

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

*Затверджую*

Голова Приймальної комісії



Михайло  
ЗГУРОВСЬКИЙ

*28.04.2023*

дата

**Навчально-науковий інститут матеріалознавства та зварювання  
ім. Є.О. Патона**

повна назва факультету навчально-наукового інституту

**ПРОГРАМА**

**комплексного фахового випробування**

для вступу на освітньо-наукову програму «Матеріалознавство» підготовки магістра  
*за спеціальністю 132 Матеріалознавство*

Програму ухвалено:

Вченою Радою Навчально-наукового інституту  
матеріалознавства та зварювання ім. Є.О. Патона

Протокол № 5/23 від «03» «квітня» 2023 р.

Голова Вченої Ради

Юрій СИДОРЕНКО

Київ – 2023

## ВСТУПНА ЧАСТИНА

Програма комплексних фахових випробувань для вступу на 2-й (магістерський) рівень освітньо-наукової програми «Матеріалознавство» спеціальності 132 Матеріалознавство в Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» регламентує форму, зміст, критерії оцінювання та загальний порядок проведення комплексного фахового випробування.

Задачі програми – надати перелік питань, які охоплюють основний зміст вказаних дисциплін і вивчення яких надасть змогу успішно скласти вступні випробування.

Дана програма укладена на основі змісту нормативних дисциплін циклу фахової підготовки бакалавра за спеціальністю 132 Матеріалознавство:

1. «Кристалографія, кристалохімія та мінералогія»;
2. «Фізичні властивості та методи дослідження матеріалів»;
3. «Металознавство»;
4. «Механічні властивості та конструкційна міцність матеріалів»;
5. «Фізика конденсованого стану матеріалів»;
6. «Теорія тепло- та масопереносу в матеріалах»;
7. «Термічна обробка металів та сплавів»;
8. «Теорія та технологія синтезу дисперсних наноматеріалів».

Комплексне фахове випробування проводиться письмово, з використанням затверджених білетів, які містять три питання з нормативних дисциплін бакалаврської підготовки. Загальна тривалість випробування – три академічні години (135 хв) – без перерви.

Голова або один з членів атестаційної підкомісії видає вступникам екзаменаційні білети, а також підготовлені аркуші для оформлення письмових відповідей на питання екзаменаційного білету.

Загальний час (135 хв.) на проведення комплексного фахового випробування розподіляється наступним чином: на організаційну частину комплексного фахового випробування (роз'яснення щодо проведення, оформлення робіт, ознайомлення з критеріями оцінювання відповідей, видачу білетів і аркушів для оформлення роботи) відводиться 15 хвилин, для підготовки відповідей на три питання екзаменаційного білету вступнику відводиться 105 хвилин і на заключну частину (збір екзаменаційних білетів і письмових робіт у вступників членами атестаційної підкомісії) відводиться 15 хвилин.

Після закінчення часу, відведеного на складання фахового випробування, проводиться перевірка відповідей та їх оцінювання членами атестаційної підкомісії. Підведення підсумку комплексного фахового випробування здійснюється шляхом

занесення балів в екзаменаційну відомість. З результатами іспиту вступник ознайомлюється згідно з правилами прийому до Університету.

## ОСНОВНИЙ ВИКЛАД

### 1. Дисципліна «Кристалографія, кристалохімія та мінералогія»

1. Класифікація кристалічних речовин за зв'язком між атомами.
2. Аморфні та кристалічні тверді тіла, їх фізичні властивості. Ізотропія та анізотропія кристалів.
3. Операції симетрії в кристалах. формула симетрії для кубу.
4. Точкові групи симетрії. Виведення точкової групи  $C_n (L_n)$ .
5. Сингонії та категорії кристалів.
6. Стереографічна проекція кристалів на прикладі кубу.
7. Гномостереографічна проекція кристалів на прикладі тригональної біпіраміди.
8. Індокси вузлів атомів, індокси напрямів у кристалі, індокси площин кристалів.
9. Елементарні комірки кристалу та їх базис.
10. Типи решіток Браве та їх характеристики.
11. Обернена ґратка та її властивості.

### 2. Дисципліна «Фізичні властивості та методи дослідження матеріалів»

1. Трикутник Курнакова та пряма й обернена задачі матеріалознавства.
2. Ефект Зеебека та його застосування для вимірювання температури.
3. Типи пірометрів (стисла характеристика). Яскравісна, кольорова та радіаційна температури.
4. Методи термічного аналізу – стисла характеристика.
5. Фізична сутність теплового розширення твердих тіл. Температурний коефіцієнт лінійного та об'ємного розширення.
6. Дилатометрія – стисла характеристика методів.
7. Температурна залежність електропровідності металів.
8. Методи виміру опору – стисла характеристика.
9. Фізичні величини, що описують магнітне поле в середовищі. Типи магнетиків (поділ за магнітною сприйнятливістю).
10. Петля гістерезису та її характеристики. Магнітотверді та магнітом'які матеріали.

### 3. Дисципліна «Металознавство»

1. Металевий зв'язок. Схема енергії взаємодії двох атомів в залежності від міжатомної відстані.
2. Атомно-кристалічна будова металів. Пластична деформація і рекристалізація.
3. Будова реальних металевих кристалів. Дефекти кристалічної будови, їх класифікація, характеристика.
4. Формування структури металів при кристалізації. Механізм процесу кристалізації. Гомогенне і гетерогенне зародкоутворення.
5. Модифікування. Механізм росту, параметри кристалізації. Ступінь переохолодження та його вплив на параметри кристалізації, коефіцієнт дифузії, зміну вільної енергії.
6. Поліморфні перетворення. Поліморфізм заліза. Крива охолодження заліза. Термічний аналіз.
7. Будова металевого зливка, процес його кристалізації та явища, пов'язані з кристалізацією у виливниці.
8. Діаграма стану подвійної системи із необмеженою розчинністю компонентів в рідкому і твердому станах. Правило відрізка. Випадки поліморфних перетворень в даній системі.
9. Випадок евтектичного перетворення в подвійній системі. Побудова діаграми Sn - Zn методом термічного аналізу. Кристалізація сплавів.
10. Випадок обмеженої розчинності в твердому стані на прикладі системи Cu – Ag. Умови утворення твердих розчинів заміщення і проникнення.
11. Випадок перитектичного та монотектичного перетворень. Використання правила відрізків при кристалізації сплавів.
12. Евтектоїдне та перетиктоїдне перетворення. Використання правила відрізків при кристалізації сплавів.
13. Зв'язок діаграми стану із властивостями (закони Курнакова).
14. Стабільна і метастабільна рівновага в системі залізо-вуглець. Схема кристалізації високовуглецевих сплавів.
15. Структура і властивості сірих чавунів. Умови їх отримання. Графітизуюче відпалювання.
16. Діаграма стану потрійної системи з нерозчинністю компонентів у твердому стані. Загальна характеристика. Кристалізація потрійних сплавів.

#### **4. Дисципліна «Механічні властивості та конструкційна міцність матеріалів»**

1. Пружність металів. Закон Гука.
2. Методи вимірювання твердості сплавів.
3. Вплив розміру зерен на механічні властивості металів та сплавів. Закон Холла-Петча.
4. Пластична деформація ковзанням. Системи ковзання для ГЦК-кристалів.
5. Руйнування металів. Види зламів. Критерій Гріффітса.
6. Види дислокацій. Вектор Бюргерса крайової та гвинтової дислокації.
7. Точкові дефекти в металах та сплавах. Залежність концентрації вакансій від температури.
8. Деформаційне зміцнення металів та сплавів.

#### **5. Дисципліна «Фізика конденсованого стану матеріалів»**

1. Квантова теорія вільних електронів у кристалі.
2. Поверхня Фермі вільних електронів у кристалі.
3. Зони Бріллюена.
4. Провідники з точки зору зонної теорії.
5. Діелектрики з точки зору зонної теорії.
6. Напівпровідники з точки зору зонної теорії.
7. Теорема Блоха.
8. Наслідки теореми Блоха.
9. Циклічні умови Борна-Кармана.
10. Хвильові функції вільних електронів у кристалі.
11. Кількість квантових станів в зоні Бріллюена (густина станів у зоні Бріллюена).
12. Квазіімпульс електрона у кристалі.
13. Ефективна маса електрона у кристалі.  $n$ -провідність у напівпровідниках.  
 $p$ -провідність у напівпровідниках.

#### **6. Дисципліна «Теорія тепло- та масопереносу в матеріалах»**

1. Рівняння, що описують теплоперенос в металах і сплавах.
2. Рівняння, що описують масоперенос в металах і сплавах.
3. Виведення 2-го рівняння Фіка.
4. Густина потоку речовини.
5. Коефіцієнт дифузії.

6. Типи коефіцієнтів дифузії. Коефіцієнти гетеро- і самодифузії.
7. Ефект Кіркендала. Власні коефіцієнти дифузії.
8. Рівняння Даркена.
9. Постановка початково-крайових задач масопереносу.
10. Типи розв'язків 2-го рівняння Фіка.
11. Стаціонарні задачі масопереносу.
12. Залежність коефіцієнтів дифузії від різних чинників.
13. Формула Ареніуса.
14. Розрахунок енергії активації дифузії.
15. Класифікація експериментальних методів визначення коефіцієнтів дифузії.

## **7. Дисципліна «Термічна обробка металів та сплавів»**

1. Обґрунтувати механізм утворення аустеніту при нагріванні сталей.
2. Визначити поняття про спадковість при нагріві сталі.
3. Проаналізувати процес перетворень при нагріванні сталі вище температур  $A_1$  та  $A_3$ .
4. Визначення сутності перетворень аустеніту при безперервному охолодженні.
5. Визначення сутності перетворення аустеніту в проміжній області температур (бейнітне перетворення).
6. Визначити сутність перетворень в загартованих сталях при відпуску.
7. Визначення сутності мартенситного перетворення аустеніту.
8. Дати оцінку характеристикам мартенситу, бейніту, троститу, сорбіту і перліту.
9. Дати оцінку перлітного перетворення аустеніту.
10. Визначити фактори, які впливають на загартовуваність та прогартовуваність сталі.
11. Визначення сутності ізотермічного перетворення аустеніту.
12. Визначити механізм перлітно-аустенітного перетворення при нагріванні сталі.
13. Проаналізувати механізм бейнітного перетворення аустеніту.
14. Визначити вплив швидкості охолодження аустеніту на структуру та властивості сталі.
15. Дати оцінку головним закономірностям мартенситного перетворення аустеніту.
16. Проаналізувати діаграми ізотермічного перетворення переохолодженого аустеніту вуглецевих сталей.
17. Дати оцінку перетворень при відпуску загартованої сталі.
18. Проаналізувати фактори, які впливають на прогартовуваність сталей.
19. Визначити умови гартування сталей.

20. Визначити фазові та структурні складові вуглецевих сталей та чавунів.
21. Визначити основні види термічної обробки.
22. Проаналізувати процес гомогенізуючого відпалу сталей.
23. Визначити сутність повного відпалу сталей.
24. Дати оцінку процесу нормалізації сталі.
25. Проаналізувати вибір охолоджуючих середовищ під час гартування сталей.
26. Дати оцінку способів охолодження деталей при гартуванні.

#### **8. Дисципліна – «Теорія та технологія синтезу дисперсних наноматеріалів»**

1. Загальна характеристика низькорозмірних систем. Основні парадигми, підходи. Історичні аспекти розвитку наноматеріалів та нанотехнологій. Глобальне значення нанотехнології, наноматеріалів, нанопристроїв для розвитку науки і техніки.
2. Класифікація наноструктурних об'єктів. Визначення розмірності і її роль у фізичних і хімічних явищах. Співвідношення між об'ємом, між фазною межею і поверхнею. Кластери, незвичайні наноб'єкти. Дефекти в кристалічних об'єктах.
3. Основні методи отримання нанодисперсних порошків. Класифікація.
4. Основні методи отримання нанодисперсних порошків. Синтез в умовах нанореакторів.
5. Отримання нанопорошків подрібненням, механохімічним синтезом.
6. Класифікація консолідованих наноматеріалів по Гляйтеру. Контрольована кристалізація із аморфного стану. Теорія консолідації наночастинок.
7. Фулерени, нанотрубки, нанокластери: технологія отримання, структура, властивості.
8. Методи характеристики наночастинок.

## ПРИКІНЦЕВІ ПОЛОЖЕННЯ

Під час проведення комплексного фахового випробовування вступникам забороняється використовувати допоміжний матеріал.

### Критерії оцінювання результатів фахових вступних випробувань для вступу на II (магістерський) рівень освіти освітньо-наукової програми «Матеріалознавство» спеціальності 132 Матеріалознавство

На комплексному фаховому випробуванні вступник отримує екзаменаційний білет, який включає три питання з переліку зазначених вище тем і розділів навчальних дисциплін.

Відповідь на кожне питання оцінюється за 100-бальною шкалою:

RD	Критерії оцінювання
95...100	Відповідь повна, наведені необхідні схеми, пояснення, приклади і розрахунки, матеріал викладений у логічній послідовності, містить необхідні детальні викладки для формул.
85...94	Відповідь повна, але з незначними неточностями. Наведені визначення основних понять і величин, фізична суть процесів викладена вірно.
75...84	Відповідь повна, принципово вірна, але з несуттєвими неточностями. Наведений скорочений набір схем, пояснень, прикладів, розрахунків.
65...74	Відповідь повна і правильна, але теоретичний матеріал викладений з неточностями і містить окремі несистемні помилки. Наведений скорочений набір схем, пояснень, прикладів і розрахунків.
60...64	Відповідь не повна, але без системних помилок. Викладені базові поняття і наведені визначення основних принципів, фізична суть процесів. Представлені окремі схеми, пояснення, розрахунки містять помилки і неточності.
1... 59	Відповідь неповна з принциповими (грубими) помилками.
0	Відповідь відсутня або її зміст не відповідає питанню.

Загальна оцінка за комплексне фахове випробування обчислюється, як середнє арифметичне значення балів трьох відповідей. Таким чином, за результатами вступного комплексного фахового випробування вступник може набрати від 0 до 100 балів.

Обчислення конкурсного балу в ЄДЕБО проводиться із застосування шкали оцінювання 100...200 балів (подібно до шкали оцінок ЄВІ та ЄФВВ). Відповідно, потрібен



перерахунок оцінки рейтингової системи оцінювання (60...100 балів РСО) в 200-бальну шкалу. Такий перерахунок здійснюється згідно з Таблицею відповідності оцінок РСО (60...100 балів) оцінкам 200-бальної шкали (100...200 балів), яка наведена нижче.

Таблиця відповідності оцінок РСО (60...100 балів)  
оцінкам 200-бальної шкали (100...200 балів)

шкала РСО	шкала 100...200	шкала РСО	шкала 100...200	шкала РСО	шкала 100...200	шкала РСО	шкала 100...200
60	100	70	140	80	160	90	180
61	105	71	142	81	162	91	182
62	110	72	144	82	164	92	184
63	115	73	146	83	166	93	186
64	120	74	148	84	168	94	188
65	125	75	150	85	170	95	190
66	128	76	152	86	172	96	192
67	131	77	154	87	174	97	194
68	134	78	156	88	176	98	196
69	137	79	158	89	178	99	198
						100	200

*Приклад екзаменаційного білета:*

**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»  
Навчально-науковий інститут матеріалознавства та зварювання  
ім. Є.О. Патона**

Фаховий комплексний іспит  
для вступу на другий (магістерський) рівень  
вищої освіти освітньо-наукової програми «Матеріалознавство»  
спеціальності 132 Матеріалознавство.

ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № \_\_\_\_\_

1. Класифікація кристалічних речовин за зв'язком між атомами.
2. Фізична сутність теплового розширення твердих тіл. Температурний коефіцієнт лінійного та об'ємного розширення.
3. Загальна характеристика наноматеріалів.

Голова атестаційної підкомісії

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Мініцький А.В.  
(прізвище, ініціали)

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

### До дисципліни «Кристалографія, кристалохімія та мінералогія»

1. Л.О. Бірюкович. Кристалографія, кристалохімія та мінералогія. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу. – К. ІВЦ, видавництво «Політехніка», 2005. – 36 с.
2. Михайло Куровець. Кристалографія і мінералогія. Ч.1. Львів, видавництво «Світ», 1996.
3. Заблоцький Володимир Кирилович. Кристалографія і мінералогія: навч. посіб. для студ. денної і заочної форм навч. спец. "Ливарне виробництво чорних і кольорових металів і сплавів" / В.К. Заблоцький, О.І. Шимко, О.В. Лапченко; М-во освіти і науки, молоді та спорту України, Донбаська держ. машинобудівна акад. (ДДМА). - Краматорськ: ДДМА, 2012. - 163 с.
4. Грінченко, Володимир Федорович. Кристалографія : навчальний посібник із дисципліни "Мінералогія з основами кристалографії" / В.Ф. Грінченко, В.А. Нестеровський, І.В. Квасниця; Київський національний університет імені Тараса Шевченка. - Київ : ВПЦ "Київський університет", 2011. - 205 с.

### До дисципліни «Фізичні властивості та методи дослідження матеріалів»

1. Холявко, Валерія Вікторівна, Фізичні властивості та методи дослідження матеріалів : навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за напрямом галузі знань 13 - Механічна інженерія спеціальності 132 - Матеріалознавство денної та заочної форм навчання / В.В. Холявко, І.А. Владимирський, О.О. Жабинська; Міністерство освіти і науки України, Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського". - Київ : Центр учбової літератури, 2017. - 156 с.
2. Говорун, Тетяна Павлівна. Фізичні властивості і методи дослідження матеріалів: навч. посіб. / Т.П. Говорун, А.Ф. Будник, В.Б. Юскаєв; М-во освіти і науки України, Сумський державний університет. - Суми : Сумський держ. ун-т, 2014. - 255 с.
3. Мовчан, Станіслав Петрович. Фізичні властивості матеріалів та методи їх визначення: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закладів / С.П. Мовчан, В.К. Жданюк; Міністерство освіти і науки України, ХНАДУ. - Харків, 2006. - 208 с.

4. Структура і фізичні властивості твердого тіла: лабораторний практикум: навч. посіб. для інж.-фіз. і фіз. спец. вузів / [О. Г. Алавердова та ін.]; за ред. Л. С. Палатника. - Київ: Вища школа, 1992. - 310 с.

#### **До дисципліни «Металознавство»**

1. Металознавство: Підручник / О.М. Бялік, В.С. Черненко, В.М. Писаренко, Ю.Н. Москаленко. 2-ге вид., перероб. і доп. – К. : ІВЦ “Видавництво “Політехніка”, 2002. 384 с.

2. Діаграми стану потрійних систем: Навч. посібник / В.С. Черненко, О.І. Дудка, В.М. Писаренко, Л.В. Голуб. Під ред. В.С. Черненка. – К.: ІЗМН, 2000. – 90 с.

3. Матеріалознавство: Навч. посібник / Більченко О.В., Дудка О.І., Лобода П.І. –К.: Кондор. – 2009. – 154с.

4. 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. – К. : Вид-во «Політехніка», 2015. –Т.1,2. – 272 с.

#### **До дисципліни «Механічні властивості та конструкційна міцність матеріалів»**

1. Основи механіки руйнування : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навч. за напр. підгот. "Інженерне матеріалознавство" / В.С. Майборода [та ін.] ; Мін-во освіти і науки України, НТУУ "КПІ". - Київ : НТУУ "КПІ", 2010. - 124 с.

2. Богданов В'ячеслава Леонідович. Основи експериментальних методів механіки деформівного твердого тіла : навчальний посібник / В.Л. Богданов, Я.О. Жук, О.С. Богданова ; Національна академія наук України, Міністерство освіти і науки України, Відділення цільової підготовки Київського національного університету імені Тараса Шевченка. - Київ : Академперіодика, 2016. - 278 с.

3. Рябічева Людмила Олександрівна. Механічні властивості та конструкційна міцність матеріалів : навч. посіб. / Л.О. Рябічева ; М-во освіти і науки України, Східноукраїнський нац. ун-т ім. В. Даля. - Луганськ : [Вид-во СНУ ім. В. Даля], 2013. - 355 с.

4. Пчелінцев Віктор Олександрович. Механічні властивості та конструкційна міцність матеріалів : навч. посібн. / В.О. Пчелінцев, А.І. Дегула ; Мін-во освіти і науки, молоді та спорту України, Сумський держ. ун-т. - Суми : Сумський державний університет, 2012. - 246 с.

5. Шкриль Олексій Олександрович. Механіка руйнування : спецкурс : навчальний посібник для студентів галузі знань "Архітектура та будівництво" спеціальності 192 "Будівництво та цивільна інженерія" освітнього рівня "магістр"/ О.О. Шкриль; Міністерство

освіти і науки України, Київський національний університет будівництва і архітектури. - Київ : КНУБА, 2020. - 103 с.

### **До дисципліни “Фізика конденсованого стану матеріалів”**

1. Зауличний Ярослав Васильович, Фізика конденсованого стану для матеріалознавців : підручник / Я.В. Зауличний, Ю.В. Яворський ; Міністерство освіти і науки України, Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського" - Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. - 487 с.

2. Фізика конденсованого стану матеріалів : навчальний посібник / [Т.П. Говорун та ін.] ; Міністерство освіти і науки України, Сумський державний університет. - Суми : Сумський державний університет, 2015. - 235 с.

3. Будова рідких, аморфних та кристалічних матеріалів: експериментальний електронний підручник / С.І. Сидоренко, М.В. Белоус, М.О. Васильєв та ін., Миколаїв, 1999 р. — 264 с.

4. Загальний курс фізики : збірник задач : навч. посіб. для студ. інж.-тех. і пед. спец. вищ. навч. закл. / [І.П. Гаркуша, І.Т. Горбачук, І.М. Кучерук та ін.] ; за ред. І.П. Гаркуші. - Київ : Техніка, 2004. - 557 с.

### **До дисципліни «Теорія тепло- та масопереносу»**

1. Навчальний посібник. С.І. Сидоренко, О.В. Філатов, С.М. Волошко. Аномальне масоперенесення. Закономірності та механізми: Навч. посіб. – К.: ІВЦ „Політехніка”, 2008.- 70 с.

2. Сидоренко Сергій Іванович, Теорія тепло-та масопереносу в матеріалах : підручник для студентів, які навчаються за спеціальністю 132 "Матеріалознавство", освітньою програмою "Металофізичні процеси та їх комп'ютерне моделювання" / С.І. Сидоренко, С.М. Волошко ; Міністерство освіти і науки України, Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського". - Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. - 199 с.

3. Жданова Ірина Валеріївна. Моделювання та керування процесами дифузії та тепломасообміну з жорсткими односторонніми властивостями: монографія / І.В. Жданова; Мін-во освіти і науки України, НТУУ "КПІ". - Київ : НТУУ "КПІ", 2010. - 140 с.

4. Новіков Віталій Володимирович. Дифузія в неоднорідних середовищах : монографія / В.В. Новіков, Я.М. Корнієнко ; Мін-во освіти і науки України, НТУУ "КПІ". - Київ : НТУУ КПІ, 2009. - 213 с.

5. Сидоренко, Сергій Іванович, 1947- Математичне моделювання процесів дифузії / С. І. Сидоренко, Л. М. Березовська, С. М. Волошко; Нац. техн. у-т України "Київський політехнічний інститут". - Київ : Наукова думка, 2007. - 324 с.

#### **До дисципліни «Термічна обробка металів та сплавів»**

1. Кузш О.А., Яцюк РА. Металознавство та термічна обробка металів.-Львів: Афіша, 2002.-304 с.

2. Металознавство і термічна обробка металів і сплавів, Ю.М. Таран, Є.П. Калінушкін та інші – Дніпропетровськ.: Дніпрокнига, 2002. – 360с.

3. Мохорт Аркадій Володимирович, автор. Термічна обробка металів : навчальний посібник для учнів професійно-технічних навчальних закладів / А.В. Мохорт, М.Г. Чумак. - Київ: Либідь, 2002. - 512 с.

4. Середа, Борис Петрович Металознавство та термічна обробка чорних та кольорових металів : підручник для студ. вищ. навч. закл. / Б.П. Середа ; Запорізька держ. інженерна академія. - Запоріжжя, 2008. - 302 с.

5. Кузін Олег Анатолійович Металознавство та термічна обробка металів : Підручник / О. А. Кузін, Р. А. Яцюк; Науково-метод. центр вищої освіти, Нац. ун-т "Львівська політехніка". - К. : Основа, 2005. - 324 с.

#### **До дисципліни «Теорія та технологія синтезу дисперсних наноматеріалів»**

1. Скороход В.В. Фізико-хімічна кінетика в наноструктурних системах / В.В. Скороход В.В., І.В. Уварова , А.В. Рагуля. – Академперіодика, 2001. –150 с.

2. Рагуля А. В. Наукові основи створення наноматеріалів [Електронний ресурс] : конспект лекцій / А. В. Рагуля. – Електронні данні. – Київ, 2021.

3. Нанохімія, наносистеми, наноматеріали / С.В. Волков, Є.П. Ковальчук, В.М. Огієнко, О.В. Решетняк. – Київ: Наукова думка, 2008. – 424 с.

4. Габ, Ангеліна Іванівна, автор. Наноматеріали: класифікація, технології одержання, особливі властивості, основні методи досліджень та напрями застосування : навчальний посібник / А.І. Габ, Д.Б. Шахнін, В.В. Малишев ; Міністерство освіти і науки України, Університет "Україна". - Київ : Університет "Україна", 2020. - 235 с.

5. Кунтий Орест Іванович, автор. Електрохімічний синтез металевих наночастинок і нанокompозитів : монографія / О.І. Кунтий, М.М. Яцишин, Г.І. Зозуля, О.Я. Добро-

вкцька, О.В. Решетняк, за редакцією О.Кунтого та О. Решетняка ; Міністерство освіти і науки України, Національний університет "Львівська політехніка". - Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2019. - 286 с.

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

Зав. кафедри ВТМ та ПМ

д.т.н., професор



Юрій БОГОМОЛ

Зав. кафедри ФМТО

д.т.н., професор



Мирослав КАРПЕЦЬ

к.т.н., проф. кафедри ВТМ та ПМ



Анатолій СТЕПАНЧУК

к.т.н., доц. кафедри ВТМ та ПМ



Олег СТЕПАНОВ

к.т.н., доц. кафедри ФМТО



Марина БОБІНА

Програму рекомендовано:

на засіданні кафедри ВТМ та ПМ

протокол №10 від «01» «березня» 2023 р.

Зав. кафедри  Юрій БОГОМОЛ

Затверджено на засіданні кафедри ФМТО

Протокол № 5 від «15» «лютого» 2023 р.

Зав. кафедри  Мирослав КАРПЕЦЬ