



# ІНЖЕНЕРНЕ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

## 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>Нанотехнології та комп'ютерний дизайн матеріалів</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)/ дистанційна / змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5 кредитів ECTS, 36 годин лекцій, 18 годин практичних занять</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен / Модульна контрольна робота</i>
Розклад занять	<i>Лекція -1 раз на тиждень, практичне заняття – 1 раз на два тижні <a href="http://rozklad.kpi.ua">rozklad.kpi.ua</a></i>
Мова викладання	<i>Українська/Англійська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>к.т.н., доцент Троснікова Ірина Юріївна, mail: <a href="mailto:itrosnikova@gmail.com">itrosnikova@gmail.com</a></i> Практичні заняття: <i>к.т.н., доцент Троснікова Ірина Юріївна</i>
Розміщення курсу	<a href="#">Інженерне матеріалознавство Інженерне матеріалознавство – Google Диск</a>

### Програма навчальної дисципліни

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

*Вивчаючи дисципліну, студенти узагальнюють власні знання з різних дисциплін та долучаються до світового досвіду використання матеріалів з урахуванням знань щодо вивчення зв'язку між хімічним складом або природою матеріалу, технологією обробки, мікроструктурою та властивостями матеріалів.*

*Метою навчальної дисципліни є здатність використовувати отримані знання при проектуванні та створенні матеріалів з необхідним комплексом експлуатаційних характеристик.*

*Основними завдання навчальної дисципліни є знання технологічних процесів, які використовують в нанотехнологіях для отримання виробів у залежності від їх призначення; факторів, які впливають на процеси формування властивостей кінцевої продукції у залежності від її призначення; фізико-хімічних процесів та їх сутності, що супроводжують процеси компактування матеріалів і їх впливу на формування кінцевих властивостей продукції; фундаментальних засад теорії і технології отримання матеріалів для визначення оптимальних технологічних режимів отримання виробів з них.*

*Після засвоєння навчальної дисципліни студент повинен знати: вимоги вітчизняних та міжнародних нормативних документів щодо формулювання та розв'язання наукових та науково-технічних задач розробки, виготовлення, створення та застосування ефективних технологій виготовлення виробів.*

*Студент повинен використовувати інформацію щодо умов виготовлення та експлуатації виробів при розробці нового матеріалу та технології його оброблення, визначати та формулювати технічні вимоги до матеріалу виробів та можливості їх забезпечення,*

розробляти шляхи підвищення експлуатаційних властивостей вибраних матеріалів; визначати необхідність проведення експертних досліджень зруйнованих виробів, узагальнення їх результатів та розроблення шляхів підвищення конструкційної міцності виробів; застосовувати принципи системного аналізу, причинно-наслідкових зв'язків між значущими факторами та науковими і технічними рішеннями, що приймаються під час розв'язання складних матеріалознавчих задач; адаптуватися в змінному професійному середовищі в процесі якісного виконання професійних задач; застосовувати вимоги вітчизняних та міжнародних нормативних документів щодо формулювання та розв'язання наукових та науково-технічних задач створення та застосування ефективних технологій виготовлення виробів

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

Дисципліна викладається в першому семестрі підготовки за освітньо-науковою програмою підготовки магістрів. Для успішного засвоєння дисципліни, студент повинен володіти набором компетентностей бакалаврського рівня, зокрема:

- здатністю виявляти та ставити проблеми в сфері матеріалознавства, приймати ефективні рішення для їх вирішення;
- здатністю планувати та проводити дослідження в сфері матеріалознавства у лабораторних та виробничих умовах на відповідному рівні з використанням сучасних методів і методик експерименту;
- здатністю розробляти нові методи і методики досліджень, базуючись на знанні методології наукового дослідження та особливості проблеми, що вирішується;
- здатністю до критичного аналізу та прогнозування характеристик нових та існуючих матеріалів, параметрів процесів їх отримання і обробки та використання у виробі (або у виробничих умовах);
- здатністю розробляти та реалізовувати проекти в сфері матеріалознавства, а також дотичні до неї міждисциплінарні проекти.

Дисципліна забезпечує розширення інженерного кругозору в галузі матеріалознавства та інженерії матеріалів чим формує набір компетентностей для подальшого вивчення дисциплін матеріалознавчого напрямку. Результати вивчення дисципліни можуть бути використані при виконанні курсової роботи, а також магістерської дисертації, тощо.

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

Дисципліна – «Інженерне матеріалознавство» містить один змістовний модуль: «Інженерне матеріалознавство».

### *Розділ 1. Поняття про функцію матеріалів*

Класифікація матеріалів за функціональним призначенням. Механічна, теплова, електрична (магнітна), фізико-хімічна та інші функції матеріалів. Класифікація неорганічних матеріалів по хімічному складу (металеві, неметалічні, композиційні матеріали).

Розділ 2. Взаємозв'язок структури та властивостей матеріалів. Врахування хімічного складу і технології. Структурні рівні матеріалу. Основні властивості, що визначаються кожним структурним рівнем. Поняття про структурну чутливість матеріалів. Загальні положення та поняття.

Розділ 3. Механічні властивості, які визначають механічну функцію матеріалів. Структурна чутливість механічних властивостей. Модуль пружності. Міцність. В'язкість. Класифікація, способи визначення. Пружні властивості (модулі пружності) як основна функція матеріалу, конструкції. Зв'язок між пружними модулями матеріалів. Властивості руйнування.

*Розділ 4. Теплові (термічні) властивості, які визначають теплову функцію матеріалу. Теплоємність матеріалів, її температурна залежність. Теплопровідність і температуропровідність матеріалів. Функціональне призначення термодформацій.*

*Розділ 5. Електричні та магнітні властивості матеріалів, які визначають їх електромагнітну функцію. Фізична природа, діапазон зміни. Фактори, що впливають на рухливість носія заряду. Електропровідність в іонній кераміці та полімерах.*

*Розділ 6. Механічні, теплові, електричні та магнітні властивості гетерофазних матеріалів. Принципи обчислення властивостей, врахування мікроструктури. Найпростіші співвідношення, різні види усереднення властивостей. Ефективні властивості композитів.*

*Розділ 7. Управління структурними параметрами матеріалів в технологічних процесах.*

*Регулювання розміру зерна керамічних матеріалів при контрольованому спіканні. Регулювання розміру стабільних та метастабільних надтвердих фаз при спіканні під високим статичним або динамічним тиском. Модель структури порошкового матеріалу. Опис процесу спікання та формування мікроструктури порошкового матеріалу за механізмом поверхневої дифузії, рідкофазного спікання, дифузійно-в'язкого та в'язкого плинину. Фізико-математична модель процесу капілярного транспорту.*

*Розділ 8. Проектування матеріалів з механічними функціями. Тверді сплави та псевдосплави як конструкційний і зносостійкий матеріал. Конструкційні матеріали. Односпрямовані композити. Конструкційна оксидна кераміка. Полімери. Способи підвищення в'язкості руйнування кераміки. Механічна поведінка полімерних матеріалів.*

#### **4. Навчальні матеріали та ресурси**

*Базова література:*

*1. Martin Heilmaier Vorlesung Werkstofftechnik für die Studiengänge Maschinenbau und Verfahrenstechnik sowie für Lehramt an berufsbildenden Schulen : - Magdeburg, 2006.*

*2. Meetham G.W. Van der Voorde M.H. Materials for High Temperature Engineering Application : - Verlag: Springer, 2000 ISBN: 3-540-66861-6. - 164 с.*

*3. Ashby M. F. Material Selection in Mechanical Design: - Oxford, Butterworth-Heinemann, 2000.*

*4. Moon J. R. Introduction to PM: - Kosice: EPMA, 2007. - 536 с.*

*Додаткова література:*

*5. Механіка руйнування та міцність матеріалів / Під ред. акад. Панасюка В.В. - «Сполом», Львів, 2007. – 1066 с.*

*6. Актуальные проблемы современного материаловедения. т. 1,2 - «Академперіодика», 2008.*

*7. Неорганическое материаловедение / Под ред. Г. Гнесина, С.С. Скорохода, т.1,2. - «Наукова думка», Киев, 2008. – 889 с.*

*8. Лобода П.І. Спрямовано закристалізовані бориди / Монографія. - К. 2012. - 500 с.*

*Рекомендується ознайомитись зі змістом вказаних базових та додаткових джерел, більш глибоко опрацювати рекомендовані викладачем розділи, що відповідають тематиці лекцій та/чи практичних робіт. Для окремих розділів доцільно створити електронний конспект.*

### **Навчальний контент**

#### **5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)**

##### **Зміст лекційних занять**

*Лекція 1. Вступ. Класифікація матеріалів за функціональним призначенням. Механічна, теплова, електрична (магнітна), фізико-хімічна та інші функції матеріалів. Поліфункціональність. Класифікація неорганічних матеріалів по хімічному складу (металеві, неметалічні, композиційні матеріали). Можливість досягнення заданого комплексу*

властивостей для матеріалів різної хімічної природи. Література [1] с. 5-18, [3] с. 45-86, [4] с. 135-248, с. 430-458.

Лекція 2. Врахування хімічного складу і технології (логічна послідовність “склад – технологія – структура – властивості”). Структурні рівні матеріалу (атомно-кристалічна, дефектна, зернова та гетерофазна, мікроструктура, мезо- та макроструктура). Основні властивості, що визначаються кожним структурним рівнем. (Завдання на СРС. Поняття про структурну чутливість матеріалів.) Література [2] с. 10-63, [5] с. 53-76, с. 94-132, [6].

Лекція 3. Геометричне моделювання структури порошкових та композиційних матеріалів багатофазного середовища. Загальні положення та поняття. Геометричні моделі двохфазного середовища. (Завдання на СРС. Геометричне моделювання трьохфазного середовища.) Література [2] с. 65-103, [4] с.46-72.

Лекція 4. Механічні властивості та конструктивна міцність матеріалів. Пружні властивості матеріалів. Неповна пружність. Ефект Баушингера. Пластична деформація. Природа деформаційного зміцнення. Вплив різних факторів на пластичну деформацію матеріалів. Руйнування конструкційних матеріалів. Виникнення тріщин в металах і сплавах. Характеристика втомного руйнування. Залежність міцності і в'язкості руйнування металів від їх дислокаційної субструктури. Працездатність машин і механізмів. Службові властивості. Границя витривалості деталей. Фактори, які впливають на підвищення міцності матеріалів. Література [1] с.56-99, [2] с. 83-122, [3].

Лекція 5. Класифікація, способи визначення. Пружні властивості (модулі пружності) як основна функція матеріалу, конструкції. Кореляція модулів пружності і твердості матеріалів (приклади). (Завдання на СРС. Зв'язок між пружними модулями, акустичні властивості матеріалів.) Література [3] с. 12-66, [7] с.10-24.

Лекція 6. Властивості міцності матеріалів, міцність при різних видах навантаження. В'язкість руйнування (тріщиностійкість). Структурна чутливість механічних властивостей. Модуль пружності. Міцність. В'язкість. Моделювання фізико-механічних властивостей багатофазних матеріалів. (Завдання на СРС. Ефективна провідність трьохфазних композитів. Розрахунок міцності армованих композиційних матеріалів. Розрахунок пружних характеристик композитів). Література [1] с. 19-28, [7] с. 12-36, [4] с. 52-86. Модульна контрольна робота (1 тематична контрольна робота).

Лекція 7. Теплоємність матеріалів, її температурна залежність. Функція теплопоглинання. Теплопровідність і температуропровідність матеріалів, діапазон значень теплопровідності. (Завдання на СРС. Теплопровідні і теплоізоляційні матеріали.) Література [1] с. 157-165, [7] с. 7-18.

Лекція 8. Термічне розширення матеріалів, залежність від температури і природи міжатомних сил. Анізотропія коефіцієнту лінійного розширення. (Завдання на СРС. Функціональне призначення термдеформацій.) Література [1], [2] с.150-172, [5] с.157-165.

Лекція 9. Діелектрична проникність. Фізична природа, діапазон зміни. Комплексна діелектрична проникність, тангенс куту втрат. Інші діелектричні (п'єзоелектричні) і електроізоляційні властивості матеріалів. Електрична міцність ізоляторів. Електропровідність, електроопір, діапазон значень. Провідники і резистори, виділення джоулевого тепла. Електричні нагрівачі. Література [5] с.148-157, [6] с.19-26.

Лекція 10. Магнітні властивості, феромагнетики. Основні параметри петлі гістерезису, магнітно-м'які та магнітно-тверді матеріали. Структурна чутливість електричних і магнітних властивостей. Література [1] с.85-99, [6] с.7-18, [7] с.20-36.

Лекція 11. Їхня залежність від властивостей фаз, що їх складають, та їхніх концентрацій. Принципи обчислення властивостей, врахування мікроструктури. Найпростіші співвідношення, різні види усереднення властивостей. Ефективні властивості композитів. Література [2] с. 555-574, [3] с. 25-39, [4] с.51-68.

Лекція 12. Теорія перколяції і її застосування до систем провідник – діелектрик. (Завдання на СРС. Середньоквадратичні значення інтенсивності фізичних полів в неоднорідних



матеріалах, оцінка критичних параметрів). Література [4] с.22-35, [6] с. 52-86, [7] с.10-24. Модульна контрольна робота (2 тематична контрольна робота).

Лекція 13. Регулювання розміру зерна керамічних матеріалів при контрольованому спіканні (відвертання збірної рекристалізації при досягненні максимально можливої щільності). Регулювання розміру стабільних та метастабільних надтвердих фаз при спіканні під високим статичним або динамічним тиском. Література [3] с.167-188, [4] с.10-24, [7] с. 142-156.

Лекція 14. “Генетичний” та “реконструктивний” способи отримання наноструктурного стану. Управління матричністю структури композита при спіканні. Моделювання процесу формування структури порошкових і композиційних матеріалів під час спікання в полі температурного градієнту. Моделювання структури гетерофазних порошкових та композиційних матеріалів як неоднорідних конденсованих середовищ. Моделювання процесу формування структури під час спікання в полі температурного градієнту. Фізичний експеримент. Процес росту зерна при спіканні в умовах великого температурного градієнту і безперервного нагрівання. процесу очистки від домішок під час перекристалізації через розплав. Обчислювальний експеримент. Література [7], [8] с.9-25.

Лекція 15. Модель структури порошкового матеріалу. Моделювання процесу теплопередачі вздовж циліндричної пресовки із змінним поперечним перерізом та щільністю. Опис процесу спікання та формування мікроструктури порошкового матеріалу за механізмом поверхневої дифузії, рідкофазного спікання, дифузійно-в'язкого та в'язкого плинку. Фізико-математична модель процесу капілярного транспорту. Література [1] с.18-27, [2] с. 55-62, [8] с. 43-52.

Лекція 16. Полімерні матеріали. Їх структура та властивості (Завдання на СРС. Фізична модель процесу спікання (теплопередачі, ущільнення, росту зерна, капілярного транспорту за умови спікання в присутності рідинної фази, самоармування), математичний опис процесів що впливають на формування пористої і зеренної структури, морфологію та хімічний склад фазових складових композиційного матеріалу). Література [1] с.65-72, [2] с. 103-116, [3], [5].

Лекція 17. Конструкційні матеріали. Односпрямовані композити. Конструкційна оксидна кераміка. Способи підвищення в'язкості руйнування кераміки. Трансформаційне зміцнення, армування. Конструкційна та інструментальна кераміка, принципи самоармування. Література [1] с.58-63, [2] с.85-96, [7] с.16-27, [8].

Лекція 18. Оптимізація структури і комплексу механічних властивостей твердих сплавів. Тверді сплави та псевдосплави як конструкційний і зносостійкий матеріал. Література [1] с. 11-20, [2] с.23-45. Модульна контрольна робота (3 тематична контрольна робота).

### **Зміст практичних занять**

Основні завдання циклу практичних занять є формування у студентів уявлень про взаємозв'язок між електронною будовою, структурою та властивостями матеріалів; отримання комплексу знань про керування властивостями матеріалів та виробів з них на основі фундаментальних знань, підкріплених практичними завданнями з відповідними розрахунками.

Практична робота №1. Будова атому та хімічний зв'язок в речовинах (2 години).

Практична робота №2. Кристалічна будова твердих тіл(2 години).

Практична робота №3. Взаємозв'язок між густиною та параметром кристалічної ґратки металів з різними типами структури (ОЦК, ГЦК та ГПУ ґратками) (2 години).

Практична робота №4. Взаємозв'язок між типом хімічного зв'язку та тиском, що створюють сили поверхневого натягу на частинки порошку з різною дисперсністю (2 години).

Практична робота №5. Теплові властивості металів сплавів та сполук. Задачі по розрахунку температурної залежності теплопровідності, теплоємності, коефіцієнтів термічного розширення та ін. (2 години).

*Практична робота №6. Механічні властивості гетерофазних матеріалів в залежності від концентрації фазових складових та їх природи (2 години).*

*Практична робота №7. Механічні властивості гетерофазних матеріалів. Розрахунок залежності міцності, твєдості, модулів пружності гетерофазних матеріалів в залежності від властивостей і концентрації фаз, що складають матеріал (2 години).*

*Практична робота №8. Теплові властивості гетерофазних матеріалів. Розрахунок узагальненої провідності гетерофазних матеріалів в залежності від властивостей і концентрації фаз, що складають матеріал (2 години).*

*Практична робота №9. Комп'ютерне моделювання процесу формування зеренної та пористої структури, ущільнення порошкового матеріалу при його спіканні в умовах контрольованого нагрівання та заданого температурного градієнту (2 години).*

### **Самостійна робота студента**

*- Самостійна робота студентів (загальна тривалість 96 годин) з дисципліни полягає в: самостійному опрацюванні літературних джерел для розширення розуміння лекційних тем, для фокусування розглянутих методів аналізу взаємного зв'язку властивостей матеріалів на власні наукові дослідження, що відповідають напрямку курсових та дипломних робіт – в розрахунок 2,5-3 години на лекційне заняття = 46 годин; підготовці до виконання практичних робіт, аналізі одержаних результатів та формулюванні висновків – в розрахунок 2 години на виконання практичної роботи = 18 годин; підготовці до модульної контрольної роботи – 2 години; підготовці до підсумкової атестації – екзамену (30 години).*

## **Політика та контроль**

### **6. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)**

*Система вимог, які ставляться перед студентом:*

• *Відвідування усіх видів занять не є обов'язковим.*

*- Пропущене без поважної причини лекційне заняття студент повинен відпрацювати шляхом написання тестування з кожної пропущеної теми.*

*- Завдання пропущеного практичного заняття студент повинен виконати в час, узгоджений з викладачем. Якщо пропуск відбувся без поважної причини – з загальної оцінки за практичне заняття знімається 10% за кожні дві години пропуску.*

• *Під час усіх видів аудиторних занять забороняється використання мобільних телефонів у звуковому режимі, дозволяється обмежене використання месенджерів у беззвучному режимі.*

• *Результати виконаних практичних робіт оформлюються у вигляді звітів, написаних рід руки. Звіт супроводжується формулами, розв'язком задач, які підтверджують виконання завдань та одержані результати. За дистанційної форми навчання звіт може виконуватися як «від руки», так і в будь-якому текстовому редакторі і на перевірку надається у роздрукованому вигляді. Безпосередній захист відбувається у формі співбесіди, запитань-відповідей.*

• *Заохочувальні бали можуть бути призначені за особливі успіхи у навчанні – застосування творчого підходу до виконання практичних робіт, у тому числі, використання даних для робіт з тематики власних наукових досліджень. Сумарна кількість заохочувальних балів може складати від 1 до 10 балів.*

• *Політикою дедлайнів передбачається необхідність своєчасного виконання завдань. Тестування за пропущену лекцію має бути пройдено не пізніше 2-х тижнів з часу пропущеної лекції. Звіти з практичних робіт виконуються і подаються на перевірку не пізніше 2-х тижнів з моменту завершення. Усі письмові документи мають бути захищені до закінчення теоретичного навчання в семестрі.*

• *Усі учасники освітнього процесу: викладачі і студенти в процесі роботи вивчення дисципліни мають керуватись принципами академічної доброчесності, передбаченими «Кодексом честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»» <https://kpi.ua/code>.*

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

Поточний контроль:

- ведення конспекту та активної участі на лекційних заняттях – 2 бали. Бали за опитування на пропущених лекціях компенсуються виконанням тестування (див. п.6).

- захист звітів з практичних робіт всього максимально 18 балів – максимум 2 бали з кожної роботи.

- модульна контрольна робота в вигляді 3 тематичних контрольних робіт (за розділами дисципліни) – <https://forms.gle/yXb5mzWvqi86FSv48>, <https://forms.gle/Ei4yRiL9yBUy9uq49>, <https://forms.gle/Gcn7qbyZJq2RJcZD8>, проводиться трьома частинами на 6-ій, 12-ій та 18-ій лекції. Максимальна оцінка 10 балів за тест, всього 30 балів.

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу: щоб отримати позитивний результат у першому календарному контролі, необхідно мати мінімум 10 балів, другого – мінімум 20 балів.

Семестровий контроль: екзамен.

Бали за екзамен нараховуються за оцінювання 2-х теоретичних питань та 2-х задач, відповідно:

- питання 1- 10 балів;
- питання 2- 10 балів;
- питання 3 – 15 балів;
- питання 3- 15 балів.

На екзамені студент може отримати максимальну кількість балів - 50 за 100-бальною шкалою, відповідно: оцінка за відповідь знижується – за принципові помилки у відповіді на 7-8 балів, за неповну відповідь на 5 балів, за неправильне використання термінів на 3 бали.

Після оцінювання відповідей на екзамені (виконання екзаменаційної контрольної роботи) підсумовуються стартові бали та бали за екзамен, зводяться до рейтингової оцінки та переводяться до оцінок за університетською шкалою (табл.).

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
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

## 8. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік питань, які виносяться на самостійну роботу, вказані у п.5, а ті, що виносяться на семестровий контроль, у Додатку А.

**Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

Складено доцентом каф. Високотемпературних матеріалів та порошкової металургії, к.т.н., Тросніковою Іриною Юріівною

Ухвалено кафедрою Високотемпературних матеріалів та порошкової металургії (протокол № \_\_ від 1 від 25.08.2021р.)

Погоджено Методичною комісією Інституту матеріалознавства та зварювання ім. Є.О.Патона (протокол № \_\_\_\_ від \_\_\_\_\_ 2021р.)