воздействиях. – Самара.: Самарский университет, 2011. – 232 с.
9. Герцрикен Д.С., Мазанко В.Ф., Тышкевич В.М., Фальченко В.М. Массоперенос в металлах при низких температурах в условиях внешних воздействий. – Киев: РИО ИМФ, 2001. – 444 с.
10. Грузин П.Л. Применение искусственно радиоактивных индикаторов для изучения процессов диффузии и самодиффузии // ДАН СССР. – 1952. –Т.86, №2. – С. 289–292.
11. С.И. Сидоренко, А.А. Березовский, С.М. Волошко. Нелинейные задачи массопереноса. – Киев: Наукова думка. – 2002. – 448 с.
12. Герцрикен С.Д., Дехтяр И.Я. Диффузия в металлах и сплавах в твердой фазе. – М.: Физматгиз, 1960. – 564 с.
13. Ларионов Л.Н., Исайчев В.И. Диффузия в металлах и сплавах. – Киев: Наукова думка, 1987. – 510 с.
14. Герцрикен Д.С., Мазанко В.Ф., Фальченко В.М. Импульсная обработка и массоперенос в металлах при низких температурах. – Киев: Наукова думка, 1991. – 208 с.
15. Г.Д. Кузнецов. Расчеты параметров взаимодействия ускоренных ионов с твердым телом. Учебно-методическое пособие. – М.: УЧЕБА, 2005. – 55 с.
16. Філатов О.В. Міграція атомів при ударній деформації ідеальних металевих кристалів// Автореф. дис. ... докт. ф.-м. наук: 01.04.13 / Ін-т металофізики, – Київ., 2005, 32 с.

Аспірант має ознайомитись з цими ресурсами зважаючи на конкретні теми дисципліни.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	<p>Лекція 1. Вступ. Предмет і завдання дисципліни.</p> <p>Предмет, завдання курсу. Місце курсу в комплексі наук фізичного матеріалознавства. Стислий огляд основних питань, що будуть розглядатися. Явище аномального масоперенесення. Структурні рівні масоперенесення. Макроструктурний рівень. Мікроструктурний підхід. Наноструктурний атомно-кінетичний підхід.</p> <p>Основна література: [1] – с. 4-5; [2] – с. 2-15.</p>
2	<p>Лекція 2.</p> <p>Основні методики імпульсних навантажень і дослідження масоперенесення.</p> <p>Ударне механічне навантаження. Навантаження ударними хвилями. Опромінення імпульсами оптичного квантового генератора. Обробка пружними хвилями.</p> <p>Основна література: [1] – с. 5-10; [5] – с. 5-8.</p> <p>Додаткова література: [7] – с. 34-42.</p>

	<p>Завдання на СРС: Радіоактивність. Методики вивчення розподілу атомів, засновані на застосуванні радіоактивних ізотопів. Методи зняття шарів і авторадіографії. Авторадіографія косих шліфів.</p>
3	<p>Лекція 3. Залежність аномального масоперенесення від різних факторів. Вплив швидкості деформації на масоперенесення. Вплив температури на масоперенесення. Вплив типу кристалічної ґратки. Вплив напружень і дислокацій на масоперенесення. Вплив масоперенесення на фазоутворення під дією імпульсної обробки.</p> <p>Основна література: [1] – с. 13-23, [2] – с. 27-33, [6] – с. 67-74. Додаткова література: [7] – с. 11-25, [14] – с. 207-213.</p> <p>Завдання на СРС: Порівняння основних закономірностей аномального масоперенесення із закономірностями атомної дифузії, які підпорядковуються рівнянням Фіка.</p>
4	<p>Лекція 4. Атомні механізми аномального масоперенесення. Роль дислокацій. Можливість реалізації вакансійного механізму. Можливість реалізації міжвузельного механізму. Утворення точкових дефектів під час імпульсної обробки. "Механіка дифузія" під час деформації.</p> <p>Основна література: [1] – с. 63-70, [2] – с. 123-135, [6] – с. 68-89. Додаткова література: [8] – с. 110-125.</p> <p>Завдання на СРС: Порівняння основних механізмів аномального масоперенесення із механізмами атомної дифузії в рамках класичної теорії дифузії.</p>
5	<p>Лекція 5. Аномальне масоперенесення у нанокристалічних матеріалах з ієрархічною структурою.</p> <p>Наноструктурні та нанокристалічні матеріали. Визначення та класифікації. Особливості будови. Розмірний ефект. Особливості дифузії в наноматеріалах. Модель будови НКМ. Ієрархічна мікроструктура нанокристалічного сплаву. Кінетичні режими ЗГ – дифузії. Само- та гетеродифузія. Масоперенос у наноплівках. Роль потрійних стиків границь зерен. Кінетичні режими, ієрархія шляхів дифузії. Температурна залежність ширини границь зерен.</p> <p>Основна література: [4] – 95 с; [7] – с. 234-245. Додаткова література: [10] – с. 256-259.</p> <p>Завдання на СРС: Комбінована класифікація нанокристалічних матеріалів за формою та хімічним (фазовим) складом кристалітів. Закономірності дифузії в нанокристалічних матеріалах, виготовлених спіканням мелених оксидних порошоків. Методи одержання об'ємних нанокристалічних матеріалів. Експериментальні методики дослідження потрійних стиків границь зерен. Польовий йонний мікроскоп Мюллера. Атомно-зондова томографія.</p>
6	<p>Лекція 6. Аномальне масоперенесення у нанорозмірних плівках під дією імпульсно-періодичного лазерного випромінювання</p> <p>Моделювання та визначення градієнтних характеристик термічної обробки лазерним опроміненням. Вплив лазерного нагріву на концентраційні зміни в тонкоплівковій структурі Cr/Cu/Ni. Формування впорядкованих структур рельєфу поверхні. Модифікація структури поверхні металевих сплавів при лазерному впливі. Формування екзотичних наноструктурних об'єктів з віссю симетрії 5-го порядку. Впорядковані коміркові наноструктури.</p> <p>Основна література: [1] – с. 24-33, [3] – с. 44-46. Додаткова література: [4] – с. 322-327.</p> <p>Завдання на СРС: використання методів лазерної обробки для реалізації різних технологічних процесів, розрахунки температурних полів під час лазерного нагріву. Особливості формування квазікристалічних наноструктур у стоматологічних сплавах Co-Cr-Mo.</p>

7	<p>Лекція 7. Аномальне масоперенесення та дефектоутворення у нанорозмірних плівках під час йонного опромінення.</p> <p>Граничні стани в нанорозмірних металевих плівках. Прояв розмірного фактору в наноплівках. Масоперенос та пороутворення у наноплівках. Зерногранична дифузія, оксидо- та дефектоутворення. Роль напружень. Вплив низькоенергетичного йонного опромінення та термічної обробки на масоперенос і дефектоутворення в багатошарових плівкових наносистемах на прикладі композиції Ni/Cu/Cr. Йонно-плазмова обробка, вплив на процеси рекристалізації та корозійну стійкість.</p> <p>Основна література: [1] – с. 37-47. Додаткова література: [16] – 50 с.</p> <p>Завдання на СРС: Ефект дальності. Біла пляма теорії – дальnobійні йони. Акустичні хвилі. Внутрішній фотоефект і зародження гиперзвукової хвилі. Метаморфози на зовнішніх границях.</p>
8	<p>Лекція 8. Аномальне масоперенесення під час інтенсивної пластичної деформації полікристалічних сплавів. Наноструктури, сформовані інтенсивною пластичною деформацією. Піскоструминна обробка у рідкому азоті. Ультразвукова ударна обробка (УЗУО) у різних середовищах. Масоперенос матеріалу бойкового інструменту під час ударного впливу на прикладі сплаву Д16. Електроіскрове легування. Електроіскрове легування в комбінації з УЗУО на прикладі сплаву АМг6.</p> <p>Завдання на СРС: Інтенсивна пластична деформація. Методи ІПД. Особливості формування наноструктур внаслідок ІПД у рідкому азоті.</p> <p>Додаткова література: [8] – с. 156-170, [5] – с. 134-149, [15] – с. 204-233.</p>
9	<p>Лекція 9. Практичне використання аномального масоперенесення. Гаряче кування, прокатка злитків сплавів, ударне зварювання у твердій фазі. Зміцнення приповерхневого шару деталей машин шляхом електроіскрового легування, лазерної обробки, дробоструменевої, ультразвукової обробки або їх комбінацій.</p> <p>Додаткова література: [12] – с. 256-259, [13] – с. 324-348, [14] – с. 24-33.</p> <p>Завдання на СРС: Підготовка демонстраційних матеріалів за результатами власних експериментальних досліджень аномального масоперенесення.</p>

Практичні заняття

Основні завдання циклу практичних занять полягають у формуванні у аспірантів практичних навичок і умінь вирішувати задачі аномального масоперенесення, у тому числі за допомогою комп'ютерних тренажерних програм.

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	<p>Основні методики імпульсних навантажень і дослідження масоперенесення.</p> <p><i>Мета роботи</i> – розглянути рівняння, які описують тепло- та масоперенос у металах і сплавах у найбільш загальному вигляді - абсорбція, хімічна реакція, конвективний перенос. Зрозуміти як здійснюється математичний опис більш складних – гетерогенних - процесів, які характерні для прикладних задач матеріалознавства.</p> <p>Основна література: [1] – с. 10-25; [2] – с. 23-44. Додаткова література: [6] – с. 15-22.</p> <p>Завдання на СРС: Опанувати теоретичні відомості. Виконати необхідні розрахунки. Зробити висновки.</p>
2, 3	<p>Методики вивчення розподілу атомів, засновані на застосуванні радіоактивних ізотопів.</p> <p><i>Мета роботи</i> – Опанувати методи зняття шарів і авторадіографії, авторадіографія косих шліфів. Провести розрахунки параметрів масопереносу з використанням методики контурного кута.</p> <p>Основна література: [1] – с. 26-34; [3] – с. 44-47.</p> <p>Завдання на СРС: Опанувати теоретичні відомості. Виконати необхідні розрахунки. Зробити висновки.</p>

4	<p>Залежність аномального масоперенесення від різних факторів. <i>Мета роботи</i> – Провести розрахунки енергії активації, визначити аномальні відхилення. Використати “функції помилок” для розв’язання конкретних задач масопереносу, тобто визначення концентрації в дифузійній парі на деякій відстані за різний час відпалу, ширини дифузійної зони та коефіцієнтів дифузії. Набуття практичних навиків по користуванню табульованими значеннями “функції помилок”. Основна література: [2] – с. 31-44; [6] – с. 105-138. Додаткова література: [13] – с. 34-56. Завдання на СРС: Опанувати теоретичні відомості. Виконати необхідні розрахунки. Зробити висновки.</p>
5,6,7	<p>Математичний опис процесів аномального масоперенесення. <i>Мета роботи</i> – Визначення коефіцієнтів дифузії за наявності дрейфу викликаного імпульсним зовнішнім впливом за методом П.Л. Грузина. Визначення ефективного коефіцієнта дифузії. Основна література: [1] – с. 11-14; [5] – с. 5-8; [8] – с. 32-34. Додаткова література: [10] – с. 289-292. Завдання на СРС: Опанувати теоретичні відомості: Масоперенесення як сполучення механізму випадкових блукань і спрямованого руху атомів. Роль рушійної сили. Вигляд концентраційних профілів після імпульсного впливу. Виконати необхідні розрахунки. Зробити висновки.</p>
8	<p>Атомні механізми аномального масоперенесення. <i>Мета роботи</i> – Вирішення конкретних задач з атомної теорії дифузії і визначення деяких параметрів (частота стрибків і коливань атомів, ентропія переміщення, коефіцієнт дифузії та енергія утворення вакансій, густина дислокацій і т.і.). Основна література: [2] – с. 193-202; [6] – с. 164-169. Додаткова література: [8] – с. 134-141; [11] – с. 211-223 . Завдання на СРС: Опанувати методики розрахунку енергії активації в атомній теорії. Виконати необхідні розрахунки. Зробити висновки.</p>
9	<p>Аномальне масоперенесення в аморфних сплавах в результаті нагріву та зовнішніх впливів <i>Мета роботи</i> – Розв’язання конкретних дифузійних задач з використанням ймовірнісних діаграм та номограм, а також за методом “серединного градієнту” Холла-Морабито. Отримання практичних навичок для швидкої оцінки коефіцієнта дифузії в експериментальній практиці. Основна література: [1] – с. 324-340; [2] – с. 295; [4] – с. 14-18. Додаткова література: [2] – с. 25-31; [9] – с. 231-234; [14] – с. 125-134. Завдання на СРС: Опанувати теоретичні відомості. Виконати необхідні розрахунки. Зробити висновки.</p>
10,11	<p>Аномальне масоперенесення у нанокристалічних матеріалах з ієрархічною структурою. <i>Мета роботи</i> – Розрахунок коефіцієнтів дифузії за кінетичними кривими поверхневої концентрації, одержаними методом електронної оже-спектроскопії. Завдання на СРС: Опанувати теоретичні відомості: модель Хванга-Баллуфі. Визначення параметрів зернограничної дифузії за методом “поверхневого накопичення”. Виконати необхідні розрахунки. Зробити висновки. Основна література: [4] – 95 с. Додаткова література: [3] – с. 11-14; [4] – с. 92-112; [7] – с. 133-154. Завдання на СРС: Опанувати теоретичні відомості - методи розрахунку концентраційної залежності коефіцієнтів дифузії: методи Грубе-Еделе, Матано-Больцмана, Хола, Любова-Максимова. Виконати необхідні розрахунки. Зробити висновки.</p>
12	<p>Аномальне масоперенесення у нанорозмірних плівках під дією імпульсно-</p>

	<p>періодичного лазерного випромінювання.</p> <p><i>Мета роботи</i> – Визначення температурних полів та параметрів масопереносу внаслідок імпульсного впливу.</p> <p>Основна література: [1] – с. 115-123; [3] – с. 33-45.</p> <p>Додаткова література: [5] – с. 222-227.</p> <p>Завдання на СРС: Опанувати теоретичні відомості. Виконати необхідні розрахунки. Зробити висновки.</p>
13	<p>Аномальне масоперенесення та дефектоутворення у нанорозмірних плівках під час йонного опромінення</p> <p><i>Мета роботи</i> – Визначення параметрів зернограничної дифузії. Розрахунок коефіцієнтів поверхневої дифузії за експериментальними концентраційними профілями, одержаними методом мас-спектрометрії вторинних іонів - метод Фогеля. Ознайомлення з пакетом програмного забезпечення SRIM (The Stopping and Range of Ions in Matter) для моделювання проникнення заряджених йонів до матеріалу на основі методу Монте-Карло.</p> <p>Основна література: [1] – с. 69-75; [5] – с. 156-164; [8] – с. 53-70.</p> <p>Додаткова література: [7] – с. 22-25, [15] – 55 с.</p> <p>Завдання на СРС: Опанувати теоретичні відомості щодо методів визначення коефіцієнтів поверхневої дифузії. Виконати необхідні розрахунки. Зробити висновки.</p>
14	<p>Аномальне масоперенесення під час інтенсивної пластичної деформації полікристалічних сплавів</p> <p><i>Мета роботи</i> – Моделювання натурних експериментів і визначення коефіцієнтів гетеродифузії срібла в золоті, срібла в міді, золота в сріблі, міді в залізі, заліза в міді, нікелю в міді, цинку в алюмінії, вольфраму в молібдені, фосфору в залізі, міді в нікелі. Визначення параметрів самодифузії: нікелю, вольфраму, заліза, срібла, свинцю, енергії активації і передекспоненціального множника у вказаній викладачем системі.</p> <p>Основна література: [2] – Розділ 1; [6] – с. 51-68.</p> <p>Додаткова література: [5] – с. 215-233, [16] – 32 с.</p> <p>Завдання на СРС: Опанувати теоретичні відомості. Виконати необхідні розрахунки. Зробити висновки.</p>

6. Самостійна робота аспіранта

Самостійна робота аспіранта передбачає підготовку до лекційних занять, питання винесені на самостійне опрацювання та відповідна література наведені у розділі 5. Методика опанування навчальної дисципліни. До практичних занять самостійна робота передбачає опанування теоретичних відомостей, виконання необхідних розрахунків та підготовку висновків.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

1. Пропуск лекційних та практичних занять виключно за поважної причини. У разі пропуску необхідно попередити викладача і дізнатись про шляхи відпрацювання. Пропущене лекційне заняття необхідно продивитись за допомогою запису ZOOM, законспектувати основні положення, використовуючи матеріали розміщені викладачем в Google classroom.
2. Практичні заняття проводяться в комп'ютерному класі кафедри. Допускається використовувати власні ноутбуки. У разі дистанційного навчання, аспірант самостійно повинен себе забезпечити персональним комп'ютером з доступом до інтернету і встановити необхідне програмне забезпечення.

3. У разі спізнення на пару, аспіранту необхідно, не заважаючи іншим, зайти в клас, зайняти своє місце. Користуватись мобільним телефоном можна тільки з дозволу викладача. Звук мобільного телефона повинен бути вимкнений. У разі важливих вхідних дзвінків необхідно спитати дозволу викладача, вийти в коридор і провести розмову там.

4. Користуватися мобільними телефонами під час складання заліку не дозволяється.

5. До заліку допускаються аспіранти, які виконали усі практичні завдання та написали модульні контрольні роботи.

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

Робочим навчальним планом заплановане проведення двох модульних контрольних робіт.

Кожна частина відповідає певному розділу:

- I – Розділ 1. Механізми та закономірності аномального масоперенесення.
- II – Розділ 2 Аномальне масоперенесення в матеріалах із різною структурою.

Метою МКР є перевірка рівня засвоєння аспірантами знань з відповідних тем для можливості максимально об'єктивної їх атестації упродовж семестру.

Місце і методика проведення МКР – проводиться на наступних після закінчення вивчення розділу 1 та розділу 2 практичних заняттях впродовж 2 годин, відповідно. Пропонується 4 варіанти завдань, кожний з яких містить 20 запитань у вигляді тесту. Необхідно вибрати правильну відповідь з трьох варіантів на кожне з 20 запитань.

Після вивчення всього необхідного обсягу матеріалу для визначення ступеня засвоєння аспірантами програми курсу протягом сесії проводиться семестровий контроль у вигляді заліку.

Тематичний план дисципліни складається з двох змістовних модулів (Розділів) з урахуванням графіку навчального процесу.

До складу модулю входять наступні елементи модулю, що відображають навчальну діяльність студентів:

1. Лекції.
2. Самостійна робота студентів.
3. Практичні заняття.

Контрольні заходи з дисципліни передбачають:

1. 2 МКР з освоєння теоретичного матеріалу.
2. СРС.
3. Модульний експрес-контроль на практичних заняттях з освоєння теоретичного матеріалу.
4. Семестровий контроль (залік).

Вагові бали з дисципліни одержуються за наступні види навчальної діяльності:

Практичні заняття. Ваговий бал – 2.

Максимальна кількість за 14 занять – 28 балів.

Присутність на всіх практичних заняттях + додатково 2 бали.

Модульна контрольна робота. Ваговий бал – 22.

Модульний експрес-контроль. Ваговий бал – 2.

Конспект з дисципліни з теоретичними питаннями, які виносяться на СРС. Ваговий бал – 8.

До модулю 1 входить 4 модульні експрес-контроля, МКР, а також бали за практичні заняття (7 практичних занять – 14 балів):

$$R1 = 2 \text{ бали} \times 4 + 14 \text{ балів} + 2 \text{ б.} + 22 \text{ б.} = 46 \text{ балів.}$$

До модулю 2 входить проведення 4 модульних експрес-контролів, МКР, а також бали за практичні заняття (7 занять – 14 балів + 2 додаткових бали) та конспект з дисципліни:

$$R2 = 2 \text{ бали} \times 4 + 22 \text{ бали} \times 1 + 14 \text{ балів} + 2 \text{ б.} + 8 \text{ б.} = 54 \text{ бали.}$$

Рейтинг з дисципліни згідно з (1) становить:

$$R_c = R1 + R2 = 46 \text{ балів} + 54 \text{ бали} = 100 \text{ балів.}$$

Рейтингова оцінка з кредитного модуля формується як сума всіх рейтингових балів, а також заохочувальних/штрафних балів (до 0,1 R = 10 б.):

Заохочувальні бали нараховуються додатково за наступні види діяльності:

- участь у міжнародних конференціях ІМЗ

- 4-5 балів;

- опублікування статті у міжнародному виданні - 10 балів;
 - підготовка доповіді за своєю науковою роботою - 5 балів.
- Штрафні бали нараховуються (зі знаком “мінус”) за:
- пропуски МКР без поважної причини -6 балів;
 - відсутність відповіді при проведенні експрес-контролю - 1 бал
- Розмір шкали рейтингу R = 100 балів.
 Розмір стартової шкали R_C = 60 балів.
 Розмір екзаменаційної шкали R_E = 40 балів.

Умови позитивної проміжної атестації

Для отримання “зараховано” з першої проміжної атестації (8 тиждень) аспірант матиме не менше ніж 28 балів (за умови, якщо на початок 8 тижня згідно з календарним планом контрольних заходів “ідеальний” аспірант має отримати 44 б).

Для отримання “зараховано” з другої проміжної атестації (14 тиждень) аспірант матиме не менше ніж 34 б. (за умови, якщо на початок 14 тижня згідно з календарним планом контрольних заходів “ідеальний” аспірант має отримати 56 балів).

Умови допуску до заліку:

Результати МКР, тестування не менше 12 б. за кожний, наявність конспекту, а також стартовий рейтинг не менше 60 % від R_C, тобто 60 б.

Аспіранти, які мають рейтинг менше 60% від R_C виконують залікову контрольну роботу. При цьому до балів за тестування додаються бали за контрольну роботу і ця рейтингова оцінка є остаточною. Завдання контрольної роботи складаються з трьох питань різних розділів з переліку, який наданий у методичних рекомендаціях до засвоєння кредитного модулю. Кожне питання контрольної роботи оцінюється у 28 балів відповідно до системи оцінювання.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

У кредитному модулі “Аномальне масоперенесення” передбачено 2 модульних контрольних роботи. Виконання самостійних завдань (СРС) розподілено рівномірно протягом семестру.

Перелік завдань до СРС видається аспірантам на початку семестру, чітко повідомляються вимоги до самостійної роботи, строки її виконання, правила оформлення, критерії рейтингового оцінювання.

Всі питання, винесені для самостійного опанування, аспіранти мають оформлювати у вигляді стислого конспекту. Дата здачі СРС повідомляється на початку семестру.

Всі індивідуальні роботи (СРС, контрольна, експрес-опитування) вносяться до рейтингової системи оцінювання знань. Запроваджуються штрафні бали за несвоєчасний захист практичних робіт.

Для покращення сприйняття матеріалу під час аудиторних занять демонструється максимальна кількість прикладів аномального масоперенесення та практичних аспектів застосування цього явища, а також результати сучасних експериментальних досліджень у цій галузі у вигляді презентацій.

Засоби змішаного навчання. При вивченні даної дисципліни використовуються навчальні посібники, друкований і електронний підручник, який розміщений в локальній комп'ютерній

мережі PhysMetNet та classroom.google. Аспіранти можуть самостійно пройти тестування для перевірки своїх знань під час підготовки до модульних контрольних робіт.

З усіма методичними матеріалами можна працювати через PhysMetNet, існує можливість віддаленого доступу, тобто з навчальних аудиторій, гуртожитка, за межами Києва тощо.

Уся можлива наочна інформація та комплект інших навчально-методичних матеріалів, включно із завданнями для самостійного виконання, надається в classroom.google в електронному вигляді, може надсилатися на адресу електронної пошти групи. Спілкування з викладачем через Telegram та Viber.

Перелік запитань до контрольних робіт та семестрового контролю наведено в Додатку.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено в.о. зав. каф., д.ф.-м.н. професор, Волошко С.М.

Ухвалено кафедрою _Фізики металів_ (протокол № 9-1/20 від 01 вересня 2020 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 1 від 23 вересня 2020 р.)

Контрольні питання з курсу «Аномальне масоперенесення»**Контрольна робота 1 (до Розділу 1. Механізми та закономірності аномального масоперенесення).**

1. В яких умовах відбувається явище аномального масоперенесення?
2. При яких видах імпульсних впливів спостерігається аномальне масоперенесення в металах в твердому стані?
3. Ударне механічне навантаження, його характерні параметри – час, тиск, швидкість деформації.
4. Навантаження ударними хвилями, його характерні параметри – час, тиск, швидкість деформації.
5. Опромінення імпульсами оптичного квантового генератора, його характерні параметри – час, тиск, швидкість деформації.
6. Обробка пружними хвилями, її характерні параметри – час, тиск, швидкість деформації.
7. Методика вивчення розподілу атомів, заснована на застосуванні радіоактивних ізотопів.
8. Вплив швидкості деформації на масоперенесення.
9. Чи можливо явище аномального масоперенесення при температурі рідкого азоту?
10. Як впливає тип кристалічної ґратки на рухливість атомів у кристалах?
11. Які дефекти кристалічної ґратки беруть участь в процесі масоперенесення?
12. Яка можлива роль дислокацій в процесі масоперенесення?
13. За рахунок яких факторів можливе утворення фаз під час масоперенесення, які не відповідають рівноважній діаграмі стану?
14. Питання по плівках.
15. Які дефекти беруть участь в аномальному масоперенесенні?
16. Як змінюється перший закон Фіка за наявності спрямованого дрейфу?
17. У чому полягає роль рушійної сили масоперенесення?
18. Як виглядає концентраційний профіль за наявності зовнішніх сил?
19. Як змінюється другий закон Фіка при наявності незначної рушійної сили?
20. Коефіцієнт дифузії яких дефектів визначає швидкість дрейфу?
21. В яких умовах вакансійний механізм дає суттєвий внесок в масоперенесення?
22. Які дані свідчать на користь участі міжвузельних атомів в реалізації масоперенесення?
23. Навести приклади практичного використання явища аномального масоперенесення.

Контрольна робота 2 (до Розділу 2 Аномальне масоперенесення в матеріалах із різною структурою)

24. Еволюція структури поверхні аморфних стрічок в результаті нагріву та зовнішніх впливів
24. Нанокластерна структура.
25. Полікластерна модель будови аморфних фаз.
26. Кінетика поверхневої сегрегації під впливом зовнішніх дій в аморфних сплавах.
27. Охолодження аморфного сплаву FINEMET до температури рідкого азоту.
28. Витримка аморфних сплавів на повітрі в слабкому магнітному полі.
29. Нанокристалізація під дією ультразвукової ударної обробки аморфного сплаву.
30. Нанокристалічні матеріали з ієрархічною структурою.
31. Особливості дифузії в нанокристалічних матеріалах
32. Модель будови НКМ
33. Ієрархічна мікроструктура нанокристалічного сплаву
34. Кінетичні режими зернограничної дифузії
35. Зерногранична дифузія в ієрархічній структурі.
36. Формування періодичних наноструктур під дією лазерного випромінювання
37. Нанорозмірні багаточарові плівкові матеріали
38. Модифікація структури поверхні металевих сплавів при лазерному впливі.
39. Формування екзотичних наноструктурних об'єктів з віссю симетрії 5-порядку.
40. Впорядковані коміркові наноструктури.
41. Наноструктури, сформовані інтенсивною пластичною деформацією

42. Ультразвукова ударна обробка.
43. Піскоструминна обробка.
44. Електроіскрове легування.
45. Комбіновані види високоенергетичної обробки.

