



# Основи металознавства

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни	
Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	132 Матеріалознавство ОП <a href="https://osvita.kpi.ua/sites/default/files/opfiles/132_OPPB_NTKDM_2022.pdf">https://osvita.kpi.ua/sites/default/files/opfiles/132_OPPB_NTKDM_2022.pdf</a>
Освітня програма	Нанотехнології та комп'ютерний дизайн матеріалів
Статус дисципліни	Нормативна
Форма навчання	очна(денна)/дистанційна/змішана
Рік підготовки, семестр	2 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	5,0 кредити/150 годин: лекції – 36 год; лабораторні заняття – 36 год; СРС – 78 год
Семестровий контроль/ контрольні заходи	екзамен, модульна контрольна робота, реферат
Розклад занять	<a href="http://rozklad.kpi.ua/">http://rozklad.kpi.ua/</a>
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лекції: к.т.н., доцент Дудка Олександр Іванович <a href="mailto:adudka@bigmir.net">adudka@bigmir.net</a> , +380 50 5457984 Лабораторні заняття: к.т.н., доцент Дудка Олександр Іванович; старший викладач к.т.н. Франчік Н.В., @Nataliia_Franchik
Розміщення курсу	Інформаційна система "Електронний кампус" <a href="https://www.youtube.com/channel/UClcevlTnjMp4xMvyJhr6FjA">https://www.youtube.com/channel/UClcevlTnjMp4xMvyJhr6FjA</a>

### Програма навчальної дисципліни

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

Програму навчальної дисципліни "Основи металознавства" складено відповідно до освітньо-професійної програми «Нанотехнології та комп'ютерний дизайн матеріалів» другого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 132 «Матеріалознавство».

Навчальна дисципліна належить до циклу професійної підготовки. **Завданням** навчальної дисципліни є якісна теоретична та технологічна підготовка спеціалістів в області створення та вибору матеріалу у відповідності до експлуатаційних вимог, визначенню термічної обробки сталей та сплавів, впливу легуючих елементів на структуру та властивості.

**Предмет** навчальної дисципліни: уявлення про природу металів і сплавів, їх структуру та властивості; міжатомні зв'язки; атомно-кристалічну будову металів та дефекти такої будови; закономірності кристалізації металів та вплив різноманітних факторів на структуру та властивості литого металу; фази в металевих сплавах; аналіз формування структур сплавів за допомогою діаграм стану подвійних і потрійних систем; залізовуглецеві сплави, вплив хімічного, фазового складу структури та технологічних умов створення таких сплавів на їх властивості та області використання; основні кольорові метали та сплави та їх структура.

**Метою** навчальної дисципліни є формування у студентів таких загальних та фахових (спеціальних) компетентностей освітньої програми як:

КЗ 2. Здатність застосування знань у практичних ситуаціях.

КС2. Здатність забезпечувати якість матеріалів та виробів

КС9. Здатність застосовувати сучасні методи математичного та фізичного моделювання, дослідження структури, фізичних, механічних, функціональних та технологічних властивостей матеріалів для вирішення матеріалознавчих проблем

КС 16. Здатність застосовувати фізико-хімічні принципи для формування заданої структури матеріалів при консолідації із дисперсного стану.

КС17. Здатність обирати технологічний процес та його оптимальні умови для отримання виробів з композиційних, наноструктурованих та порошкових матеріалів

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

ПРН 1. Володіти логікою та методологію наукового пізнання.

ПРН 2. Знати та вміти використовувати знання фундаментальних наук, що лежать в основі відповідної спеціалізації матеріалознавства, на рівні, необхідному для досягнення інших результатів освітньої програми

ПРН 17. Здійснювати технологічне забезпечення виготовлення матеріалів та виробів з них

Після вивчення дисципліни здобувач володітиме **алгоритмом** дій в стандартних професійних ситуаціях, а саме:

Працюючи особисто із використанням даних що до хімічного складу матеріалу або його компонентів, їх структури та властивостей, студент зможе:

- аналізувати результати термічного аналізу для побудови градувальних кривих і діаграм стану подвійних систем;
- аналізувати макроструктури металів і сплавів для оцінки результатів їх обробки та властивостей;
- використовувати подвійні та потрійні діаграми стану для аналізу формування структур сплаву та їх зв'язок із властивостями.
- прогнозувати властивості двокомпонентних та трикомпонентних сплавів в залежності від їх хімічного, фазового складу і структури;
- визначити хімічний склад сталей по співвідношенню фазових і структурних складових;
- підбирати потрібні марки сплавів в залежності від умов їх експлуатації.
- аналізувати вплив термодинамічних і кінетичних факторів на формування фазового складу і структури залізобуглецевих сплавів з використанням для цього, в тому числі, діаграм стану залізо-цементит і залізо-графіт;
- прогнозувати характеристики сталей та чавунів та, відповідно, області використання в залежності від їх хімічного, фазового складів та структури;
- прогнозувати характеристики сплавів на основі алюмінію, магнію, титану та міді та, відповідно, області використання в залежності від їх хімічного, фазового складів та структури;
- використовувати базові принципи формування структур сплавів, що забезпечують високі антифрикційні властивості для вибору марок підшипникових сплавів, що працюють у відповідних умовах.

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

Для вивчення навчальної дисципліни "Основи металознавства" необхідні знання з дисциплін: «Вступ до матеріалознавства», «Фізика», «Хімія», «Фізична хімія», «Кристалографія, кристалохімія та мінералогія».

Навчальна дисципліна «Основи металознавства» є базовою для таких дисциплін як «Структурний аналіз матеріалів», «Матеріалознавство тугоплавких матеріалів», «Механічні властивості матеріалів».

## **3. Зміст освітнього компоненту**

Розділ 1. Основи матеріалознавства. Атомно-кристалічна будова металів

1.1. Характерні фізичні та хімічні властивості металів. Металевий тип зв'язку. Метали в періодичній системі елементів.

1.2. Кристалічна будова металів. Основні типи кристалічних решіток металів, їх характеристики. Гране- та об'ємноцентрована кубічні решітки. Гексагональна компактна решітка, інші типи кристалічних решіток металів. Поліморфізм металів.

1.3. Анізотропія властивостей металів. Квазіізотропія полікристалічних тіл. Мало- та висококутові межі в металах.

1.4. Точкові дефекти кристалічної будови. Домішкові атоми у металах, їх роль. Лінійні, гвинтові та змішані дислокації. Контур і вектор Бюргерса. Атмосфери Котрелла. Поверхневі й об'ємні дефекти кристалічної будови.

## *Розділ 2. Кристалізація металів*

2.1. Будова рідких металів. Схожість рідкого та твердого станів речовини. Близький та далекий порядок. Сиботаксиси (кластери).

2.2. Вільна енергія металу, її зміна при кристалізації. Макроскопічна картина процесу кристалізації. Криві охолодження. Правило фаз Гіббса. Утворення центрів кристалізації та ріст кристалів.

2.3. Довільне утворення центрів кристалізації. Критичний розмір зародка. Роль переохолодження. Металеві стекла.

2.4. Недовільне утворення зародків. Принцип структурної та розмірної відповідності. Модифікування та його роль у формуванні структури металів.

2.5. Ріст кристалів. Двовимірні зародки, їх критичні розміри. Форма кристалів. Принцип Кюрі-Вульфа. Дендритна кристалізація.

2.6. Будова металевих зливок і виливок. Вплив умов кристалізації. Усадочні явища. Газові пухирі у зливках. Ліквіація в металах.

## *Розділ 3. Пластична деформація та рекристалізація*

3.1. Пружна та пластична деформація металів. Ковзання та двійникування в кристалах. Пластична деформація монокристалів (класичний меха-нізм). Площини найлегшого зсуву.

3.2. Дислокаційний механізм ковзання. Джерело Франка-Ріда. Наклеп металу. Залежність міцності металу від густини дислокацій. Шляхи підвищення міцності.

3.3. Двійникування у кристалах в процесі деформації. Механізм двійникування. Пластична деформація полікристалів. Роль меж зерен. Зміна структури металу при деформації.

3.4. Вплив нагрівання на структуру та властивості деформованого металу. Повернення та рекристалізація, їх механізми. Відпочинок і полігонізація. Рекристалізація первинна, збиральна, вторинна. Холодна, тепла та гаряча пластична деформація.

## *Розділ 4. Фази в металевих сплавах*

4.1. Загальна характеристика будови сплавів. Фазові та структурні складові сплавів. Хімічні сполуки в металевих сплавах.

4.2. Тверді розчини, їх типи та загальні властивості. Фактори, які керують утворенням твердих розчинів. Розчини заміщення, проникнення та вилучення. Упорядковані тверді розчини.

4.3. Проміжні фази в сплавах. Електронні фази. Фази нікель-арсенідного типу. Сигма-фази. Фази проникнення, типові та нетипові. Фази Лавеса.

## *Розділ 5. Діаграми стану подвійних систем*

5.1. Металеві системи й їх стани. Загальна характеристика діаграм стану. Методи побудови та зображення подвійних діаграм стану. Правило відрізків. Правило Мазінга.

5.2. Діаграма стану системи, яка утворює безперервний ряд рідких і твердих розчинів. Правило Коновалова. Діаграми з екстремумами на кривих ліквідуса та солідуса.

5.3. Діаграма стану при відсутності розчинності компонентів у твердому стані.

5.4. Діаграма стану системи з обмеженою розчинністю компонентів у твердому стані й евтектичним перетворенням. Лінії сольвуса. Розпад пересичених твердих розчинів і його використання для зміцнення сплавів. Трикутник Таммана. Діаграми з ретроградним солідусом і сольвусом.

5.5. Діаграма стану системи з обмеженою розчинністю компонентів у твердому стані та перитектичним перетворенням. Механізми перитектичного перетворення.

5.6. Діаграми стану з хімічними сполуками та проміжними фазами. Основні варіанти їх утворення в подвійних системах. Діаграми стану зі стійкими хімічними сполуками. Системи з нестійкими хімічними сполуками. Перитектоїдне перетворення.

5.7. Діаграми стану систем з повною нерозчинністю або обмеженою розчинністю компонентів у рідкому стані. Монотектичне та синтектичне перетворення.

5.8. Діаграми стану з поліморфними компонентами і проміжними фазами. Евтектоїдне, монотектоїдне та метатектичне перетворення.

## Розділ 6. Діаграми стану потрійних систем

6.1. Загальні закономірності будови потрійних діаграм. Геометричні основи цих діаграм. Концентраційний трикутник. Правила відрізків та центра маси конодного трикутника.

6.2. Потрійна система з необмеженою взаємною розчинністю компонентів у рідкому та твердому станах. Побудова горизонтальних і вертикальних розрізів. Використання розгортки діаграми.

Потрійна система з необмеженою розчинністю компонентів у рідкому стані та відсутністю розчинності у твердому стані. Побудова горизонтальних і вертикальних розрізів.

6.3. Система, з однією подвійною проміжною фазою. Кристалізація типових сплавів. Ізотермічні та політермічні розрізи. Правило сингулярної триангуляції

## Розділ 7. Залізовуглецеві сплави

7.1. Місце та значення залізовуглецевих сплавів у сучасній техніці. Властивості чистого заліза. Будова та властивості цементиту та графіту. Структурні складові залізовуглецевих сплавів.

7.2. Загальний опис діаграми стану системи залізо – цементит. Формування структури сплавів. Технічне залізо, сталі та білі чавуни, їх рівноважна структура.

7.3. Сірі, половинчасті та вибілені чавуни. Чавуни з пластинчастим, кулястим графітом. Ковкі чавуни.

7.4. Вплив вуглецю та постійних домішок (марганець, кремній, сірка, фосфор) на структуру та властивості сталі та чавуну. Червоноламкість і холодноламкість сталі. Вплив кисню, водню й азоту на властивості сталі.

7.5. Вуглецеві сталі, їх класифікація та позначення марок. Вуглецеві сталі звичайної якості, якісні та високоякісні.

## Розділ 8. Кольорові метали та сплави на їх основі

8.1. Алюміній та його сплави. Класифікація алюмінієвих сплавів. Деформівні алюмінієві сплави. Природа старіння дюралюмінію, зміна структури та властивостей. Ливарні алюмінієві сплави. Термічна обробка сплавів на основі алюмінію. Висококремністисилуміни. Модифікування силумінів.

8.2. Магній та його сплави. Класифікація магнієвих сплавів. Структура, маркування, властивості та застосування.



8.3. Мідь та її сплави. Класифікація мідних сплавів та їх маркування. Латуні. Склад, будова, властивості та призначення. Бронзи: олов'яні, алюмінієві, кремністі, берилієві. Склад, будова, призначення.

8.4. Антифрикційні сплави. Вимоги, що пред'являють до них. Антифрикційні бронзи та чавуни. Олов'яні, свинцеві та кальцієві баббіти.

8.5. Титан та сплави на його основі у літако- та ракетобудуванні. Взаємодія титана з легуючими елементами та домішками та їх вплив на структуроутворення. Фазові перетворення у титані та його сплавах. Класифікація титанових сплавів у відпаленому стані. Термічна обробка титанових сплавів. Деформівні  $\alpha$ -сплави, деформівні псевдо  $\alpha$ -сплави, деформівні ( $\alpha+\beta$ ) сплави, деформівні псевдо  $\beta$ - та  $\beta$ -сплави. Маркування титанових сплавів та їх застосування.

#### 4. Навчальні матеріали та ресурси

Навчальні матеріали, зазначені нижче, доступні у бібліотеці університету та у бібліотеці кафедри фізичного матеріалознавства та термічної обробки. Обов'язковою до вивчення є базова література, інші матеріали – факультативні. Розділи та теми, з якими студент має ознайомитись самостійно, викладач зазначає на лекційних та практичних заняттях.

##### Базові:

1. *Металознавство : підручник / О. М. Бялік, В. С. Черненко, В. М. Писаренко, Ю. Н. Москаленко. – 2-ге вид., перероб. і доп. – Київ : ІВЦ "Видавництво "Політехніка", 2002. – 84 с.*
2. *Кузін О. А. Металознавство та термічна обробка металів : підручник / О. А. Кузін, Р. А. Яцюк. – Київ : Основа, 2005. – 324 с.*
3. *Афтанділянц Є. Г. Матеріалознавство / Є. Г. Афтанділянц, О. В. Зазимко, К. Г. Лопатько. – Херсон : Олді-плюс, 2012. – 612 с.*
4. *Більченко О. В. Матеріалознавство : навч. посібник / О. В. Більченко, О. І. Дудка, П. І. Лобода. – Київ : Кондор, 2009. – 154 с.*
5. *Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт по металознавству / О. І. Дудка [та ін.]. – Київ : НТУУ «КПІ», 2013. – 72 с.*

##### Додаткові:

6. *Дивосвіт металів / Кондратюк С. Є., Геллер О. В.; НАН України, Фізико-технологічний інститут металів та сплавів. – К. : Академперіодика, 2015. – 204 с.: іл.*
7. *Леговані сталі / О. В. Більченко, О. І. Дудка, В. Г. Хижняк [та ін.]. – Київ : Кондор, 2009. – 98 с.*
8. *Мазур В. И. Введение в теорию сплавов : учебное пособие / В. И. Мазур, А. В. Мазур. – Днепропетровск : Лира ЛТД, 2009. – 264 с.*
9. *Сплави на основі заліза : підручник : у 2 т. / В. І. Мазур, В. З. Куцова, О. А. Носко, М. А. Ковзель ; за ред. В. І. Мазура. – Київ : Вид-во «Політехніка», 2015. – 272 с.*
10. *Діаграми стану потрійних систем: навч. посібник / В. С. Черненко, О. І. Дудка, В. М. Писаренко, Л. В. Голуб ; під ред. В. С. Черненка. – Київ : ІЗМН, 2000. – 90 с.*

##### Інформаційні ресурси:

11. <https://pmt0.kpi.ua/> (сайт кафедри ФМТО)
12. [login.kpi.ua](http://login.kpi.ua) (сайт КАМПУС'у)
13. [library.ntu-kpi.kiev.ua](http://library.ntu-kpi.kiev.ua) (сайт науково – технічної бібліотеки НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»)
14. Доступ до відео для виконання лабораторних робіт: <https://www.youtube.com/channel/UCIcvelTnjMp4xMvyJhr6FJA>.

## Навчальний контент

### 5. Методика опанування освітнього компоненту

#### 5.1. Лекційні заняття

#### Розділ 1. Основи матеріалознавства. Атомно-кристалічна будова металів

**Заняття 1.** Вступ. Організація очного/дистанційного навчання. РСО.

Характерні фізичні та хімічні властивості металів. Металевий тип зв'язку. Метали в періодичній системі елементів.

**Заняття 2.** Кристалічна будова металів. Основні типи кристалічних решіток металів, їх характеристики. Гране- та об'ємноцентрована кубічні решітки. Гексагональна компактна решітка. Поліморфізм металів.

Анізотропія властивостей металів. Квазіізотропія полікристалічних тіл. Мало- та висококутові межі в металах.

**Заняття 3.** Точкові дефекти кристалічної будови. Домішкові атоми у металах, їх роль. Лінійні, гвинтові та змішані дислокації. Контур і вектор Бюргерса. Атмосфери Котрелла. Поверхневі й об'ємні дефекти кристалічної будови.

## **Розділ 2. Кристалізація металів**

**Заняття 4.** Будова рідких металів. Схожість рідкого та твердого станів речовини. Близький та далекий порядок. Сиботаксиси (кластери).

Вільна енергія металу, її зміна при кристалізації. Макроскопічна картина процесу кристалізації. Криві охолодження. Правило фаз Гіббса. Утворення центрів кристалізації та ріст кристалів.

Довільне утворення центрів кристалізації. Критичний розмір зародка. Роль переохолодження. Металеві стекла.

**Заняття 5.** Недовільне утворення зародків. Принцип структурної та розмірної відповідності. Модифікування та його роль у формуванні структури металів. Ріст кристалів. Двовимірні зародки, їх критичні розміри. Форма кристалів. Принцип Кюрі-Вульфа. Дендритна кристалізація. Будова металевих зливків і виливок. Вплив умов кристалізації. Усадочні явища. Газові пухирі у зливках. Ліквіація в металах.

## **Розділ 3. Пластична деформація та рекристалізація**

**Заняття 6.** Пружна та пластична деформація металів. Ковзання та двійникування в кристалах. Пластична деформація монокристалів (класичний механізм). Площини найлегшого зсуву.

Дислокаційний механізм ковзання. Джерело Франка-Ріда. Наклеп металу. Залежність міцності металу від густини дислокацій. Шляхи підвищення міцності.

**Заняття 7.** Двійникування у кристалах в процесі деформації. Механізм двійникування. Пластична деформація полікристалів. Роль меж зерен. Зміна структури металу при деформації.

Вплив нагрівання на структуру та властивості деформованого металу. Повернення та рекристалізація, їх механізми. Відпочинок і полігонізація. Рекристалізація первинна, збиральна, вторинна. Холодна, тепла та гаряча пластична деформація.

**Модульна контрольна робота складається з двох тематичних контрольних робіт.**

### **Тематична контрольна робота 1**

## **Розділ 4. Фази в металевих сплавах**

**Заняття 8.** Загальна характеристика будови сплавів. Фазові та структурні складові сплавів. Хімічні сполуки в металевих сплавах.

Тверді розчини, їх типи та загальні властивості. Фактори, які керують утворенням твердих розчинів. Розчини заміщення, проникнення та вилучення. Упорядковані тверді розчини. Проміжні фази в сплавах. Електронні фази. Фази нікель-арсенідного типу. Сигма-фази. Фази проникнення, типові та нетипові. Фази Лавеса.

## **Розділ 5. Діаграми стану подвійних систем**

**Заняття 9.** Металеві системи й їх стани. Загальна характеристика діаграм стану. Методи побудови та зображення подвійних діаграм стану. Правило відрізків. Правило Мазінга.

Діаграма стану системи, яка утворює безперервний ряд рідких і твердих розчинів. Правило Коновалова. Діаграми з екстремумами на кривих ліквідуса та солідуса.

Діаграма стану при відсутності розчинності компонентів у твердому стані.

**Заняття 10.** Діаграма стану системи з обмеженою розчинністю компонентів у твердому стані й евтектичним перетворенням. Лінії сольвуса. Розпад пересичених твердих розчинів і його використання для зміцнення сплавів. Трикутник Таммана. Діаграми з ретроградним солідусом і сольвусом.

Діаграма стану системи з обмеженою розчинністю компонентів у твердому стані та перитектичним перетворенням. Механізми перитектичного перетворення.

Діаграми стану з хімічними сполуками та проміжними фазами. Основні варіанти їх утворення в подвійних системах. Діаграми стану зі стійкими хімічними сполуками. Системи з нестійкими хімічними сполуками. Перитектоїдне перетворення.

**Заняття 11.** Діаграми стану систем з повною нерозчинністю або обмеженою розчинністю компонентів у рідкому стані. Монотектичне та синтектичне перетворення.

Діаграми стану з поліморфними компонентами і проміжними фазами. Евтектоїдне, монотектоїдне та метатектичне перетворення.

## **Розділ 6. Діаграми стану потрійних систем**

**Заняття 12.** Загальні закономірності будови потрійних діаграм. Геометричні основи цих діаграм. Концентраційний трикутник. Правила відрізків та центра маси конодного трикутника.

Потрійна система з необмеженою взаємною розчинністю компонентів у рідкому та твердому станах. Побудова горизонтальних і вертикальних розрізів. Використання розгортки діаграми.

**Заняття 13. Продовження.** Потрійна система з необмеженою взаємною розчинністю компонентів у рідкому та твердому станах. Побудова горизонтальних і вертикальних розрізів. Використання розгортки діаграми.

Система, з однією подвійною проміжною фазою. Кристалізація типових сплавів. Ізотермічні та політермічні розрізи. Правило сингулярної триангуляції.

## **Тематична контрольна робота 2.**

## **Розділ 7. Залізовуглецеві сплави**

**Заняття 14.** Місце та значення залізовуглецевих сплавів у сучасній техніці. Властивості чистого заліза. Будова та властивості цементиту та графіту. Структурні складові залізовуглецевих сплавів.

Загальний опис діаграми стану системи залізо - цементит. Формування структури сплавів. Технічне залізо, сталі та білі чавуни, їх рівноважна структура.

**Заняття 15.** Сірі, половинчасті та вибілені чавуни. Чавуни з пластинчастим, кулястим графітом. Ковкі чавуни.

Вплив вуглецю та постійних домішок (марганець, кремній, сірка, фосфор) на структуру та властивості сталі та чавуну. Червоноламкість і холодноламкість сталі. Вплив кисню, водню й азоту

**Заняття 16. Продовження.** Вплив вуглецю та постійних домішок (марганець, кремній, сірка, фосфор) на структуру та властивості сталі та чавуну. Червоноламкість і холодноламкість сталі. Вплив кисню, водню й азоту.

Углецеві сталі, їх класифікація та позначення марок. Углецеві сталі звичайної якості, якісні та високоякісні

## **Розділ 8. Кольорові метали та сплави на їх основі**

**Заняття 17.** Алюміній та його сплави. Класифікація алюмінієвих сплавів. Деформівні алюмінієві сплави. Природа старіння дюралюмінію, зміна структури та властивостей. Ливарні алюмінієві сплави. Термічна обробка сплавів на основі алюмінію. Висококремністисилуміни. Модифікування силумінів.

Магній та його сплави. Класифікація магнієвих сплавів. Структура, маркування, властивості та застосування.

Мідь та її сплави. Класифікація мідних сплавів та їх маркування. Латуні. Склад, будова, властивості та призначення. Бронзи: олов'яні, алюмінієві, кремністі, берилієві. Склад, будова, призначення.

**Заняття 18. Продовження.** Мідь та її сплави. Класифікація мідних сплавів та їх маркування. Латуні. Склад, будова, властивості та призначення. Бронзи: олов'яні, алюмінієві, кремністі, берилієві. Склад, будова, призначення. Антифрикційні сплави. Вимоги, що пред'являють до них. Антифрикційні бронзи та чавуни. Олов'яні, свинцові та кальцієві баббіти. Титан та сплави на його основі у літако- та ракетобудуванні. Взаємодія титана з легуючими елементами та домішками та їх вплив на структуроутворення. Фазові перетворення у титані та його сплавах. Класифікація титанових сплавів у відпаленому стані. Термічна обробка титанових сплавів. Деформівні  $\alpha$ -сплави, деформівні псевдо- $\alpha$ -сплави, деформівні ( $\alpha+\beta$ ) сплави, деформівні псевдо- $\beta$ - та  $\beta$ -сплави. Маркування титанових сплавів та їх застосування.

## **5.2. Лабораторні заняття**

Основні завдання циклу лабораторних занять.

Метою циклу лабораторних робіт є практичне закріплення головних тем освітнього компоненту, які вивчено теоретично. Його головним завданням є надання знань з вибору оптимальних матеріалів для елементів та систем з урахуванням їх структури, фізичних, механічних, хімічних та експлуатаційних властивостей, а також економічних факторів та умінь досліджувати структури та властивості матеріалів. В зв'язку з цим, всі лабораторні роботи пов'язано з цією діяльністю.

**Заняття 1.** Мікроскопічний аналіз металів та сплавів

**Заняття 2.** Макроскопічний аналіз металів та сплавів

**Заняття 3.** Макроскопічний аналіз металів та сплавів

**Заняття 4.** Пластична деформація та рекристалізація металів

**Заняття 5.** Термічний аналіз

**Заняття 6.** Термічний аналіз

**Заняття 7.** Подвійні діаграми стану

**Заняття 8.** Подвійні діаграми стану

**Заняття 9.** Зв'язок структури та властивостей сплавів із діаграмою стану

**Заняття 10.** Потрійні діаграми стану

**Заняття 11.** Діаграма стану системи залізо-вуглець. Колоквіум

**Заняття 12.** Сталі та білі чавуни

**Заняття 13.** Сірі, ковкі та високоміцні чавуни

**Заняття 14.** Структура зварного шва

**Заняття 15.** Сплавина алюмінієвій основі

**Заняття 16.** Сплави на основі міді

**Заняття 17.** Антифрикційні сплави

**Заняття 18.** Сплави на основі титану

## **6. Самостійна робота**

Самостійна робота студента (78 годин) складається з:

- підготовки до лекцій – 9 год.;
- підготовки до лабораторних робіт та їх захист – 17 год.;
- підготовки до тематичних контрольних робіт – 8 год.;
- виконання реферату – 14 год.;
- підготовка до екзамену – 30 год.

**Виконання реферату** студентами має своїм призначенням закріпити їх знання з кристалічної будови, її характеристика та основних властивостей найбільш розповсюджених і уживаних металів. Значна увага приділяється поліморфізму металів, позаяк саме на ньому



базується один з двох способів термічного зміцнення металів і сплавів на їх основі. У зв'язку з цим завдання для самостійної роботи мають два різних формулювання:

1. Опишіть кристалічну будову та властивості певного металу, а у випадку, якщо він є поліморфним, то опишіть кожну поліморфну модифікацію;

Студент повинен детально описати тип чи типи кристалічних ґраток, притаманних певному металу чи його поліморфним модифікаціям із зображенням елементарних комірок кристалічних ґраток. З довідників слід взяти точні значення параметрів решітки та використати їх при виконанні рисунків елементарних комірок.

2. Із тих же довідників слід взяти або самостійно розрахувати координаційне число ґратки як число найближчих сусідів будь-якого атома та вказати, на якій відстані вони розташовані.

Самостійно розрахувати щільність пакування — число атомів, що припадає на одну елементарну комірку.

Визначити розміри порожнин у ґратці — октаедричних і тетраедричних, у ангстремах або нанометрах; знайти положення їх центрів; проілюструвати відповідними рисунками.

Знайти площини і напрями найщільнішого пакування атомів, проілюструвати рисунками.

Для поліморфних металів слід вказати температури поліморфних перетворень, позначення поліморфних модифікацій, їх кристалічних ґраток з усіма наведеними вище характеристиками, об'ємний ефект кожного перетворення. З довідників або інших літературних джерел взяти значення основних властивостей певного металу, зокрема, місце в періодичній системі елементів, атомний номер, атомну масу, кларк, густину, температури плавлення та кипіння тощо.

Бажано дати також короткий історичний нарис відкриття металу та його використання раніше та наразі, скориставшись рекомендованою додатковою літературою або іншою.

Самостійна робота повинна бути виконана державною мовою у рукописному вигляді!!!

Орієнтовні теми рефератів наведені в Додатку А.

## **7. Політика викладання та засвоєння освітнього компоненту**

Викладання навчальної дисципліни базується на загально прийнятих нормах та за традиційними правилами, які створені для того щоб спонукати студентів бути зацікавленими в отриманні знань з дисциплін, що визначають їх професійні компетенцію та придатність. Серед цих правил важливим, але не визначальним, є правило відвідування усіх видів занять, як умови тісного контакту з викладачами для безпосереднього засвоєння їх знань, перейняття досвіду творчого життя, культури та принципів гідного поведіння, вигляду та відношенням до собі рівних та послідовників (або противників). Не завжди кількість відвідувань занять пропорційні якості засвоєння матеріалів дисципліни, більш визначальним є активність, цікавість, творчість під час виконання завдань, вирішенні тривіальних задач, що проявляється у пошуку та знаходженні оригінальних рішень системного виду та прикладного характеру. Тому у заслугу студенту ставиться активна праця над заданими даними та при пошуку нетрадиційних відповідей та рішень. Велика кількість пропозицій, вимога частих та глибоких пояснень під час засвоєння матеріалу лекцій, на практичних заняттях та при виконанні лабораторних робіт на відповідному обладнанні більш цінні та корисні, ніж вивчені заздалегідь тривіальні основи загально відомих знань, цитування абзаців підручників, конспектів лекцій, тобто оцінюються викладачем з більшою відзнакою.

Що стосується правил пристойної поведінки на заняттях, зокрема, підтримання зв'язку із зовнішнім середовищем, то не заборона використання відповідних гаджетів може привести до корисного результату, а зацікавлення студента такою якістю викладання матеріалу, що б йому не було цікаво відволікатися на інші справи. Такий підхід дозволяє широко залучати до творчого процесу навчання можливості бази даних Інтернету, засобів обчислювальної техніки та наочних матеріалів.

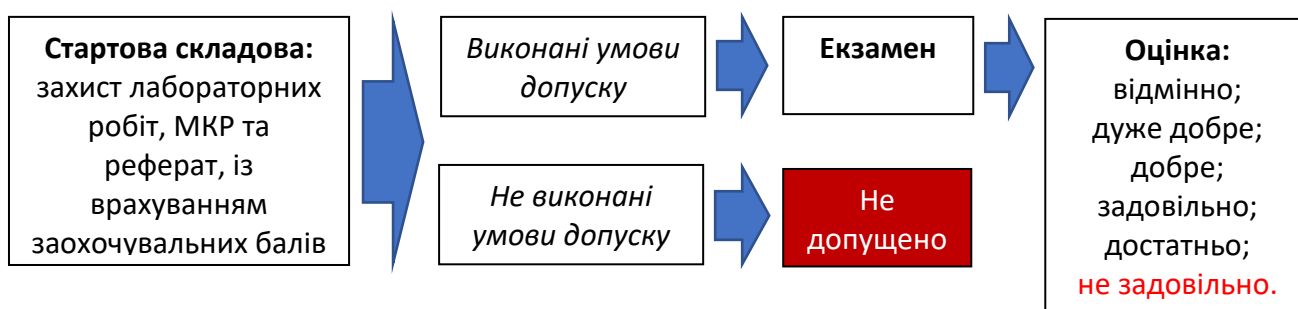
Деякі види навчання, такі як лабораторні роботи, мають суттєву відмінність від інших видів занять тим, що потребують прискіпливого приготування до них за межами навчального закладу. Тому крім присутності та активної поведінки студентів в лабораторіях, вимагається готовність відповідного рівня до роботи, наявність у студента вихідних даних, бланків відповідності та витратних матеріалів у визначеному вигляді. Порядок, умови захисту лабораторних робіт та відповідна його оцінка повинні враховувати особливості виду занять та відображена в рейтинговій системі оцінювання (PCO).

Інші правила та етапи засвоєння освітнього компоненту, включаючи проведення перевірки на плагіат, дотримання академічної доброчесності, а також досягнення позитивного результату при різних видах контролю повинні відповідати нормативним документам Університету та не суперечити законодавству України.

## 8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання

### Рейтингова система оцінювання (PCO) результатів навчання студентів

Оцінювання результатів навчання слухачів відбувається за схемою:



Види контрольних заходів:

1. Поточний контроль: захист лабораторних робіт, МКР (складається із двох тематичних контрольних робіт), реферат.
2. Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силябусу.
3. Семестровий контроль: екзамен.

Таблиця видів контролю та максимальної кількості балів за них.

Вид контролю	Кількість	Максимальна кількість балів	Максимальна кількість балів
Захист лабораторних робіт	18	2	36
Реферат	1	6	6
МКР	1	8	8
Екзамен	1	50	50
Всього			100

Всього проводиться 18 лабораторних робіт, кожна з яких оцінюється за критеріями:

<b>Критерії</b>	<b>Бали</b>
до оформлення роботи немає зауважень, дані правильні відповіді при захисті роботи	2
є не принципові зауваження до оформлення роботи та/або дані відповіді з помилками при захисті роботи	1
є принципові зауваження до оформлення роботи та/або не дані відповіді (дані неправильні) при захисті роботи	робота не здана

Програма передбачає написання 1 реферату. Орієнтовний перелік тем рефератів наведений в Додатку А. Реферат оцінюється за критеріями:

<b>Критерії</b>	<b>Бали</b>
до оформлення реферату немає зауважень, тема розкрита повністю	6
є не принципові зауваження до оформлення реферату та/або тема розкрита не повністю	4-5
є принципові зауваження до оформлення роботи та/або тема не розкрита (не відповідає поставленій)	не зданий

МКР складається з двох тематичних контрольних робіт. 1 тематична контрольна робота проводиться в другій половині 7 заняття (останнє заняття 3 розділу) і включає в себе питання 1, 2 та 3 розділу. 2 тематична контрольна робота проводиться в другій половині 13 заняття (останнє заняття 6 розділу) і включає в себе питання 4, 5, 6 та 7 розділів. Кожна робота складається з 2 питань. Перелік питань наведений у додатку Б. Кожне питання оцінюється максимум в 2 бали за наступними критеріями:

<b>Критерії</b>	<b>Бали</b>
відповідь правильна, питання розкрито	2
відповідь з несуттєвими помилками, та/або питання розкрито не повністю	1
у відповіді суттєві помилки (відповідь неправильна), та/або питання не розкрито	не зарахована

Таким чином за кожну тематичну контрольну роботу здобувач може отримати максимум 4 бали, а у цілому за МКР – 8.

Перший календарний контроль проводиться на 8 тижні і на момент його проходження здобувач може отримати максимум 8(лаб)х2+4(1 тематична контрольна робота)=20 бали. Здобувач вважається атестованим якщо набрав більше 10 балів.

Другий календарний контроль проводиться на 14 тижні і на момент його проходження здобувач може отримати максимум 14(лаб)х2+8(1 та 2 тематична контрольна робота)=36 бали. Здобувач вважається атестованим якщо набрав більше 18 балів.

Сумарно за роботу в семестрі здобувач може отримати 36(лаб)+6(реф.)+8(МКР)=50 балів. Умовою допуску до екзамену є захист всіх лабораторних робіт, зараховані обидві тематичні контрольні роботи і реферат, та сумарний семестровий рейтинг більше 30 балів (60% від максимуму). Семестровий рейтинг можна підвищити за рахунок заохочувальних балів (максимум на 5) шляхом виконання додаткових індивідуальних завдань (видає викладач). На екзамені слухачу необхідно дати розгорнуті відповіді на 2 питання та розв'язати практичне завдання (перелік питань Додаток В). Кожне питання оцінюється за наступними критеріями:

<b>Критерії</b>	<b>Бали</b>
<i>правильна відповідь, можливо з несуттєвими зауваженнями, повнота відповіді більша 90%</i>	<i>14-15</i>
<i>є непринципові зауваження, повнота відповіді більша 75%</i>	<i>11-13</i>
<i>є принципові зауваження, але можна вважати що суть питання розкрита, повнота відповіді не менша 60%</i>	<i>9-10</i>
<i>суть питання не розкрита (повнота відповіді менша 60%)</i>	<i>0</i>

*Практичне завдання оцінюється за критеріями:*

<b>Критерії</b>	<b>Бали</b>
<i>завдання виконано правильно, можливі несуттєві зауваження</i>	<i>18-20</i>
<i>хід виконання завдання правильний, але отримані результати не повністю вірні та/або є непринципові помилки (похибки обчислень)</i>	<i>15-17</i>
<i>хід виконання завдання в цілому правильний, але є принципові помилки які не дозволяють отримати правильний результат</i>	<i>12-14</i>
<i>хід виконання завдання не правильний</i>	<i>0</i>

*Максимально можлива оцінка за екзамен 2x15+20=50 балів. У випадку коли сумарна оцінка за екзамен менше 24 балів, екзамен вважається не складеним, при цьому бали не нараховуються. Для перескладання екзамену є дві додаткові спроби.*

*Отриманні слухачем рейтингові бали (максимум 60 балів за роботу в семестрі, та максимум 40 балів за екзамен) переводять в університетські оцінки за шкалою:*

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

## **9. Додаткова інформація з освітнього компоненту**

*У освітньому компоненті "Основи металознавства" виконання самостійних завдань (СРС) розподілено рівномірно протягом семестру. Перелік завдань до СРС видається студентам на початку семестру, чітко повідомляються вимоги до самостійної роботи, строки її виконання, правила оформлення, критерії рейтингового оцінювання. Дата здачі СРС повідомляється на початку семестру.*

*Всі питання, винесені для самостійного опанування, студенти мають оформлювати у вигляді стислого конспекту. Перевірка засвоєння цих питань відбувається на МКР та екзамені.*

*В МКР та екзамені передбачено виконання практичного завдання. Рекомендації для їх виконання наведені в Додатку Г.*

*Бали за рейтинговою системою проставляються у в системі "Електронний кампус" в розділі Поточний контроль, результати календарного контролю в розділі Календарний контроль. Екзаменаційна відомість створюється і заповнюється також в системі "Електронний кампус", доступ до неї існує упродовж дня екзамену (виправлення і перескладання наступного дня не допускаються).*

*Для дистанційної форми навчання протягом лекційних занять передбачається більш детальний опис теоретичного матеріалу, який студенти повинні засвоїти самостійно, і використання методик змішаного навчання. Зокрема для виконання лабораторних робіт записаний і викладений в мережу ряд відеороликів. Вся можлива наочна інформація та комплект необхідних навчально-методичних матеріалів, включно із завданнями для*



*самостійного виконання надається здобувачам в електронному вигляді, може надсилатися на адресу електронної пошти групи. Спілкування з викладачем через Telegram.*

*Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):*

*Склав: доцент, к. т. н., доцент Дудка Олександр Іванович*

*Ухвалено кафедрою Фізичного матеріалознавства та термічної обробки (протокол № 32 від 21 червня 2024 р.)*

*Погоджено:*

*Методичною комісією НН ІМЗ ім. Є.О. Патона (протокол № 12/24 від 28 червня 2024 р.)*

## ОРІЄНТОВНИЙ ПЕРЕЛІК ТЕМ РЕФЕРАТІВ

1. Опишіть кристалічну будову (тип і параметри решітки, координаційне число, щільність пакування, порожнини тощо) та властивості **алюмінію**.
2. Опишіть кристалічну будову (тип і параметри решітки, координаційне число, щільність пакування, порожнини тощо) та властивості **барію**.
3. Опишіть поліморфізм **гадолінію** (кристалічна структура модифікацій, температура перетворення, об'ємний ефект тощо).
4. Опишіть кристалічну будову (тип і параметри решітки, координаційне число, щільність пакування, порожнини тощо) та властивості **берилію**.
5. Опишіть кристалічну будову (тип і параметри решітки, координаційне число, щільність пакування, порожнини тощо) та властивості **ванадію**.
6. Опишіть поліморфізм **зафнію** (кристалічна структура перетворення, об'ємний ефект тощо)
7. Опишіть кристалічну будову (тип і параметри решітки, координаційне число, щільність пакування, порожнини тощо) та властивості **вольфрамуму**.
8. Опишіть кристалічну будову (тип і параметри решітки, координаційне число, щільність пакування, порожнини тощо) та властивості **золота**.
9. Опишіть поліморфізм **заліза** (кристалічна структура модифікацій, температура перетворення, об'ємний ефект тощо).
10. Опишіть кристалічну будову (тип і параметри решітки, координаційне число, щільність пакування, порожнини тощо) та властивості **індію**.
11. Опишіть кристалічну будову (тип і параметри решітки, координаційне число, щільність пакування, порожнини тощо) та властивості **іридію**.
12. Опишіть поліморфізм **ітрію** (кристалічна структура модифікацій, температура перетворення, об'ємний ефект тощо).
13. Опишіть кристалічну будову (тип і параметри решітки, координаційне число, щільність пакування, порожнини тощо) та властивості **кадмію**.
14. Опишіть кристалічну будову (тип і параметри решітки, координаційне число, щільність пакування, порожнини тощо) та властивості **калію**.
15. Опишіть поліморфізм **кобальту** (кристалічна структура модифікацій, температура перетворення, об'ємний ефект тощо).
16. Опишіть кристалічну будову (тип і параметри решітки, координаційне число, щільність пакування, порожнини тощо) та властивості **натрію**.
17. Опишіть кристалічну будову (тип і параметри решітки, координаційне число, щільність пакування, порожнини тощо) та властивості **магнію**.
18. Опишіть поліморфізм **лантану** (кристалічна структура модифікацій, температури перетворень, об'ємні ефекти тощо)
19. Опишіть кристалічну будову (тип і параметри решітки, координаційне число, щільність пакування, порожнини тощо) та властивості **міді**.
20. Опишіть кристалічну будову (тип і параметри решітки, координаційне число, щільність пакування, порожнини тощо) та властивості **молібдену**.
21. Опишіть поліморфізм **марганцю** (кристалічна структура модифікацій, температури перетворень, об'ємні ефекти тощо).
22. Опишіть кристалічну будову (тип і параметри решітки, координаційне число, щільність пакування, порожнини тощо) та властивості **нікелю**.
23. Опишіть кристалічну будову (тип і параметри решітки, координаційне число, щільність пакування, порожнини тощо) та властивості **ніобію**.
24. Опишіть поліморфізм **олова** (кристалічна структура модифікацій, температура перетворення, об'ємний ефект тощо).



## ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ ДО МОДУЛЬНОЇ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ

## 1 тематична контрольна робота

1. Охарактеризувати об'ємноцентровану кубічну ґратку.
2. Охарактеризувати гранецентровану кубічну ґратку.
3. Визначити поняття поліморфізму і розрахувати при якій температурі (постійній чи змінній) буде відбуватися поліморфне перетворення в чистому металі.
4. Визначити критерії того, що в одному випадку пластична деформація називається холодною, а в іншому – гарячою.
5. Охарактеризувати гексагональну компактну ґратку.
6. Охарактеризувати точкові дефекти кристалічної будови металів.
7. Охарактеризувати лінійні дефекти кристалічної будови металів.
8. Охарактеризувати поверхневі дефекти кристалічної будови і об'ємні дефекти в металах.
9. Охарактеризувати такий ефект, як наклеп металу.
10. Охарактеризувати будову рідкого металу.
11. Проаналізувати термодинаміку процесу кристалізації.
12. Охарактеризувати довільне утворення зародків при кристалізації.
13. Охарактеризувати недовільне утворення зародків при кристалізації.
14. Охарактеризувати модифікування, його мету і варіанти.
15. Обґрунтувати механізм дендритної кристалізації.
16. Проаналізувати будову металевого зливка.
17. Провести порівняння пружної і пластичної деформацій.
18. Визначити поняття двійникування при пластичній деформації.
19. Дати оцінку впливу холодної пластичної деформації на структуру, міцність та пластичність металу.
20. Обґрунтувати, чому процеси ковзання починаються у першу чергу у площинах, які розташовані під кутом у  $45^\circ$  до діючого навантаження.
21. Пояснити сутність процесу полігонізації.
22. Дати характеристику різновидам макроскопічної ліквідації.
23. Дати характеристику ізотропії та анізотропії у металах.
24. Визначити сутність процесу повернення і його вплив на структуру і властивості металу.
25. Пояснити виникнення усадочної раковини при кристалізації і вплив її на якість зливка.
26. Обґрунтувати відмінність в структурі різних зон металевого зливка.
27. Охарактеризувати пластичну деформацію полікристалічних металів.
28. Проаналізувати дислокаційний механізм пластичної деформації ковзанням (зсувом).
29. Визначити сутність процесу первинної рекристалізації і її вплив на структуру і властивості металів.
30. Обґрунтувати необхідність проведення рекристалізації для відновлення пластичності і зниження міцності попередньо пластично деформованого металу.
31. Визначити поняття «температурний поріг рекристалізації» і фактори, які впливають на нього.
32. Визначити фактори, які впливають на розмір зерен і, відповідно, на властивості металу після рекристалізації.
33. Визначити сутність і умови протікання збиральної рекристалізації.
34. Дати оцінку впливу гарячої пластичної деформації на структуру і властивості металу в порівнянні зі структурою і властивостями металу до такої обробки.
35. Що таке ступінь переохолодження та вплив її на процес кристалізації?



36. Пояснити причину збільшення щільності дислокацій у металі під час деформування. Джерело Франка-Ріда.
37. Привести розрахунок критичного розміру зародка.
38. Чим відрізняється реальна та ідеальна будови металевих кристалів?
39. Типи дефектів кристалічної будови металів.
40. Що таке пружна та пластична деформація?
41. Які механізми діють за умов пластичного деформування металів?
42. Чим відрізняється ковзання у металах від двійникування?
43. Який стан речовини характеризується малими силами міжмолекулярної взаємодії?
44. Чи можуть бути кристалічними речовини з іонним і металічним типами зв'язку?
45. Які речовини при нагріванні поступово розм'якшуються, розтікаються і стають рідкими?
46. На які групи поділяються технічні матеріали за призначенням?
47. Охарактеризуйте металічний зв'язок.
48. Якими властивостями характеризується газоподібний стан?
49. Що собою являють аморфні речовини?
50. Які властивості мають речовини з атомною кристалічною решіткою?
51. Загальна характеристика металів.
52. Що таке кристалічне та аморфне тіло. Типи кристалічних решіток у металах.
53. Які параметри характеризують кристалічну решітку.
54. Що таке поліморфізм металів. Приклади поліморфізму.
55. Анізотропія та ізотропія металів.
56. Вплив дефектів кристалічної будови на фізико-механічні властивості металів

## **2 тематична контрольна робота**

1. Визначити відмінність між твердими розчинами проникнення та фазами проникнення.
2. Побудувати вертикальний, політермічний розріз діаграми стану потрійної системи з необмеженою розчинністю компонентів в рідкому і твердому станах.
3. Проаналізувати процес формування структури сталі У12 у відповідності з діаграмою залізо-цементит
4. Визначити основні закономірності будови діаграм стану потрійних систем.
5. Охарактеризувати фази інтерметалідного типу (фази Лавеса, сигма-фази та фази нікель-арсенідного типу).
6. Проаналізувати діаграму подвійної системи з поліморфним перетворенням.
7. Охарактеризувати фази та структурні складові залізовуглецевих сплавів.
8. Проаналізувати метатектичне перетворення в подвійних системах.
9. Охарактеризувати фази та структурні складові залізовуглецевих сплавів.
10. Побудувати політермічний розріз діаграми стану потрійної системи з відсутністю розчинності компонентів в твердому стані і з потрійною евтектикою.
11. Визначити поняття «тверді розчини проникнення».
12. Проаналізувати діаграму стану потрійної системи з необмеженою розчинністю компонентів в рідкому і твердому станах.
13. Охарактеризувати електронні фази (фази Юм-Розері).
14. Визначити основні закономірності будови діаграм стану потрійних систем.
15. Визначити, в яких випадках компоненти сплаву можуть утворювати між собою необмежені тверді розчини заміщення.
16. Визначити особливості структури типових сплавів потрійної діаграми стану з відсутністю розчинності компонентів в твердому стані і з потрійною евтектикою.

17. Навести приклад використання правила фаз Гіббса для побудови кривої охолодження чистого металу.
18. Провести порівняння і визначити відмінність між евтектичним та евтектоїдним перетвореннями
19. Обґрунтувати класифікацію вуглецевих сталей по якості
20. Обґрунтувати більшу міцність високоміцних чавунів у порівнянні із сірими чавунами.
21. Визначити умови утворення, структуру, властивості, маркування та використання високоміцних чавунів.
22. Визначити умови утворення, структуру, властивості, маркування та використання ковких чавунів.
23. Навести приклад використання правила фаз Гіббса для побудови кривої охолодження сплаву.
24. Провести порівняння двох основних видів твердих фаз: твердих розчинів і проміжних фаз.
25. Проаналізувати процес формування структури заевтектичного чавуну у відповідності з діаграмою залізо-цементит.
26. Визначити поняття «хімічні сполуки» в металевих сплавах.
27. Проаналізувати процес формування структури доевтектичного чавуну у відповідності з діаграмою залізо-цементит.
28. Проаналізувати діаграми стану подвійних систем з нестійкими проміжними фазами.
29. Обґрунтувати правило центру маси конодного трикутника в потрійних системах.
30. Проаналізувати діаграму стану подвійної системи з монотектичним перетворенням.
31. Визначити умови утворення, структуру, властивості, маркування та використання сірих чавунів.
32. Визначити механізми перитектичного перетворення.
33. Проаналізувати способи визначення хімічного складу трикомпонентного сплаву з використанням концентраційного трикутника.
34. Охарактеризувати трифазні перетворення в системі залізо-цементит.
35. Визначити відмінність між стійкими фазами з конгруентним плавленням і нестійкими фазами з інконгруентним плавленням
36. Проаналізувати діаграму стану подвійної системи з відсутністю розчинності компонентів в твердому стані і з евтектичним перетворенням.
37. Проаналізувати умови утворення, структуру та властивості білих чавунів.
38. Проаналізувати діаграму стану подвійної системи із синтектичним перетворенням.
39. Дати оцінку впливу збільшення вмісту вуглецю на властивості сталей.
40. Дати оцінку можливості утворення необмежених твердих розчинів заміщення та необмежених твердих розчинів проникнення.
41. Побудувати ізотермічний розріз діаграми стану потрійної системи з відсутністю розчинності компонентів в твердому стані і з потрійною евтектикою.
42. Охарактеризувати упорядковані тверді розчини.
43. Побудувати горизонтальний, ізотермічний розріз діаграми стану потрійної системи з необмеженою розчинністю компонентів в рідкому і твердому станах.
44. Визначити поняття «тверді розчини заміщення».
45. Проаналізувати процес формування структури сталі 60 у відповідності з діаграмою залізо-цементит.
46. Проаналізувати діаграму стану подвійної системи з необмеженою розчинністю компонентів в рідкому і твердому станах.
47. Навести приклад використання правила важеля для аналізу двофазного сплаву в потрійних системах.
48. Проаналізувати діаграму стану подвійної системи з обмеженою розчинністю компонентів в рідкому стані.

49. Охарактеризувати сталі звичайної якості і визначити області їх використання.
50. Проаналізувати діаграму стану подвійної системи з перитектичним перетворенням.
51. Проаналізувати діаграми стану подвійних систем зі стійкими проміжними фазами.
52. Дати оцінку впливу фосфору на холодноламкість сталі.
53. Проаналізувати діаграму стану подвійної системи з обмеженою розчинністю компонентів в твердому стані із евтектичним перетворенням.
54. Визначити вплив сірки на червоноламкість сталі.
55. Визначити умови утворення необмежених твердих розчинів заміщення.
56. Обґрунтувати вибір марок сталей для виготовлення такого різального інструменту, як різці, свердла, фрези.

## ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ, ЩО ВІНОСЯТЬСЯ НА ЕКЗАМЕН

1. Атомно-кристалічна будова металів.
2. Якісні конструкційні сталі. Їх марки та структура.
3. Основні види твердих розчинів.
4. Титан та сплави на його основі.
5. Дефекти кристалічної будови металів.
6. Загальні особливості побудови потрійних діаграм стану.
7. Кристалізація металів і її основні закономірності.
8. Сталі. Їх марки, структура та застосування.
9. Пластична деформація металів. Механізм зміцнення металів під час деформації.
10. Високовуглецеві сталі. Їх марки, структура та застосування.
11. Вплив температури на структуру та властивості наклепаного металу.
12. Білі та половинчасті чавуни. Їх марки, структура та застосування.
13. Практичне завдання: Розшифрувати марку сплаву У12, вказати області її застосування.
14. Рекристалізаційний відпал (первинна та збиральна).
15. Класифікація титанових сплавів у відпаленому стані.
16. Перетворення аустеніту на перліт (перлітне перетворення).
17. Магній та його сплави.
18. Надати характеристики існуючих головних типів фаз у подвійних діаграм стану.
19. Мідь та її сплави. Класифікація мідних сплавів та їх маркування.
20. Характеристика хімічних сполук та твердих розчинів.
21. Латуні. Склад, будова, властивості та призначення.
22. Практичне завдання.
23. Класифікація дефектів кристалічної будови.
24. Бронзи. Склад, будова, призначення.
25. Латуні. Склад, будова, призначення.
26. Види деформації. Механізм пластичної деформації. Ковзання та двійникування.
27. Вплив постійних домішок на властивості сталей.
28. Холодна, тепла та гаряча пластичні деформації
29. Сингулярна тріангуляція. Показати її дію.
30. Вплив температури на будову та властивості пластично-деформованого металу.
31. Критичні точки сталей.
32. Діаграма стану для випадку повної взаємної розчинності компонентів у рідкому та твердому стані.
33. Потрійні діаграми стану. Правила відрізків та центра маси конодного трикутника.
34. Алюміній та його сплави. Класифікація алюмінієвих сплавів.
35. Вплив деформації на структуру та властивості металів.
36. Поділ сталі за якістю: склад, маркування.
37. Пластична деформація металів. Причини зміцнення під час деформації.
38. Правило фаз Гіббса, Мазінга та відрізків і їх застосування для аналізу подвійних діаграм стану.
39. Тверді розчини в системі залізо – цементит. Вказати області існування, назви та їх характеристики.
40. Конструкційні сталі. Навести приклади таких марок сталей.
41. Сірий чавун: склад, маркування, властивості та застосування.
42. Антифрикційні сплави: склад, структура, властивості, маркування та застосування.
43. Високоміцні чавуни: склад, маркування, властивості, застосування.



44. Корозійностійкі сталі аустенітного класу: склад, термічна обробка.
45. Ковкий чавун: склад, маркування, особливості графітизації.
46. Сплави на основі магнія. Різновиди, властивості та приклади маркування.
47. Поліморфне та магнітне перетворення у металах. Навести приклади.
48. Двійникування металу. Особливості процесу його проходження.
49. Вплив постійних домішок (сірки, фосфору, кремнію, марганцю, кисню, азоту, водню) на властивості сталі.
50. Стійка та нестійка хімічна сполука. Навести приклади по ДС.
51. Рекристалізаційний відпал (первинна та вторинна рекристалізації).
52. Титанові сплави. Термічна обробка титанових сплавів.
53. Методика побудови політермічного розрізу.
54. Силуміни: склад, модифікування, маркування та застосування.
55. Стабільна діаграма стану залізо – вуглець. Графічне зображення та характеристика існуючих фаз.
56. Алюміній і деформівні сплави на його основі; склад, термічна обробка, маркування.
57. Фазові перетворення у метастабільній рівновазі залізо-цементит. Дати характеристику всім структурним та фазовим складовим.
58. Класифікація титанових сплавів по структурі.
59. Графітизуючий відпал для отримання ковкого чавуну. Вимоги до хімічного складу та геометричних параметрів заготовок.
60. Доевтектоїдні сталі. Склад, структура та застосування.
61. Нонваріантні перетворення у метастабільній рівновазі залізо-цементит. Дати характеристику всім структурним та фазовим складовим.
62. Різновиди антифрикційних сплавів. Вимоги, що пред'являють до них.
63. Наклеп. Вплив ступеня попередньої деформації та нагріву на будову та властивості деформованого металу.
64. Мідні сплави, різновиди, маркування та застосування.

**Рекомендації для виконання практичної частини завдання**  
**Послідовність дій, при аналізі подвійних діаграм стану.**

Реальні діаграми стану подвійних систем, як правило, більш складні і є комбінаціями декількох розглянутих діаграм. Їх аналіз рекомендується проводити у такій послідовності:

1. Визначити наявність (чи відсутність) поліморфних перетворень у компонентах системи, свідченням чого є точки на температурних осях діаграми, які не є точками плавлення чистих компонентів або кінцями нонваріантних горизонталей. Знайти лінії трансусу, які виходять з цих точок.

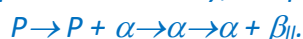
2. Встановити кількість та природу фаз, що утворюються у даній системі: рідкий розчин, хімічні сполуки та проміжні фази, тверді розчини на основі компонентів системи та хімічних сполук. Останні рекомендується позначити початковими літерами грецької абетки.

3. Знайти однофазні області діаграми, керуючись правилом Мазінга, згідно з яким безпосередньо межувати з кривими лініями діаграми можуть лише області, число фаз у яких відрізняється на одиницю. При цьому слід пам'ятати, що горизонтальні прямі зображують трифазні нонваріантні рівноваги, тому вони розмежовують двофазні області. Однофазні області діаграми корисно виділити легенькою пунктирною лінією, що полегшить зробити подальший аналіз.

4. З'ясувати, які нонваріантні перетворення (евтектичне, перитектичне, синтектичне, монотектичне, перитектоїдне чи евтектоїдне) відповідають кожній горизонтальній прямій діаграми; записати їх схеми, обов'язково зазначивши концентрації фаз, що беруть участь у перетворенні.

5. Знайти лінії сольвусу, наявність яких визначає можливість вторинної та третинної кристалізації.

6. Послідовно, згори донизу для кожної області діаграми визначити фазовий та структурний склад сплавів. При цьому слід пам'ятати, що перехід через будь-яку лінію діаграми змінює один з елементів попереднього запису, наприклад:



У сумнівних випадках треба детально проаналізувати процеси кристалізації типових сплавів відповідної області діаграми.

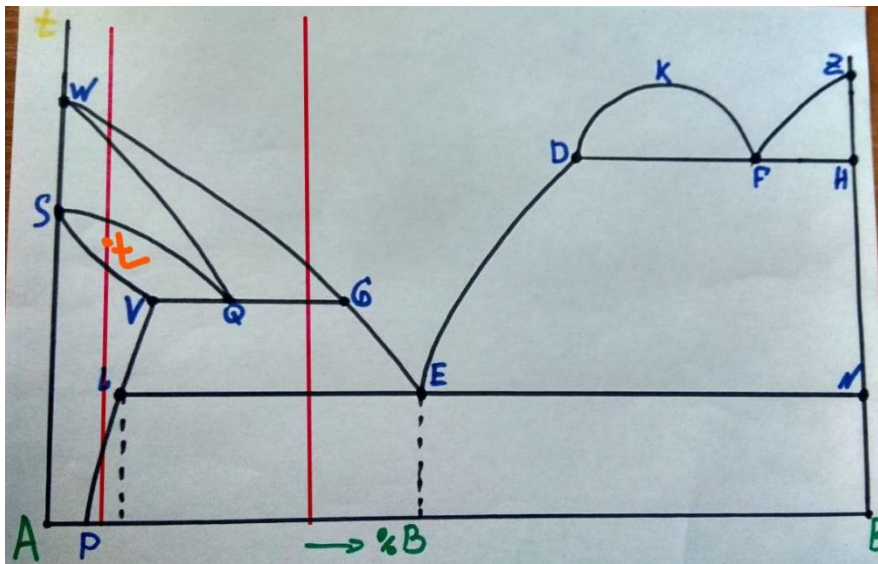
**Приклад завдання до практичної частини «Діаграми стану подвійних систем»:**

**Завдання 1**

1. Користуючись наведеною вище схемою, проаналізувати діаграму стану подвійної системи.

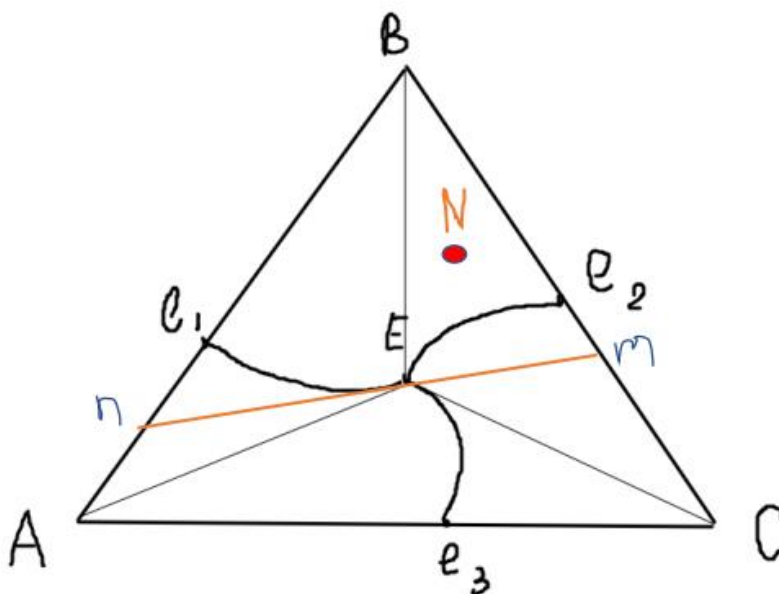
2. Для заданих сплавів описати процес кристалізації, побудувати криві охолодження, користуючись правилом фаз Гіббса, та зобразити їх остаточні структури.

3. Користуючись правилом відрізків визначити фазовий склад наведеного сплаву за температури  $t$ , відносну кількість кожної з фаз та концентрацію в цих фазах компонентів, тобто хімічний склад.



**Приклад завдання до практичної частини «Діаграми стану потрійних систем»:  
Завдання 1**

- Проаналізувати кристалізацію та структуроутворення сплаву N:
  - Побудувати термічну криву охолодження;
  - На кожному етапі структуроутворення на термічній кривій охолодження вказати відповідні структурні складові;
  - Розрахувати кількість кожної структурної складової сплаву, провівши необхідні розрахунки;
  - Схематично зобразити кінцеву структуру сплаву з урахуванням їх кількісного співвідношення.
- Побудувати **ізотермічний** розріз при температурі  $T_1$ . Температури основних фігуративних точок розташовуються у наступному порядку:  
 $T_A > T_B > T_1 > T_C > T_{e1} > T_{e2} > T_{e3} > T_E$
- Побудувати **політермічний** розріз *nm*.



Акти  
Чтобь  
разде.