



# Методи дослідження фізичних властивостей матеріалів

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</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>2 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>2,5 кредитів / 75 год. : лекції - 18 годин, лабораторні роботи - 18 годин, СРС - 39 годин</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>залік/модульна контрольна робота</i>
Розклад занять	<i><a href="http://rozklad.kpi.ua/">http://rozklad.kpi.ua/</a></i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н., доцент Соловйова Тетяна Олександрівна, e-mail: <a href="mailto:taso-iff@ill.kpi.ua">taso-iff@ill.kpi.ua</a> Лабораторні: к.т.н., доцент Соловйова Тетяна Олександрівна, e-mail: <a href="mailto:taso-iff@ill.kpi.ua">taso-iff@ill.kpi.ua</a> асистент Втерковський Михайло Ярославович, e-mail: <a href="mailto:m.vterkovskiy@gmail.com">m.vterkovskiy@gmail.com</a></i>
Розміщення курсу	<i><a href="https://classroom.google.com/c/Mzg4ODM4MDI4MDU1?cjc=ga4dr65">https://classroom.google.com/c/Mzg4ODM4MDI4MDU1?cjc=ga4dr65</a></i>

### Програма навчальної дисципліни

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

Дисципліну «Методи дослідження фізичних властивостей матеріалів» розроблено таким чином, щоб надати студентам необхідні знання для набуття компетентності з питань методології наукового дослідження, зокрема методів вимірювання теплових та електрофізичних властивостей матеріалів; а також обробки та інтерпретації експериментальних даних. Дисципліна охоплює, як теоретичні основи, так і результати практичних досліджень щодо розуміння взаємозв'язку між хімічним складом, структурою та фізичними властивостями матеріалів.

**Метою навчальної дисципліни є розвиток загальних та фахових (спеціальних) компетентностей, які полягають у:**

- Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

- Здатність застосовувати сучасні методи математичного та фізичного моделювання, дослідження структури, фізичних, механічних, функціональних та технологічних властивостей матеріалів для вирішення матеріалознавчих проблем.
- Здатності застосовувати навички роботи із випробувальним устаткуванням для вирішення матеріалознавчих завдань.

*Предметом навчальної дисципліни “Методи дослідження фізичних властивостей матеріалів” є методи визначення коефіцієнтів термічного розширення, теплопровідності, електроопору та магнітних властивостей матеріалів.*

#### **Після засвоєння навчальної дисципліни студент повинен:**

- Уміти експериментувати та аналізувати дані
- Використовувати у професійній діяльності експериментальні методи дослідження структурних, фізико-механічних, електрофізичних, магнітних, оптичних і технологічних властивостей матеріалів.
- Обирати і застосовувати придатні типові методи досліджень (аналітичні, розрахункові, моделювання, експериментальні); правильно інтерпретувати результати таких досліджень та робити висновки.
- Використовувати базові методи аналізу речовин, матеріалів та відповідних процесів з коректною інтерпретацією результатів.
- Знання методів визначення фізичних та технологічних властивостей порошкових матеріалів.

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

Вивчення даної дисципліни базується на знаннях та вміннях, одержаних при засвоєнні таких дисциплін як: “Фізика”, “Фізична хімія”, “Основи електротехніки та електроніки”, “Хімія”, “Вища математика”.

Знання, що студент отримує під час вивчення дисципліни «Методи дослідження фізичних властивостей матеріалів» необхідні для поглибленого вивчення таких дисциплін циклу професійно-орієнтованих: “Структурний аналіз матеріалів”, “Матеріалознавство тугоплавких матеріалів”, “Фізико-хімічні основи отримання металів, сплавів та сполук у дисперсному стані”.

#### **3. Зміст навчальної дисципліни**

##### ***Розділ 1. Основні положення. Методи дослідження структури матеріалів.***

Вступ. Основні поняття. Організація очного/дистанційного навчання

Тема 1.1 Мікроскопічні методи дослідження матеріалів.

Тема 1.2 Основи вакуумної техніки. Установки для отримання і вимірювання вакууму.

Тема 1.3 Методи визначення фізичних властивостей порошків матеріалів.

##### ***Розділ 2. Методи дослідження теплових властивостей матеріалів.***

Тема 2.1 Методи вимірювання температури.

Тема 2.2 Термічні методи аналізу.

Тема 2.3 Методи вимірювання теплопровідності.

##### ***Розділ 3. Методи дослідження електрофізичних властивостей матеріалів***

Тема 3.1. Електрофізичні властивості матеріалів та методи їх вимірювання.

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

Базова література:

1. Говорун Т. П. Фізичні властивості і методи дослідження матеріалів : навч. посіб. / Т. П. Говорун, А. Ф. Будник, В. Б. Юскаєв. – Суми : Сумський державний університет, 2014. – 255 с.
2. Захарчук Д. А. Фізика. Лабораторний практикум: навчальний посібник для студентів інженерно-технічних спеціальностей денної та заочної форм навчання / Д. А. Захарчук, Л. В. Ящинський – Луцьк: Луцький НТУ, 2018. – 240 с.
3. Методи вимірювання теплопровідності масивних твердих тіл і тонких плівок : огляд / М. О. Галушак, В.Г. Ральченко, А.І. Ткачук, Д.М. Фреїк // Фізика і хімія твердого тіла. – 2013. – Т. 14, №2. – С. 317-344.
4. Волочанська Б.П. Методи вимірювання теплоємності кристалів : огляд / Б. П. Волочанська // Фізика і хімія твердого тіла. – 2014. – Т. 15, № 3. – С. 596-614.

Додаткова література:

5. Фізичні властивості та методи дослідження матеріалів: методичні вказівки для виконання лабораторних робіт з курсу для студентів усіх форм навчання матеріалознав. і металург. спец. / Уклад.: А.В. Бєсов, Т.Я. Грідасова. – Київ : ІВЦ “Видавництво “Політехніка”, 2004. – 48 с.
6. Методичні вказівки до спецкурсів «Теплопередача», «Газодинаміка горіння» та спецпрактикуму «Високотемпературні процеси в дисперсних системах». Оптичні методи вимірювання температур / В.В. Калінчак, С.Г. Орловська, Ф.Ф. Карімова – Одеса : Одеський національний університет імені І.І. Мечникова, 2012. – 27 с.

Примірники основної навчальної літератури доступні студентам з фондів НТБ та у гугл класі.

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

### **5.1. Лекції**

**Заняття 1.** Вступне заняття. Фізичні властивості матеріалів та їх особливості в дисперсному і консолідованому станах. Зв'язок фізичних властивостей матеріалів з особливостями атомно-кристалічної будови. Визначення природи фізичних властивостей на основі комплексного аналізу рентгенофазових та мікроскопічних досліджень. Методи визначення хімічного складу матеріалів. Метод мікрорентгеноспектрального аналізу. Фізичні принципи створення зображень в світлових та електронних мікроскопах. *Література: [1]-[4].*

**Заняття 2.** Умови дослідження фізичних властивостей в оточуючому середовищі (активні, нейтральні гази, вакуум, тощо). Теоретичні засади та сучасні методи отримання вакууму (механічні форвакуумні масляні і безмасляні насоси, дифузійна відкачка, високовакуумні титанові магніторозрядні та турбомолекулярні насоси). Методи вимірювання тиску в вакуумі. *Література: [2].*

**Заняття 3-4.** Температура матеріалів і особливості її вимірювання в різних середовищах та станах. Міжнародна практична шкала температур. Закони випромінювання. Безконтактні методи вимірювання температури. Еквівалентні температури (енергетична, яскравісна та колірна температури). Яскравісний, радіаційний і колірний пірометри. Залежність між істинною (термодинамічною) та яскравісною температурами. Спектральна випромінювальна здатність матеріалів. Термоелектричні явища. Термопари, їх головні характеристики. Застосування методу термо-е.р.с. для визначення структурних перетворень в матеріалознавстві. *Література: [2], [5]-[6].*

**Заняття 5.** Методи термічного аналізу. Простий та диференціальний термічний аналіз. Термогравіметрія. Калориметричний аналіз (диференціальна скануюча калориметрія, метод прямої та зворотної калориметрії, метод Сайкса, метод Сміта). *Література: [1].*

**Тематична контрольна робота 1.**

**Заняття 6.** Теплове розширення твердих тіл внаслідок ангармонізму коливань кристалічної ґратки. Дилатометричний аналіз матеріалів. Конструкція та принципи роботи дилатометрів. Методика розрахунку коефіцієнту термічного розширення матеріалів. Визначення середнього коефіцієнта термічного розширення в інтервалі температур. Оцінка дилатометричного ефекту фазового перетворення. *Література: [1].*

**Заняття 7.** Теплопровідність і температуропровідність. Кінетичні коефіцієнти і анізотропія теплопровідності. Вплив гетероструктури на теплопровідність. Вплив типу обробки та хімічного складу на теплопровідність. Методи вимірювання теплопровідності. Вимірювання теплопровідності для дослідження структурно-фазових перетворень. *Література: [1], [3].*

**Заняття 8-9.** Електропровідність гетерогенних сплавів. Вплив на електропровідність дефектної структури матеріалів. Питомий електричний опір твердих розчинів та сплавів. вимірювання електричного опору литих та спечених порошкових і композиційних матеріалів. Застосування резистометричного аналізу в матеріалознавстві. Методи вимірювання електричного опору: чотирьохзондовий метод, двохзондовий метод, вольтметра-амперметра, моста, трансформатору та компенсаційний. *Література: [1].*

**Тематична контрольна робота 2.**

## 5.2. Лабораторні заняття

Основні завдання циклу лабораторних занять обсягом 18 годин: *підтвердження теоретичних знань, оволодіння практичними навичками дослідження фізичних властивостей матеріалів.*

*Заняття 1. Вступ. Правила техніки безпеки. Правила оформлення протоколів та розрахунків похибок експериментів.) Лабораторна робота №1. Вимірювання фізичних властивостей порошків (2 години).*

*Заняття 2-3. Лабораторна робота №2. Насоси для створення низького, середнього і високого вакууму (4 години).*

*Заняття 4. Лабораторна робота №3. Вимірювання температури термopарами (2 години).*

*Заняття 5-6. Лабораторна робота №4. Вимірювання лінійного коефіцієнта термічного розширення матеріалів (4 години).*

*Заняття 7. Лабораторна робота №5. Вимірювання електроопору матеріалів (2 години).*

*Заняття 8-9. Лабораторна робота №6. Вимірювання теплопровідності матеріалів (4 години).*

## 6. Самостійна робота студента

Самостійна робота здобувачів (39 годин) з дисципліни полягає в:

- опрацюванні базової та рекомендованої літератури для засвоєння тем дисципліни (15годин);
- підготовці до виконання лабораторних робіт (1 година на 2 години лабораторних занять, всього 9 годин);
- підготовці до тематичних контрольних робіт ( всього 4 години);
- підготовці до семестрового контролю – заліку (11 годин).

## Політика та контроль

### 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які ставляться перед студентом

- Відвідування усіх видів занять є бажаним.

- Завдання пропущеного лабораторного заняття здобувач повинен виконати в час, узгоджений з викладачем.
- Під час усіх видів аудиторних занять забороняється використання мобільних телефонів у звуковому режимі, дозволяється обмежене використання для виконання завдань або пошуку додаткової інформації.
- Протоколи лабораторних робіт оформляються у вигляді звітів, написаних від руки. Звіт має наступні структурні елементи: назва, номер, мета, теоретичні відомості, завдання, експериментальна частина (супроводжується формулами, графіками – елементами, які підтверджують виконання завдань), обговорення результатів, висновки. За дистанційної форми навчання звіт може виконуватися як «від руки», так і в будь-якому текстовому редакторі і на перевірку надається в електронному вигляді. Безпосередній захист звіту відбувається у формі співбесіди, запитань-відповідей.
- Заохочувальні бали передбачені за участь у факультетських, інститутських олімпіадах з фізики, участь у конкурсах робіт, підготовка оглядів наукових праць тощо. Сумарна кількість заохочувальних балів за семестр може бути від 1 до 5.
- Політикою дедлайнів передбачається необхідність виконання всіх лабораторних робіт та ТРР до закінчення теоретичного навчання в семестрі.
- Усі учасники освітнього процесу: викладачі і здобувачі в процесі вивчення дисципліни мають керуватись принципами академічної доброчесності, передбаченими «Кодексом честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»» <https://kpi.ua/code>.

### **8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO-1)**

Рейтингова оцінка здобувача складається з балів, отриманих здобувачем за результатами заходів поточного контролю та заохочувальних балів.

Оцінювання навчальної діяльності здобувача проводиться за PCO-1. Рейтингова оцінка здобувача складається з балів, отриманих здобувачем за результатами заходів поточного контролю та заохочувальних балів.

Впродовж семестру здобувач отримує бали за:

- виконання та захист лабораторних робіт ( максимум 8 балів за 1 роботу, всього 48 балів);
- дві тематичні контрольні роботи ( максимум 6 балів за 1 роботу, всього 12 балів).

Максимальна кількість балів, яку здобувач може отримати за семестр становить 60. Здобувачі, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку 60 і більше балів, отримують відповідну до набраного рейтингу оцінку без додаткових випробувань.

Зі здобувачами, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку менше 60 балів, а також з тими здобувачами, хто бажає підвищити свою рейтингову оцінку, на останньому за розкладом занятті з дисципліни в семестрі викладач проводить семестровий контроль у вигляді залікової контрольної роботи або співбесіди.

Після виконання залікової контрольної роботи, якщо оцінка за залікову контрольну роботу більша ніж за рейтингом, здобувач отримує оцінку за результатами залікової контрольної роботи.

Якщо оцінка за залікову контрольну роботу менша ніж за рейтингом, попередній рейтинг здобувача скасовується і він отримує оцінку з урахуванням результатів залікової контрольної роботи.

Залік проводиться у вигляді письмової роботи тривалістю 1 година; завдання включає в себе 2 теоретичні питання з Додатку Б (відповідь на 1 запитання оцінюється максимум в 20 балів).

**Критерії залікового оцінювання для двох питань (де R- максимальна кількість балів за 1 питання)**

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) - (0,95-1)R;

- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності) - (0,75-0,94)R;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) - (0,6-0,74)R;
- «незадовільно» – 0.

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

**Календарний контроль:** проводиться двічі на семестр на 8 і 14 тижні, як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу. Для позитивного першого календарного контролю студент повинен отримати  $\geq 8$  балів, що становить 50% і більше від максимальної кількості балів (16 балів) за захисти лабораторних робіт №1-2.

Для позитивного другого календарного контролю студент повинен отримати  $\geq 23$  балів, що становить 50% і більше від максимальної кількості балів (46 балів) за захисти лабораторних робіт №1 -5 (40 балів), тематичну контрольну роботу №1 (6 балів).

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

- У випадку проходження дистанційних чи онлайн курсів за тематикою курсу, що підтверджується відповідними сертифікатами, додатково нараховуються 5 балів.
- Лабораторні роботи плануються з максимальним використанням обладнання лабораторій кафедри ВТМ та ПМ, яке застосовується при одержанні та дослідженні широкого спектру матеріалів.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцентом кафедри ВТМ та ПМ, к.т.н. Соловйовою Т.О.

Ухвалено кафедрою ВТМ та ПМ (протокол № 16 від 21 червня 2023 р.)

Погоджено Методичною комісією

Навчально-наукового Інституту матеріалознавства та зварювання ім. Є.О Патона (протокол № 12/23 від 28 червня 2023 р.)

## Перелік питань,

### які виносяться на тематичні контрольні роботи з дисципліни “ Методи дослідження фізичних властивостей матеріалів”

#### Тематична контрольна робота 1:

1. Характеристика методів дослідження поверхні матеріалів.
2. Характеристика методів дослідження хімічного складу матеріалів.
3. Характеристика методів комп'ютерного моделювання фізичних властивостей.
4. Характеристика неруйнівних методів дослідження якості матеріалів.
5. Фізичні властивості порошоків та методи їх визначення.
6. Фізичні властивості порошкових матеріалів.
7. Фізичні властивості композиційних матеріалів.
8. Як залежать фізичні властивості матеріалів від хімічного зв'язку?
9. Як залежать фізичні властивості кристалів від розміру та орієнтації зерен в полікристалі?
10. Описати методику вимірювання мікротвердості.
11. Роздільна здатність мікроскопів. Методи збільшення роздільної здатності.
12. Типи вакуумних насосів.
13. Типи манометрів.
14. Головні характеристики відкачки вакуумної системи.
15. Механічні насоси. Принцип роботи.
16. Дифузійні насоси. Принцип роботи.
17. Основні газові закони. Головне рівняння вакуумної техніки.
18. Термічні властивості матеріалів та методи їх дослідження.
19. Термометри опору та розширення.
20. Термопар. Ефект Зеєбека.
21. Типові методи вимірювання температури в матеріалознавстві (термопар, пірометри, термометри опору – в яких випадках використовуються).
22. Пірометр яскравісний (пояснити фізику процесу вимірювання, випромінювання абсолютно чорного тіла).
23. Пірометр радіаційний (пояснити фізику процесу вимірювання, випромінювання абсолютно чорного тіла).
24. Пірометр колірний (пояснити фізику процесу вимірювання, випромінювання абсолютно чорного тіла).
25. Температура Дебая. Закон Дебая.
26. Закон Дюлонга та Пті.
27. Визначення теплоємності в моделі Дебая.
28. Застосування калориметрії в матеріалознавстві.
29. Теплоємність реальних металів.
30. Теплоємність сплавів і сполук.
31. Ентальпія та теплоємність – термодинамічні характеристики. Фазові переходи 1-го та 2-го роду
32. Пряма і зворотна калориметрія.
33. Метод Сміта для термічного аналізу.
34. Метод Сайкса для термічного аналізу.
35. Простий термічний аналіз і його термограми.
36. Диференціальний термічний аналіз (ДТА) і його термограми.
37. Адіабатичний калориметр. Методи отримання наднизьких температур.

#### Тематична контрольна робота 2:

1. Теплопровідність та методи її вимірювання
2. Температуропровідність та її характеристики.
3. Вплив гетероструктури на теплопровідність.
4. Вплив типу обробки та хімічного складу на теплопровідність.
5. Схема приладу для відносного вимірювання теплопровідності.
6. Схема приладу для визначення теплопровідності при високих температурах.
7. Схема приладу для вимірювання теплопровідності з нагрівачем, поміщеним всередину зразка.

8. Схема установки для вимірювання теплопровідності при низьких температурах.
9. Застосування дилатометрії в матеріалознавстві.
10. Розширення твердого тіла, як фізичне явище – ангармонізм коливань атомів.
11. Характеристика фазових перетворень за дилатометричними кривими.
12. Вплив хімічного зв'язку на коефіцієнт термічного розширення матеріалу.
13. Схема диференціального дилатометра Шевенара.
14. Схема дилатометра Кантора.
15. Схема дротяного малоінерційного дилатометра.
16. Механіко-оптичні дилатометри, їх будова та суть фізичних явищ, покладених в основу вимірювання.
17. Ємнісні та індукційні дилатометри, їх будова та суть фізичних явищ, покладених в основу вимірювання.
18. Інтерференційні та резонансні дилатометри, їх будова та суть фізичних явищ, покладених в основу вимірювання.
19. Питомий електричний опір.
20. Залежність питомого електричного опору від температури.
21. Температурний коефіцієнт електричного опору.
22. Провідники і їх характеристики.
23. Напівпровідники і їх характеристики.
24. Діелектрики і їх характеристики.
25. Метод вольтметра-амперметра для вимірювання електричного опору.
26. Мостові методи вимірювання електроопору.
27. Метод трансформатора для вимірювання електроопору.
28. Чотирьохзондовий метод вимірювання електроопору.
29. Потенціометричний метод вимірювання електроопору.
30. Вплив пористості на електроопір матеріалів.
31. Електроопір твердих розчинів: однорідних, неоднорідних і впорядкованих.
32. Електричний опір гетерогенних сплавів.
33. Залежність електроопору від температури і тиску.
34. Вплив наклепу на електроопір сплавів.
35. Контроль чистоти металу за величиною відносного залишкового електроопору.
36. Застосування резистометрії в матеріалознавстві.
37. Напруженість та індукція магнітного поля.
38. Феромагнітні властивості матеріалів.
39. Петля гістерезису: залишкова індукція, коерцитивна сила, крива намагнічування і розмагнічування.
40. Вимірювання магнітної сприйнятливості діа- і парамагнетиків.
41. Застосування магнітних вимірів у матеріалознавстві. Структурно чутливі характеристики.
42. Надпровідники I та II роду. Методи вимірювання надпровідності.



## Перелік питань на семестровий контроль

**з дисципліни “ Методи дослідження фізичних властивостей матеріалів”**

1. Теплоємність твердих тіл. Закон Дюлонга та Пті.
2. Що таке вакуум? Дати поняття та записати формулу для середньої довжини вільного пробігу молекули.
3. Що таке теплоємність, питома та молярна теплоємності газу? Її одиниці вимірювання.
4. В чому полягають явища переносу. Запишіть рівняння Фур'є для явища теплопровідності.
5. Що таке термометрія? На якому законі фізики побудовано абсолютну термодинамічну шкалу температур?
6. Будова та принцип дії рідинних калориметрів. Їх застосування.
7. На якому законі базуються методи вимірювання коефіцієнтів теплопровідності різних матеріалів?
8. Що таке температурні деформації та яким є їх вплив на експлуатаційні властивості матеріалів?
9. Дилатометрія та метод Дюлонга і Пті.
10. Температуропровідність та методи її вимірювання.
11. Які властивості матеріалів та сировини пов'язані з тепловими ефектами?
12. В чому полягає метод визначення питомої теплоти плавлення речовин?
13. Розкрийте сутність методу диференціального термічного аналізу. Для чого він застосовується?
14. Назвіть фізичні властивості порошоків та методи їх вимірювання. В чому полягає метод Стокса?
15. Вплив обробки та хімічного складу на теплопровідність.
16. Застосування вимірювання теплопровідності для дослідження структурно-фазових перетворень.
17. Фізична сутність теплопереносу і методи визначення теплопровідності.
18. Як використовують дослідження теплових ефектів для визначення температур фазових перетворень?
19. Опишіть фізичну суть зміни теплових властивостей при фазових перетвореннях та під дією зовнішніх факторів.
20. Як знайти середній та істинний коефіцієнти термічного розширення?
21. В чому полягає кількісний дилатометричний фазовий аналіз?
22. Визначення електропровідності гетерогенних сплавів у відповідності до правила адитивності електропровідностей фаз.
23. Вплив природи домішок та упорядкування на електроопір.
24. Як знаходиться середній та істинний температурні коефіцієнти питомого опору?
25. Вплив структурних та зовнішніх факторів на величину коерцетивної сили.
26. Балістичний метод визначення намагніченості насичення.
27. Аналіз характеру розчинності компонентів за результатами досліджень намагніченості насичення та коерцетивної сили.
28. Дослідження фазових перетворень на підставі аналізу зміни природи магнетизму при температурі Кюрі.
29. Назвіть безконтактні методи вимірювання температури. Які фактори впливають на точність вимірювань?
30. Дайте визначення вакууму. Чим характеризується низький, середній, високий вакуум і надвисокий вакуум?
31. Опишіть фізичний принцип відкачування у парострумних насосах.
32. Які умови для виникнення дифузійного механізму проникнення молекул газу в струмінь пари?
33. Які методи термометрії відносять до контактних, які до безконтактних?
34. Який ефект використовують у термопарах? Які є недоліки та переваги виміру температури термопарою?
35. Які є методи підключення термопари? Наведіть схеми включення термопари.
36. Наведіть графік залежності інтенсивності випромінювання абсолютно чорного тіла від довжини хвилі. Як він змінюється зі зростанням температури?
37. Як впливають домішки та дефекти на опір провідникових матеріалів?
38. Які є методи вимірювання опору? Принцип і схема вимірювання електроопору чотирьохзондовим методом.
39. Які характеристики змінюються стрибком при переході провідник-надпровідник?
40. Опишіть метод індуктивного виміру магнітної сприйнятливості.