



Міністерство освіти і науки України  
Сумський державний університет  
Факультет технічних систем  
та енергоефективних технологій

**6034 Методичні вказівки**  
до самостійної роботи  
з дисципліни «**Методи дослідження**  
**фізичних властивостей матеріалів**»  
для здобувачів спеціальності *132 «Матеріалознавство»*  
усіх форм здобуття вищої освіти

Суми  
Сумський державний університет  
2024

Методичні вказівки до самостійної роботи із дисципліни «Методи дослідження фізичних властивостей матеріалів» / укладачі: Т. П. Говорун, Х. В. Берладір. – Суми : Сумський державний університет, 2024. – 28 с.

Кафедра прикладного матеріалознавства  
і технології конструкційних матеріалів факультету ТеСЕТ

## Зміст

Вступ.....	С. 4
1. Мета й завдання дисципліни, її місце в навчальному процесі та роль у підготовці фахівця.....	6
2. Зміст дисципліни.....	7
3. Список питань для самостійного опрацювання...	11
4. Теми для виконання контрольної роботи.....	12
5. Вимоги до оформлення контрольної роботи....	14
6. Тестовий контроль з дисципліни.....	20
6.1. Питання, що виносяться на тестування.....	20
6.2. Приклад тесту.....	22
Список рекомендованої літератури .....	23
Додаток А.....	25
Додаток Б.....	26
Додаток В.....	27

## ВСТУП

Самостійна робота – це робота студентів, яку планують та виконують за завданням і під методичним керівництвом викладача, але без його безпосередньої участі. Самостійна робота студентів необхідна не лише для оволодіння певною дисципліною, але й для формування навичок самостійної роботи взагалі, у навчальній, науковій, професійній діяльності, здатності брати на себе відповідальність, самостійно вирішувати проблему та знаходити конструктивні рішення.

Незалежно від спеціалізації та характеру роботи будь-який спеціаліст-початківець повинен мати фундаментальні знання, професійні вміння та навички для свого профілю, досвід творчої, дослідної діяльності щодо вирішення нових проблем, досвід у соціально-оціночній діяльності. Дві останні складові освіти формуються саме в процесі самостійної роботи студентів. Вища школа відрізняється від середньої спеціалізацією, але здебільшого – методологією навчальної роботи та ступенем самостійності навчання. Викладач лише організовує пізнавальну діяльність студентів. Студент сам здійснює пізнання. Самостійна робота вирішує задачі всіх видів навчальної роботи. Ніякі знання, якщо вони не підкріплені самостійною діяльністю, не можуть стати справжнім надбанням людини. Крім того, самостійна робота має виховне значення: вона формує самостійність не лише як сукупність умінь та навичок, але і як рису характеру, що відіграє істотну роль у структурі особистості сучасного інженера як спеціаліста вищої кваліфікації. Самостійна робота студентів повинна систематично контролюватися викладачем. Основою для самостійної роботи є науково-теоретичний курс, комплекс одержаних студентами знань. Під час розподілення завдань студенти одержують інструкції з їх виконання,

методичні вказівки, посібники, перелік необхідної літератури.

Під ефективною самостійною роботою розуміють уміння без систематичного контролю, допомоги та стимуляції з боку викладача самостійно працювати на заняттях, удома, у бібліотеці, уміння організувати окремі форми роботи та всю навчальну діяльність у цілому.

Свідома та сумлінна самостійна робота студента є запорукою одержання гарних знань, умінь і практичних навичок із дисципліни «Методи дослідження фізичних властивостей матеріалів».

Самостійна робота студента передбачає такі види діяльності:

- роботу з літературою та підготовку до проміжного контролю;
- виконання письмових робіт в аудиторії як одну з форм звітності про підсумки самостійної роботи;
- підготовку контрольної роботи на задану тему;
- виконання завдань на базах виробничої практики;
- підготовку до іспиту;
- консультації;
- іспит.

Якщо студент працюватиме над засвоєнням програми навчальної дисципліни з першого дня семестру планомірно, ритмічно, вчасно виконуватиме всі завдання, то на іспит він з'явиться підготовленим та одержить високу підсумкову оцінку. А головне – знання будуть міцними, що й потрібно професіоналу високого рівня.

# **1. Мета й завдання дисципліни, її місце в навчальному процесі та роль у підготовці фахівця**

## ***Мета й завдання викладання дисципліни***

Дисципліна «Методи дослідження фізичних властивостей матеріалів» вивчає фізичні властивості й закономірності їх зміни від складу та структури металів і сплавів; аналізуються методи та обладнання для дослідження різних фізичних властивостей.

Розроблення нових матеріалів і необхідність знань про взаємозв'язок між властивостями та структурою під час дії зовнішніх факторів неможливе без застосування експериментальних методів дослідження.

***Метою навчальної дисципліни*** є оволодіння студентами навичками, які дозволяють продовжувати вчитися й користуватися сучасними знаннями; уміти експериментувати, використовувати в професійній діяльності експериментальні методи дослідження фізичних, електрофізичних, магнітних, оптичних і технологічних властивостей матеріалів, аналізувати дані; обирати й застосовувати придатні методи досліджень, правильно інтерпретувати результати та робити висновки для забезпечення та контролю якості матеріалів.

***Процес вивчення дисципліни*** пов'язано одержанням майбутніми фахівцями знань про сутність та особливості фізичних властивостей матеріалів; основні теоретичні положення про взаємозв'язок фізичних властивостей металів і сплавів із їх структурою; ознайомлення студентів із науковими приладами та обладнанням, використовуване для дослідження матеріалів.

***Завдання вивчення дисципліни, формування знань і вмінь***

У результаті вивчення дисципліни студент повинен **знати:**

- фізичну сутність властивостей матеріалів;
- уявляти вплив структури на рівень фізичних властивостей сталі;
- експериментальні методи визначення теплових характеристик матеріалів;
- методи вимірювання електроопору, залежність від температури й тиску;
- сутність феромагнітних властивостей, залежність від діючих механічно-теплових факторів;

**уміти** призначати й використовувати прилади та обладнання під час аналізу різних фізичних властивостей металів і сплавів.

### *Місце дисципліни в навчальному процесі*

Дисципліна «Методи дослідження фізичних властивостей матеріалів» є складовою підготовки фахівців-матеріалознавців і безпосередньо пов'язана з нормативними дисциплінами професійної підготовки «Матеріалознавство», «Термічна обробка матеріалів», «Обладнання термічних цехів і дільниць», «Фізика і механіка тертя та зношування». Вивченням дисципліни «Методи дослідження фізичних властивостей матеріалів» забезпечується виконання комплексного курсового проекту, випускної роботи бакалавра.

## **2. Зміст дисципліни**

**Модуль 1. Властивості матеріалів і їх характеристики**

**Тема 1. Вступ. Властивості матеріалів і їх характеристики**

Структурна чутливість властивостей. Взаємозв'язок об'єкта й методу вимірювання. Взаємозв'язок структури та

властивостей матеріалу. Основні характеристики матеріалу. Дефекти структури. Залежність макроскопічних властивостей. Основні структурні особливості металевих твердих тіл і типові методи дослідження. Особливості електронної будови металів і неметалів. Класифікація металічних фаз. Проміжні фази та їх класифікація. Металеві елементи та сполуки і їх характеристика. Класифікація методів дослідження. Види вимірювань та види еталонів. Загальна схема вимірювання. Методи вимірювань. Основні характеристики вимірювальних систем. Похибки вимірювань. Фізичні властивості твердих тіл. Характеристика механічних властивостей матеріалів. Теплові властивості матеріалів. Основні поняття про електричні властивості матеріалів. Магнітні властивості матеріалів і їх коротка характеристика.

## **Тема 2. Теплові властивості матеріалів**

Теплоємність і тепловміст (ентальпія). Вплив температури на характер зміни тепловмісту. Тепловміст реальних металів, сплавів і сполук. Зміна теплоємності при фазових і структурних перетвореннях. Експериментальні методи визначення теплових характеристик. Методи термічного й калориметричного аналізу для визначення теплових характеристик. Теплопровідність. Основні визначення й залежності. Методи вимірювання теплопровідності. Термічне розширення металів. Сутність дилатометричного методу та використовуване обладнання. Застосування теплових методів дослідження для аналізу перетворень у металах і сплавах.

## **Тема 3. Електричні властивості матеріалів і методи їх дослідження**

Електричні властивості матеріалів. Основні визначення. Електропровідність і питомий електричний опір металів. Розподіл матеріалів залежно від питомої



електропровідності. Методи дослідження електричних властивостей матеріалів. Методи вимірювання електричного опору. Мостові методи вимірювання електроопору. Вимірювання електричного опору безконтактними методами. Електричний опір металевих сплавів. Залежність електричного опору чистих металів від температури й тиску. Вплив наклепу та відпалювання металів на електричний опір. Застосування методів електричного аналізу в матеріалознавстві. Ефекти під час дослідження електричних властивостей матеріалів. Ефект Холла. Діелектричні властивості матеріалів. П'єзоелектричний ефект.

#### **Тема 4. Магнітні властивості матеріалів і методи дослідження**

Класифікація матеріалів за магнітними властивостями. Основні магнітні параметри. Магнітні матеріали та їх характеристики. Діамагнетики. Парамагнетики. Вимірювання парамагнітної та діамагнітної сприйнятливості. Феромагнітні властивості матеріалів. Доменна структура. Крива намагніченості. Магнітні параметри петлі гістерезису. Сутність намагнічування й розмагнічування. Антиферомагнетики. Феримагнетики. Експериментальні дані з феромагнітних властивостей. Застосування зміни магнітних властивостей у матеріалознавстві. Установка для визначення магнітної сприйнятливості. Установка для визначення магнітних властивостей балістичним методом. Методи вимірювання в замкненому ланцюзі. Вивчення магнітних властивостей металів і металічних фаз. Дослідження фазових і структурних перетворень феромагнітних сплавів. Магнітні матеріали та їх властивості.

## **Тема 5. Пружні властивості кристалів**

Означення основних величин. Пружність металів. Метод внутрішнього тертя. Приклади застосування методу внутрішнього тертя та розв'язання задач металознавства.

## **Модуль 2. Спектральні та електронні методи дослідження властивостей матеріалів**

### **Тема 6. Дослідження властивостей матеріалів за допомогою спектрального аналізу**

Спектральний аналіз для дослідження властивостей матеріалів. Предмет кількісної та якісної металографії. Фотоелектронна спектроскопія. Електронна спектроскопія для хімічного аналізу. Електронно-зондовий мікроаналіз. Спектрометрія рентгенівського випромінювання. Рентгеноспектральний мікроаналіз. Дослідження властивостей матеріалів за допомогою Оже-електронної спектроскопії. Сутність оже-електронної спектроскопії. Реалізація методу. Одержання енергетичного спектра. Застосування оже-спектроскопії. Технічні характеристики оже-електронних спектрометрів. Дослідження властивостей матеріалів за допомогою мессбауерівської спектроскопії. Основи мессбауерівської спектроскопії. Застосування методу мессбауерівської спектроскопії.

### **Тема 7. Просвічувальна та растрова електронна мікроскопія**

Просвічувальна електронна мікроскопія (ПЕМ). Будова ПЕМ і принцип роботи. Застосування ПЕМ у металознавстві. Растрова електронна мікроскопія (РЕМ). Фізичні основи растрової електронної мікроскопії (РЕМ). Будова та принцип роботи РЕМ. Підготовка об'єктів для досліджень та особливі вимоги до них. Технічні можливості растрового електронного мікроскопа. Галузі застосування РЕМ у матеріалознавстві.

### 3. Список питань для самостійного опрацювання

У процесі самостійного вивчення матеріалу студенти повинні вміти дати відповіді на питання, викладені нижче.

1. Модель будови атома Бора.
2. Електронні сполуки та їх приклади. Електронна концентрація.
3. Деформація та її види. Закон Гука. Діаграма розтягання-стиску.
4. Приклади магнітом'яких і магнітотвердих матеріалів.
5. Теплоємність сплавів і сполук.
6. Схема установки для вимірювання теплопровідності за низьких температур.
7. Схема дилатометра Кантора.
8. Схема дрогового малоінерційного дилатометра.
9. П'єзоелектричний ефект, п'єзоелектрики та їх застосування.
10. Контроль чистоти металу за величиною відносного залишкового електроопору.
11. Установка для визначення магнітної сприйнятливості металів і сплавів.
12. Установка для вивчення процесу відпуску.
13. Термомагнітні сплави.
14. Сплави для постійних магнітів.
15. Залежність модуля пружності від тиску.
16. Модуль об'ємної пружності та баричний коефіцієнт модуля пружності.
16. Визначення коефіцієнта дифузії методом внутрішнього тертя.
17. Підготовка зразків для електронної спектроскопії хімічного аналізу.
18. Спектрометр хвильової дисперсії.
19. Типи енергоаналізаторів оже-електронів.

20. Вивчення дифузійних процесів за допомогою месбауерівської спектроскопії.

21. Вивчення фазових процесів за допомогою месбауерівської спектроскопії.

22. Методи підготовки зразків для просвічувальної електронної мікроскопії.

23. Сфери використання растрової електронної мікроскопії.

#### **4. Теми для виконання контрольної роботи**

Контрольну роботу з дисципліни «Методи дослідження фізичних властивостей матеріалів» виконують за такою тематикою, наведеною нижче.

1. Метод внутрішнього тертя в металознавстві.

2. Дифузійні процеси в металевих системах.

3. Електропровідність металів. Ефект Холла.

4. Діелектричні властивості матеріалів.

П'єзоелектрика.

5. Методи вимірювання електроопору.

6. Експериментальні методи визначення теплових характеристик.

5. Дилатометричний метод, його сутність та використовуване обладнання.

6. Застосування теплових методів дослідження для аналізу перетворень у металах і сплавах.

7. Магнітні властивості матеріалів. Діамагнетики.

8. Феромагнітні й ферімагнітні властивості.

9. Спектральний аналіз. Якісний і кількісний аналіз хімічного складу.

10. Прилади та установки для спектрального аналізу.

11. Принципи фотоелектронної спектроскопії.

Підготовка зразків та апаратура для одержання спектрів від поверхні.

12. Якісний і кількісний рентгеноспектральний мікроаналіз.

13. Оже-електронна спектроскопія. Сутність методу. Експериментальна техніка.

14. Застосування методу оже-електронної спектроскопії під час вивчення матеріалів.

15. Месбауєрівська спектроскопія. Основні положення.

16. Застосування методу месбауєрівської спектроскопії для аналізу дифузійних процесів і фазових перетворень.

17. Просвічувальна електронна мікроскопія. Загальні положення.

18. Будова просвічувального електронного мікроскопа та підготовка зразків. Використання електронного зображення.

19. Растрова електронна мікроскопія. Загальні положення.

20. Будова растрового електронного мікроскопа.

21. Типи растрових електронних мікроскопів.

22. Підготовка зразків для растрових електронних мікроскопів.

23. Використання растрового електронного мікроскопа для дослідження матеріалів.

24. Феро- та парамагнетика.

25. Крива намагніченості й петля гістерезису. Сутність намагнічування та розмагнічування.

26–30. *Студент сам обирає тему контрольної роботи.*

Підсумком виконання контрольної роботи є звіт, що має реферативний вигляд із визначеної викладачем чи обраної студентом тематики за питаннями, які вивчає дисципліна.

## **5. Вимоги до оформлення контрольної роботи**

Контрольна робота з дисципліни «Методи дослідження фізичних властивостей матеріалів» повинна мати логічну структуру та складатися з таких частин:

- титульного аркуша з варіантом чи темою даної роботи;
- реферату;
- змісту;
- вступу;
- оригінальної частини;
- висновків;
- списку використаних джерел (або літератури);
- додатків (якщо є необхідність).

Тема повинна бути розкрита всебічно, повно, обґрунтовано.

Реферат повинен містити:

- об'єкт дослідження;
- мету роботи;
- відомості про обсяг (кількість сторінок), кількість рисунків, таблиць, використаних літературних джерел та додатків;
- перелік ключових слів, які несуть смислове навантаження за темою індивідуального домашнього завдання.

Реферат має обсяг до 2/3 сторінки, ключові слова повинні бути надруковані через вільний рядок із нового рядка. Ключові слова (5–8 слів або словосполучень) наводять у називному відмінку, друкують великими літерами в рядок через кому.

Зміст передбачає найменування й нумерацію початкових сторінок вступу, усіх розділів, підрозділів, пунктів та підпунктів, висновків, літератури, додатків.

Вступ розкриває сутність теми реферату або поставленого завдання.

Оригінальна частина складається з розділів. Кожний розділ починається з нової сторінки, заголовки пишуть великими літерами. Розділи можуть поділятися на підрозділи, а ті зі свого боку – на пункти. Заголовки підрозділів та пунктів пишуть маленькими літерами.

У висновках викладають основні ідеї та думки, наведені в роботі.

Основна мова роботи – українська.

### *Загальні вимоги до тексту*

Текст роботи друкують за допомогою комп'ютера та принтера з одного боку аркуша білого паперу формату А4 (210 мм х 297 мм) без рамки. Набір тексту здійснюють із використанням текстового редактора Word. Водночас рекомендовано використовувати шрифти типу Times New Roman розміром 14 пунктів. Текст необхідно розміщати, залишаючи поля паперового аркуша таких розмірів:

- ліве – 25 мм;
- праве – 15 мм;
- верхнє та нижнє – 20 мм.

Якщо студент виконує роботу без допомоги персонального комп'ютера, то вимоги до формату залишаються, текст повинен бути написаний чітким, розбірливим почерком, грамотно, висота букв не менше ніж 2,5 мм. Для написання роботи використовують чорнила (пасту) синього або чорного кольору.

Абзац у тексті починають із відступу. Абзацний відступ першого рядка (новий рядок) повинен бути не більше 1 см. Обсяг реферату повинен бути не менше 10–15 сторінок разом з ілюстраціями й таблицями.

Текст основної частини роботи ділять на розділи, підрозділи, пункти та підпункти (за необхідності).

Заголовки структурних частин («ЗМІСТ», «ВСТУП», «РОЗДІЛ», «ВИСНОВКИ», «ЛІТЕРАТУРА»,

«ДОДАТКИ») друкують великими літерами по середині рядка. Усі інші заголовки (підрозділів та пунктів) друкують із першої великої літери. У кінці заголовків крапку не ставлять. Якщо заголовок містить два речення, їх відокремлюють крапкою. Заголовок і текст відділяють один від одного порожнім рядком. Якщо між двома заголовками тексту немає, то відокремлювати їх порожнім рядком не потрібно. Після закінчення тексту пункту (підрозділу) перед заголовком нового пункту пропускають два порожніх рядки. Кожна структурна частина роботи починається з нового аркуша.

### *Правила нумерації*

- структурні частини, як «Зміст», «Вступ», «Висновки», «Література» та «Додатки», не нумерують;
- номери мають розділи, підрозділи, пункти та підпункти;
- нумерація розділів, підрозділів, пунктів, рисунків, таблиць, формул, рівнянь здійснюють арабськими цифрами без знака «№»;
- номер розділу ставлять після слова «РОЗДІЛ» (наприклад, РОЗДІЛ 1);
- підрозділи нумерують у межах кожного розділу. Номер підрозділу складається з номера розділу та порядкового номера підрозділу, відокремлених крапкою, наприклад: 1.1 (перший підрозділ першого розділу).
- пункти нумерують у межах кожного розділу. Номер пункту складається з номера розділу та порядкових номерів підрозділу та пункту, відокремлених крапками, наприклад: 1.1.1 (перший пункт першого підрозділу першого розділу);
- заголовок підрозділу друкують із нового рядка, який іде за номером розділу. Заголовки підрозділів та пунктів наводять після їх номерів через пробіл;



- у кінці нумерації розділів, підрозділів та пунктів крапку не ставлять;

- нумерацію сторінок подають арабськими цифрами. Першою сторінкою роботи є титульний аркуш, який входить до загальної нумерації сторінок роботи. Номер сторінок на титульному аркуші, рефераті та змісті не зазначають. На наступних аркушах номер проставляють у правому нижньому куті без крапки в кінці;

- усі сторінки тексту нумерують послідовно, зокрема список використаних джерел та додатки.

### *Правила оформлення таблиць та ілюстрацій*

Цифровий матеріал оформляють у вигляді таблиць, які нумерують згідно з нумерацією розділу послідовно. Наприклад,

Таблиця 1.2 – Енергія зв'язку та деякі властивості кристалів

Таблицю з великою кількістю рядків допустимо переносити на наступний аркуш; під час перенесення частини таблиці на інший аркуш її заголовок зазначають лише один раз над першою частиною, над іншими частинами ліворуч пишуть «Продовження таблиці 1.2».

Ілюстрації позначають відповідно словами «рисунок» і нумерують послідовно в межах кожного розділу.

На всі таблиці та ілюстрації повинні бути посилання в тексті. Слова «рисунок» і «таблиця» у підписах до рисунка або таблиці не скорочують, але в посиланнях на них у тексті вони скорочуються. Номер таблиці (ілюстрації) повинен складатися з номера розділу й порядкового номера таблиці (ілюстрації), розділених крапкою. Наприклад, рисунок 1.7 або таблиця 1.2.

Ілюстрації повинні бути виконані за допомогою комп'ютерної техніки або чорнилом чи пастою чорного

кольору й мати підрисунковий підпис. Слово «Рисунок», номер і найменування ілюстрації поміщають під ілюстрацією, відокремлюючи знаком тире номер від найменування. Крапку наприкінці нумерації й найменувань ілюстрацій не ставлять. Не допускається перенесення слів у найменуванні рисунка. Якщо на рисунку є цифри, що позначають окремі елементи (на схемах, графіках та ін.), то це пояснювальні дані.

Наприклад:

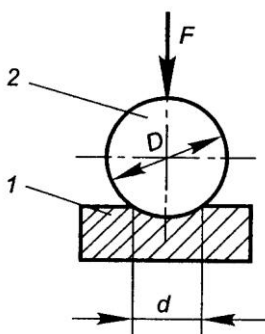


Рисунок 4.20 – Схема випробовування під час визначення твердості за Брінеллем: 1 – зразок; 2 – кулька;  $F$  – сила, що діє на кульку;  $D$  – діаметр кульки;  $d$  – діаметр відбитка

#### *Правила оформлення формул та рівнянь*

Формули й рівняння в тексті роботи (якщо їх більше однієї) нумерують у межах розділу подвійною нумерацією. Номер формули (рівняння) складається з номера розділу й порядкового номера формули (рівняння) у цьому розділі, розділених крапкою. Номери формул (рівнянь) пишуть у круглих дужках біля правого поля аркуша на рівні формули (рівняння).

Наприклад: (5.2) – друга формула п'ятого розділу.

Формули (рівняння) потрібно виділяти з тексту в окремий рядок і розміщувати посередині рядка. Вище й нижче кожної формули й рівняння залишається по одному вільному рядку; посилання на формули в тексті роботи подають у круглих дужках; пояснення значень символів і числових коефіцієнтів, що входять до формули або рівняння, потрібно проводити безпосередньо після формули у тій самій послідовності, у якій вони подані у формулі, але за винятком тих, про які вже згадано в тексті вище. Значення кожного символу записують через крапку з комою, перший рядок пояснення починають зі слів «де» без абзацу й без двокрапки.

Наприклад:

$$\Delta E = Q - W, \quad (5.2)$$

де  $\Delta E$  – зміна енергії системи в даному процесі;  $Q$  – кількість тепла, одержаного системою;  $W$  – робота, вироблена системою.

Після розшифрування символів з абзацу іде текст (вільний рядок не залишається).

Рисунки, таблиці, формули та рівняння повинні бути пронумеровані відповідно до порядку посилання на них у тексті реферату.

### *Правила оформлення літератури*

Літературу наводять мовою оригіналу (українською, англійською та ін.). Список літератури (літературних джерел) оформлюють відповідно до ДСТУ ГОСТ 7.1:2006 чи ДСТУ 8302:2015 [9].

### *Правила оформлення додатків*

Додатки оформлюють наприкінці тексту й розміщують у порядку появи на них посилань у тексті реферату.

Кожен додаток починається з нового аркуша із наведенням посередині слова «ДОДАТОК»,

надрукованого великими літерами. Додаток повинен мати заголовок, що розміщується з нового рядка по центру аркуша з великої літери. Додатки позначають великими літерами українського алфавіту, починаючи з букви А.

Наприклад: ДОДАТОК А, ДОДАТОК Б.

У додатках можна розміщати за необхідності таблиці, графіки, типові розрахунки.

Зразки титульного аркуша (першої сторінки), реферату та змісту роботи наведено в додатках А–В.

Закінчену роботу студенти подають на кафедру відповідно до термінів, визначених навчальним графіком.

## **6. Тестовий контроль зі дисципліни**

### **6.1. Питання для тестування**

1. Які матеріали називають п'єзоелектричними?
2. Як впливає підвищення температури на електроопір?
3. Який вплив твердого розчину на провідність матеріалу?
4. Як впливає «наклеп» матеріалу на електроопір?
5. Який зі сплавів  $\text{Cu} + 40\% \text{Zn}$  або  $\text{Cu} + 40\% \text{Ag}$  буде мати кращу провідність?
6. Як впливає «упорядкування» кристалічної структури на питомий електроопір сплаву  $\text{Cu} + 25\% \text{Au}$  зі зростанням температури,  $^{\circ}\text{C}$ ?
7. Який буде електроопір при пружному розтягуванні?
8. Під час нагрівання (відпалювання) наклепаного металу як буде змінюватися електроопір стосовно вихідного стану?
9. Як змінюється електропровідність хімічних сполук?
10. Від чого залежить електрична провідність гетерогенних сплавів?
11. Що характеризує величина «теплоємність»?
12. У чому полягає термічний метод дослідження?

13. Що таке теплоємність?
14. Які методи найбільш часто використовують для визначення теплоємності?
15. Що характеризує теплопровідність металів і сплавів?
16. Яка формула відповідає температуропровідності матеріалу?
17. Як впливає на теплопровідність загартованої сталі з 1,5 % вуглецю температура відпуску?
18. Що таке атомна теплоємність металу ( $C_V$ ,  $C_P$ ).
19. Як змінюється атомна теплоємність від температури?
20. У чому сутність правила Неймана – Коппа?
21. Як змінюється теплоємність загартованої сталі під час відпуску для високовуглецевих сталей?
22. Як називають основні вузли приладу для вивчення лінійних перетворень у металах?
23. У чому полягає сутність приладів, що вимірюють теплове розширення?
24. Що дозволяє оцінити вимірювання коефіцієнта термічного розширення?
25. Який фізичний метод дозволяє одержати дані про розподіл розчинених атомів, їх рухливість й дифузійні процеси?
26. Яку магнітну властивість матеріалів найбільш широко використовують для дослідження в металознавстві?
27. Як впливає пластична деформація на магнітні властивості залізовуглецевих сплавів?
28. Який взаємозв'язок існує між коерцитивною силою ( $H_c$ ) і твердістю (HV)?
29. У чому відмінність оптичної та оже-електронної спектроскопії?
30. Здатність металів передавати тепло від більш нагрітих до менш нагрітих ділянок тіла називають...
31. Здатність металу під час нагрівання поглинати певну кількість тепла називається...
32. Здатність металів збільшуватися в розмірах під час

нагрівання та зменшуватися під час охолодження називають...

33. Властивість металу протистояти втомі називають...

34. Здатність матеріалу відновлювати первісну форму й розміри після припинення дії навантаження називають...

## 6.2. Приклад тесту

Як називають основні вузли приладу для вивчення лінійних перетворень у металах:

а) калорифрактометри та елементи, що вимірює різницю температур у досліджуваному зразку;

б) оптиметр, що містить елементи для вимірювання різниці лінійних розмірів зі зміною температури;

в) дилатометр, що містить досліджуваний зразок, еталон і записувальний пристрій, що дозволяє реєструвати зміну об'єму (лінійних розмірів);

г) калориметр, вимірювання на якому полягає в диференційному записі температури зразка під час його рівномірного нагрівання або охолодження?

Варіант в – *правильна відповідь.*

## Список літератури

1. Василечко Л. О., Кондир А. І. Фізичні методи дослідження функціональних матеріалів : навчальний посібник. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2020. 328 с.

2. Говорун Т. П., Будник А. Ф., Юскаєв В. Б. Фізичні властивості та методи дослідження матеріалів: навч. посіб. Суми : Сумський державний університет, 2015. 255 с.+Гриф МОН.

3. Холяк В. В., Владимирський І. А., Жабинська О. О. Фізичні властивості та методи дослідження матеріалів : навчальний посібник. КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ : Центр учбової літератури, 2016. 156 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/38786>.

4. Загородній В. В. Локальні методи досліджень : підручник. Київ : КПІ ім Ігоря Сікорського, 2019, 323 с., URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/28054>.

5. Фізичні методи вивчення властивостей матеріалів : підручник / Е. К. Посвятенко, Р. В. Будяк, О. В. Мельник, В. Г. Нікітін. Київ : НТУ, 2019. 184 с.

6. Фізика та хімія твердого тіла : методичні вказівки до виконання практичних занять із дисципліни «Фізика та хімія твердого тіла» / уклад. М. О. Григор'єва. Маріуполь : ПДТУ, 2019. 45 с.

7. Аналітичні методи досліджень. Спектроскопічні методи аналізу: теоретичні основи і методики : навчальний посібник / Д. О. Мельничук та ін.: за ред. акад. Д. О. Мельничука. Київ : ЦП «Компринт», 2016. 289 с.

8. Основи матеріалознавства. Частина 1. Властивості матеріалів та методи їх дослідження : конспект лекцій для студентів хімічного факультету / укладачі: О. М. Юрченко, Ж. О. Кормош, О. В. Парасюк. Луцьк : Вежа-друк. 2018. 44 с.

9. Методичні рекомендації щодо підготовки і видання наукової та навчально-методичної літератури / укладачі: Н. З. Клочко, С. М. Симоненко. Суми : Сумський державний університет, 2021. 63 с.



**Додаток А**  
(обов'язковий)

Зразок оформлення титульного аркуша

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій  
Кафедра прикладного матеріалознавства і ТКМ

**КОНТРОЛЬНА РОБОТА**

з дисципліни «**Методи дослідження фізичних властивостей матеріалів**»

Варіант \_\_\_\_

Виконав \_\_\_\_\_ студент групи,  
(особистий підпис студента) (прізвище, ініціали)

Перевірив \_\_\_\_\_ викладач  
(особистий підпис викладача) (прізвище, ініціали)

Суми 20\_\_

**ДОДАТОК Б**  
(обов'язковий)  
Зразок оформлення реферату

**РЕФЕРАТ**

Об'єктом дослідження є... .

Мета роботи полягає в ... .

Робота викладена на 15 сторінках, зокрема містить 8 рисунків, 2 таблиці, список цитованої літератури з 11 джерел та 2 додатків на 2 сторінках.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ..., ..., ... (5–7 слів або словосполучень великими літерами в називному відмінку).

**ДОДАТОК В**  
**(обов'язковий)**  
Зразок оформлення змісту

**ЗМІСТ**

	С.
ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1 НАЗВА ПЕРШОГО РОЗДІЛУ (великими літерами) .....	5
1.1 Назва підрозділу .....	6
1.1.1 Назва пункту .....	6
1.1.2 Назва пункту .....	8
1.1.3 Назва пункту .....	10
1.2 Назва підрозділу .....	11
РОЗДІЛ 2 НАЗВА ДРУГОГО РОЗДІЛУ (великими літерами) .....	12
2.1 Назва підрозділу.....	12
2.2 Назва підрозділу.....	15
РОЗДІЛ 3 НАЗВА ТРЕТЬОГО РОЗДІЛУ (великими літерами) .....	17
3.1 Назва підрозділу .....	18
3.2 Назва підрозділу .....	19
ВИСНОВКИ .....	21
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ (або СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ).....	22
ДОДАТКИ .....	23

Електронне навчальне видання

**Методичні вказівки**  
до самостійної роботи із дисципліни  
**«Методи дослідження фізичних властивостей  
матеріалів»**  
для здобувачів спеціальності *132 «Матеріалознавство»*  
всіх форм здобуття вищої освіти

Відповідальна за випуск О. П. Гапонова  
Редакторка О. Ф. Дубровіна  
Комп'ютерне верстання Т. П. Говорун

Формат 60×84/16. Ум. друк. арк. 1,92. Обл.-вид. арк. 1,46.

Видавець і виготовлювач  
Сумський державний університет,  
вул. Харківська, 116, м. Суми, 40007

Свідоцтво про внесення суб'єкта господарювання до Державного реєстру видавців,  
виготовлювачів та розповсюджувачів видавничої продукції ДК № 8193 від 15.10.2024.