

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

Фізичний факультет  
(назва факультету)

Кафедра загальної фізики

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**  
Заступник декана  
з навчальної роботи  
Момот О.В.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ<sup>1</sup>**

Термодинаміка металів та сплавів

*(повна назва навчальної дисципліни)*

**для студентів**

галузь знань	<u>10 Природничі науки</u> <i>(шифр і назва)</i>
спеціальність	<u>104 Фізика та астрономія</u> <i>(шифр і назва спеціальності)</i>
освітній рівень	<u>бакалавр</u> <i>(молодший бакалавр, бакалавр, магістр)</i>
освітня програма	<u>Фізика, Астрономія, Оптотехніка</u> <i>(назва освітньої програми)</i>
спеціалізація <i>(за наявності)</i>	<u>Фізичне наноструктур в металах та кераміках</u> <i>(назва спеціалізації)</i>
вид дисципліни	<u>вибіркова</u>

Форма навчання	<u>очна</u>
Навчальний рік	<u>2019/2020</u>
Семестр	<u>б</u>
Мова викладання, навчання та оцінювання	<u>українська</u>
Форма заключного контролю	<u>залік</u>

Викладачі: доцент Цареградська Тетяна Леонідівна

*(Науково-педагогічні працівники, які забезпечують викладання даної дисципліни у відповідному навчальному році)*

Пролонговано: на 20\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» \_\_ 20\_\_ р.  
*(підпис, ПІБ, дата)*

на 20\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» \_\_ 20\_\_ р.  
*(підпис, ПІБ, дата)*

на 20\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» \_\_ 20\_\_ р.  
*(підпис, ПІБ, дата)*

**КИЇВ – 2019**

<sup>1</sup> Робоча програма навчальної дисципліни є нормативним документом вищого навчального закладу і містить виклад конкретного змісту навчальної дисципліни, послідовність, організаційні форми її вивчення та їх обсяг, визначає форми та засоби поточного і підсумкового контролю.

Розробники<sup>2</sup>: Цареградська Тетяна Леонідівна, кандидат фіз.-мат. наук, доцент,  
доцент кафедри загальної фізики  
*(вказати авторів: ПІБ, науковий ступінь, вчене звання, посада, кафедра)*

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

(підпис)

(Боровий М.О.)

(прізвище та ініціали)

Протокол № 10 від 7 травня 2019 р.

**Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету**

протокол №21 від 10 травня 2019 року

Голова науково-методичної комісії \_\_\_\_\_

(підпис)

(Оліх О.Я.)

(прізвище та ініціали)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 року

---

<sup>2</sup> Розробляється лектором. Робоча програма навчальної дисципліни розглядається на засіданні кафедри (циклової комісії – для коледжів), науково-методичної комісії факультету/інституту (раді навчального закладу - коледжу), підписується завідувачем кафедри (головою циклової комісії), головою науково-методичної комісії факультету/інституту (головою ради) і затверджується заступником декана/директора інституту з навчальної роботи (заступником директора коледжу).

## ВСТУП

**1. Мета дисципліни** – отримання глибоких та систематичних знань з курсу термодинаміки металів та сплавів, що включає засвоєння основних законів феноменологічної термодинаміки у застосуванні до даних об'єктів.

**2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:**

1. Знати закони молекулярної фізики та термодинаміки, статистичної фізики, основи математичного аналізу
2. Вміти застосовувати попередні знання з курсів математичного аналізу, диференціальних та інтегральних рівнянь та математичної фізики для розв'язку термодинамічних задач.
3. Володіти елементарними навичками побудови діаграм стану бінарних систем, знаходження похідних та частинних похідних, знаходження екстремумів функцій, розв'язування рівнянь у частинних похідних, знаходження похідних складних функцій.

**3. Анотація навчальної дисципліни / референс:**

В рамках курсу «Термодинаміка металів та сплавів» розглядаються закони та методи феноменологічної термодинаміки в застосуванні до металів та бінарних сплавів та термодинамічні функції гетерогенних бінарних систем, квазіхімічна теорія розчинів. Мета вивчення дисципліни – отримання глибоких та систематичних знань з курсу феноменологічної термодинаміки у застосуванні до металів та сплавів. Навчальна задача курсу полягає в засвоєнні методів опису та дослідження термодинамічних властивостей твердих тіл, оволодіння методами і принципами розв'язку прикладних задач по розрахунку термодинамічних функцій для металів та сплавів. Результати навчання полягають в опануванні законів термодинаміки у застосуванні до металів та сплавів, методу термодинамічних потенціалів Гіббса, вмінні застосовувати на практиці метод термодинамічних потенціалів Гіббса, графічно визначати парціальні та відносні парціальні термодинамічні функції за відомими інтегральними для бінарних систем, розраховувати парціальні та відносні парціальні функції для одного з компонентів за відомими парціальними функціями. Методи викладання: лекції, консультації. Методи оцінювання: опитування в процесі лекції, контрольні роботи після основних розділів спецкурсу, залік. Підсумкова оцінка виставляється на основі проміжних оцінок (60%) та заліку (40%).

**4. Завдання (навчальні цілі)** – оволодіння методами і принципами необхідними в майбутній практичній діяльності фахівця, вміннями і навичками для запобігання небезпек.

Згідно вимог проекту Стандарту вищої освіти України (перший (бакалаврський) рівень вищої освіти, галузь знань 10 «Фізика», спеціальність 104 «Фізика та астрономія» дисципліна забезпечує набуття здобувачами освіти наступних **компетентностей**:

### ***Інтегральних:***

Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми з фізики у професійній діяльності або у процесі подальшого навчання, що передбачає застосування певних теорій і методів фізики і характеризується складністю та невизначеністю умов.

### ***Загальних:***

- Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики.
- Здатність використовувати на практиці базові знання з математики як математичного апарату фізики при вивченні та дослідженні фізичних явищ і процесів.
- Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
- Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.
- Здатність приймати обґрунтовані рішення.

**Фахових:**

- Здатність використовувати на практиці базові знання з математики як математичного апарату фізики при вивченні та дослідженні фізичних явищ і процесів.
- Здатність оцінювати порядок величин у різних дослідженнях, так само як точності та значимості результатів.
- Здатність моделювати фізичні системи та явища і процеси.
- Здатність використовувати базові знання з фізики для розуміння будови та поведінки природних і штучних об'єктів, законів існування та еволюції Всесвіту.
- Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації.
- Орієнтація на найвищі наукові стандарти – обізнаність щодо фундаментальних відкриттів та теорій, які суттєво вплинули на розвиток фізики та інших природничих наук.
- Здатність здобувати додаткові компетентності через вибіркові складові освітньої програми, самоосвіту, неформальну та інформальну освіту.

**5. Результати навчання за дисципліною:** (описуються з детальною достовірністю для розробки заходів оцінювання)

Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація*; 4. автономність та відповідальність*)		Методи викладання і навчання	Методи оцінювання	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
1.1	Знати основні закони термодинаміки, метод термодинамічних потенціалів, загальні умови термодинамічної рівноваги, умови рівноваги в гомогенних та гетерогенних системах.	лекції	Модульна контрольна робота	20
1.2	Знати теорію розчинів (ідеальних, реальних (регулярних, атермальних, розбавлених), квазіхімічну теорію розчинів.	лекції	Модульна контрольна робота	20
2.1	Вміти застосовувати на практиці метод термодинамічних потенціалів Гіббса, графічно визначати парціальні та відносні парціальні термодинамічні функції за відомими інтегральними для бінарних систем, розраховувати парціальні та відносні парціальні функції для одного з компонентів за відомими парціальними функціями другого компонента	лекції	Модульна контрольна	10
2.2	Вміти аналізувати основні типи діаграм стану двокомпонентних систем за допомогою ізобаро-ізотермічного потенціалу, розраховувати криві рівноваги та будувати діаграми стану.	лекції	Модульна контрольна	10

**6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання** (необов'язково для вибірових дисциплін)

\* заповнюється за необхідністю, наприклад для практик, лабораторних курсів тощо.

Результати навчання дисципліни	1.1	1.2	2.1	2.2
<b>Програмні результати навчання</b>				
ПРН1. Знати, розуміти та вміти застосовувати на базовому рівні основні положення загальної та теоретичної фізики, зокрема, класичної, релятивістської та квантової механіки, молекулярної фізики та термодинаміки, електромагнетизму, хвильової та квантової оптики, фізики атома та атомного ядра для встановлення, аналізу, тлумачення, пояснення й класифікації суті та механізмів різноманітних фізичних явищ і процесів для розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем з фізики.	+	+	+	+
ПРН3. Знати і розуміти експериментальні основи фізики: аналізувати, описувати, тлумачити та пояснювати основні експериментальні підтвердження існуючих фізичних теорій.	+	+	+	+
ПРН4. Вміти застосовувати базові математичні знання, які використовуються у фізиці: з аналітичної геометрії, лінійної алгебри, математичного аналізу, диференціальних та інтегральних рівнянь, теорії ймовірностей та математичної статистики, теорії груп, методів математичної фізики, теорії функцій комплексної змінної, математичного моделювання.	+	+	+	+
ПРН5. Знати основні актуальні проблеми сучасної фізики.	+	+	+	+

## 7. Структура курсу

Курс складається з 2-х змістових модулів: «Закони та методи феноменологічної термодинаміки у застосуванні до металів та сплавів», який включає в себе 8 лекцій та «Теорія розчинів. Термодинамічні функції гетерогенних бінарних систем», який складається з 7 лекцій.

## 8. Схема формування оцінки:

**8.1 Форми оцінювання студентів:** (зазначається перелік видів робіт та форм їх контролю / оцінювання із зазначенням Min. – рубіжної та Max. кількості балів чи відсотків)

### - семестрове оцінювання:

1. Модульна контрольна робота 1 (12 балів – 20 балів). Контроль с.р.с. (12 балів – 20 балів).
2. Модульна контрольна робота 2 (12 балів – 20 балів).

### - підсумкове оцінювання у формі заліку

**Підсумкове оцінювання у формі екзамену<sup>3</sup>:** (обов'язкове проведення екзаменаційного оцінювання в письмовій формі)

	ЗМ1/Частина 1 (за наявності)	ЗМ2/Частина 2 (за наявності)	Залік	Підсумкова оцінка
Мінімум	<u>24</u>	<u>12</u>	<u>24</u>	<u>60</u>
Максимум	<u>40</u>	<u>20</u>	<u>40</u>	<u>100</u>

у випадку комплексного екзамену слід вказати питому вагу складових

<sup>3</sup> Семестрову кількість балів формують бали, отримані студентом у процесі теоретичного засвоєння матеріалу з усіх розділів дисципліни, семінарських занять, виконання практичних, лабораторних, індивідуальних, підсумкових контрольних робіт, творчих робіт впродовж семестру, передбачених робочою навчальною програмою (100 балів - для залікових дисциплін, у випадку, якщо дисципліна завершується екзаменом, то розподіл здійснюється за таким алгоритмом: 60 балів (60%) – семестровий контроль і 40 балів (40%) – екзамен).

Студент не допускається до заліку, якщо під час семестру набрав менше 36 балів.

(слід чітко прописати умови, які висуваються викладачами даної дисципліни).

Оцінка за іспит не може бути меншою **24 балів** для отримання загальної позитивної оцінки за курс.

**8.2 Організація оцінювання:** (обов'язково зазначається порядок організації передбачених робочою навчальною програмою форм оцінювання із зазначенням, у тому числі, результатів навчання, опанування яких перевіряється конкретним оцінюванням).

#### Шкала відповідності

<b>Відмінно</b> / Excellent	90-100
<b>Добре</b> / Good	75-89
<b>Задовільно</b> / Satisfactory	60-74
<b>Незадовільно</b> з можливістю повторного складання / Fail	35-59
<b>Незадовільно</b> з обов'язковим повторним вивченням дисципліни / Fail	0-34
<b>Зараховано</b> / Passed	60-100
<b>Не зараховано</b> / Fail	0-59

## СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ І ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

№ п/п	Назва теми	Кількість годин		
		лекції	лабораторні	Самостійна робота
<i>Частина 1.</i> <b>Закони та методи феноменологічної термодинаміки в застосуванні до металів та сплавів</b>				
1	<b>Тема 1.</b> Вступ. Метод термодинамічних потенціалів Гіббса. Внутрішня енергія, термодинамічний потенціал Гіббса, вільна енергія Гельмгольца, ентальпія. <b>с.р.с.</b> Вивчення матеріалу лекції. Застосування методу для вивчення термодинамічних властивостей твердих тіл.	2		4
2	<b>Тема 2.</b> Рівняння Гіббса–Гельмгольца. термодинамічні функції однокомпонентних систем. Визначення термодинамічних функцій чистих металів. Зведена вільна енергія Гіббса. <b>с.р.с.</b> Вивчення матеріалу лекції. Розрахунок термодинамічних функцій пари металу, що знаходиться в рівновазі з рідкою та твердою фазами.	2		4
3	<b>Тема 3.</b> Знаходження зв'язку між $C_p$ та $C_v$ і швидкості звуку за допомогою термодинамічного методу. <b>с.р.с.</b> Вивчення матеріалу лекції.	2		4
4	<b>Тема 4.</b> Гомогенні та гетерогенні системи. Загальні умови термодинамічної рівноваги. Хімічний потенціал. <b>с.р.с.</b> Вивчення матеріалу лекції. Екстенсивні та інтенсивні термодинамічні параметри. Об'єднане рівняння 1-го та 2-го законів термодинаміки для гомогенних багатокомпонентних систем.	2		4
5	<b>Тема 5.</b> Умови рівноваги в гомогенних системах. Закон діючих мас. <b>с.р.с.</b> Вивчення матеріалу лекції.	2		4

	Константа хімічної рівноваги.			
6	<b>Тема 6.</b> Умови рівноваги в гетерогенних системах. Правило фаз Гіббса. <b>с.р.с.</b> Вивчення матеріалу лекції. Нонваріантний стан гетерогенної системи.	2		4
7	<b>Тема 7.</b> Фазові переходи I та II роду. Рівняння Клапейрона-Клаузіуса та рівняння Еренфеста. <b>с.р.с.</b> Вивчення матеріалу лекції. Змішані фазові переходи.	2		4
8	<b>Тема 8.</b> Парціальні та інтегральні термодинамічні функції для бінарних систем. рівняння Гіббса-Дюгема. Відносні інтегральні та парціальні термодинамічні функції. Методика розрахунку парціальних термодинамічних функцій для бінарних систем за відомими інтегральними функціями. <b>с.р.с.</b> Вивчення матеріалу лекції. Зв'язок між відносними інтегральними та парціальними термодинамічними функціями для бінарних сплавів. Графічні методи розрахунку відносних парціальних термодинамічних функцій за відомими інтегральними. Підготовка до підсумкової модульної контрольної роботи.	2		4
	<i>Підсумкова модульна контрольна робота I</i>			
<b>Частина 2. Теорія розчинів. Термодинамічні функції гетерогенних бінарних систем</b>				
9	<b>Тема 9.</b> Ідеальні розчини. Закон Рауля. Ентальпія, відносна зміна об'єму при утворенні ідеального розчину. <b>с.р.с.</b> Вивчення матеріалу лекції. Додатне та від'ємне відхилення від закону Рауля. Вирази для парціальної та інтегральної ентропії та вільної енергії Гіббса ідеального розчину.	2		4
10	<b>Тема 10.</b> Реальні розчини. Функція активності. Активність (ефективна концентрація). Функція леткості, функція активності. Надлишкові термодинамічні функції. <b>с.р.с.</b> Вивчення матеріалу лекції. Вирази для парціальної та інтегральної ентропії та вільної енергії Гіббса реального розчину.	2		4
11	<b>Тема 11.</b> Розбавлені та регулярні розчини. Закон Генрі. Атермальні розчини. <b>с.р.с.</b> Вивчення матеріалу лекції. Активність розчинника.	2		4
12	<b>Тема 12.</b> Термодинамічні функції для ідеальних, реальних, розбавлених розчинів. <b>с.р.с.</b> Вивчення матеріалу лекції. Експериментальні дослідження для визначення активності (ефективної концентрації) компонентів сплаву.	2		4
13	<b>Тема 13.</b> Квазіхімічна теорія розчинів. Сильно розбавлені розчини. <b>с.р.с.</b> Вивчення матеріалу лекції. Концентраційна залежність відносної інтегральної вільної енергії Гіббса при від'ємному відхиленні від закону Рауля.	2		4
14	<b>Тема 14.</b> Термодинамічні функції гетерогенних бінарних систем. Побудова діаграми стану типу «сигара». <b>с.р.с.</b> Вивчення матеріалу лекції. Діаграма стану евтетичного типу. Правило відрізків (важелів).	2		4
15	<b>Тема 15.</b> Термодинамічні функції для бінарної системи з	2		4

діаграмою стану евтектичного типу. <b>с.р.с.</b> Вивчення матеріалу лекції. Концентраційна залежність відносної інтегральної фільної енергії Гіббса в двофазній області. Підготовка до підсумкової модульної контрольної роботи.			
<b>Підсумкова модульна контрольна робота</b>			
<b>ВСЬОГО</b>	<b>30</b>		<b>60</b>

Примітка: слід зазначити теми, винесені на самостійне вивчення

**Загальний обсяг 90 год.**<sup>4</sup>, в тому числі:

Лекцій – **30 год.**

Семінари – **0 год.**

Практичні заняття – **0 год.**

Лабораторні заняття – **30 год.**

Тренінги – **0 год.**

Консультації - **\_\_\_ год.**

Самостійна робота - **60 год.**

## ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ

### I. Теорія

1) Основні поняття термодинаміки:

- термодинамічна система;
- термодинамічний процес;
- термодинамічні параметри стану системи (термічні, калориметричні);
- термодинамічна рівновага;
- функції стану.

2) Види термодинамічний процесів: рівноважні (нерівноважні); оборотні (необоротні), колові.

3) Нульовий принцип термодинаміки.

4) Перший принцип термодинаміки.

5) Внутрішня енергія. Концепція нульової енергії

6) Політропічні процеси.

7) Перший принцип термодинаміки для ізопроцесів.

8) Другий принцип термодинаміки.

9) «Вічні двигуни» I та II роду.

9) Цикл Карно. ККД цикла Карно.

10) Ентропія. Термодинамічна ймовірність

11) Другий принцип термодинаміки в інтегральній формі.

12) Формулювання II принципу термодинаміки в статистичній фізиці.

13) Парадокс «Теплова смерть Всесвіту», розв'язання парадоксу.

14) Парадокс «Демон Максвелла», розв'язання парадоксу.

15) Третій принцип термодинаміки (теорема Нернста).

16) Термодинамічні потенціали: термодинамічний потенціал Гіббса, вільна енергія Гельмгольца, ентальпія, внутрішня енергія. Мнемонічний квадрат.

### II. Задачі.

- 1) У скільки разів збільшиться об'єм, який займає  $\nu = 0.4$  моль водню, при ізотермічному розширенні, якщо при цьому газ отримав теплоту  $Q = 800$  Дж? Температура водню  $T = 300$  К.
- 2) В двох теплоізоляованих циліндрах об'ємами  $V_1 = 3$  л і  $V_2 = 5$  л знаходяться однакові гази, які мають тиски  $p_1 = 100$  кПа і  $p_2 = 150$  кПа та температури  $T_1 = 300$  К і  $T_2 = 320$  К, відповідно. Циліндри сполучені трубою з краном. Кран відкривають і гази змішуються. Яка температура  $T$  і який тиск  $p$  встановляться в циліндрах після змішування? Об'ємом трубки знехтувати.
- 3) Азот масою  $m = 2$  кг, який має температуру  $T = 288$  К, адіабатично стискають, збільшуючи тиск в  $n = 10$  разів. Визначити роботу, витрачену на стиснення газу.

<sup>4</sup> Загальна кількість годин, відведених на дану дисципліну згідно навчального плану.



- 4) Визначити зміну ентропії при нагріванні  $m = 100 \text{ г}$  азоту від  $t_1 = 17^\circ$  до  $t_2 = 100^\circ$  при сталому тиску.
- 5) Знайти приріст ентропії одного молю ідеального газу – діоксиду вуглецю  $\text{CO}_2$  при збільшенні його абсолютної температури в  $n$  разів, якщо процес нагрівання: а) ізохорний; б) ізобарний.
- 6) Об'єм ідеального газу з показником адіабати  $\gamma$  змінюють за законом  $V = \frac{a}{T}$ ,  $a$  – стала. Знайти кількість теплоти, що отримано одним молем газу в цьому процесі, якщо температура газу має приріст  $\Delta T$ .
- 7) Теплова машина здійснює цикл, який складається з ізотерми, ізобари та ізохори. Робочим тілом машини є ідеальний газу з показником адіабати  $\gamma = 1.4$ . Максимальна температура газу при цьому  $T_{\max} = 600 \text{ K}$ , мінімальна –  $T_{\min} = 300 \text{ K}$ ; максимальний об'єм, який займає газ –  $V_{\max} = 2 \text{ л}$ , мінімальний –  $V_{\min} = 1 \text{ л}$ . Обчислити ККД цієї машини.
- 8) При політропічному процесі молярна теплоємність деякої кількості газу Ван-дер-Ваальса дорівнює  $C$ . Отримати рівняння цього політропічного процесу.

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА<sup>5</sup>:

### *Основна: (Базова)*

1. Л.А. Булавін, В.І. Лисов, С.Л. Рево, В.І. Оглобля, Т.Л. Цареградська. Фізика іонно-електронних рідин. Монографія. Київ, Вид.-поліграфічний центр „Київський університет”, 2008, 384 с.
2. Е.И.Харьков, В.И. Лысов, В.Е. Федоров “Термодинамика металлов”, Киев, изд-во “Вища школа”, 1982
3. А.П. Шпак, В. І. Лисов, Ю. А. Куницький, Т. Л. Цареградська. Термодинаміка металів і сплавів. Київ: Академперіодика, 2002 – 71 с.
4. И.П. Базаров. Термодинамика. М.: Высшая школа, 1991, 376с.
5. Свелін Р.А. Термодинамика твердого состояния. М.: Металлургия, 1968, 314 с.
6. <http://gen.phys.univ.kiev.ua/wp-content/uploads/2013/02/thermodynamic.pdf>

### *Додаткова:*

7. Гиббс Дж.В. Термодинамические работы. Москва: Гостех-из., 1950.– 492 с.
8. Ашкрофт Н., Мермин Н. Фізика твердого тела: 2-х т. М., Мир, 1979, 821с.
9. В. М. Глазов “Основы физической химии”, Москва. “Высшая школа”, 1981.
10. [https://docs.google.com/file/d/1DkSrmiB98ng7ALS9SsKugThO3bgtzyxmzSNk4AXFI\\_V2Vwp\\_y\\_XW3TC6gT5-/edit?pli=1](https://docs.google.com/file/d/1DkSrmiB98ng7ALS9SsKugThO3bgtzyxmzSNk4AXFI_V2Vwp_y_XW3TC6gT5-/edit?pli=1)

---

<sup>5</sup> В тому числі Інтернет ресурси