

Силабус
освітнього компонента ОК 5
(умовне позначення ОК в освітній програмі (ОП))

Наноматеріали, нанотехнології і їх застосування

Назва дисципліни:	Наноматеріали, нанотехнології та їх застосування
Рівень вищої освіти:	другий (магістерський)
Галузь знань:	13 Механічна інженерія
Спеціальність:	132 Матеріалознавство
Освітньо-професійна (Освітньо-наукова) програма:	«Матеріалознавство»
Сторінка курсу в Moodle:	https://dl2022.khadi-kh.com/enrol/index.php?id=1547
Рік навчання:	1
Семестр:	1 (осінній)
Обсяг освітнього компонента	7 кредитів (210 годин)
Форма підсумкового контролю	Екзамен
Консультації:	за графіком
Назва кафедри:	Технологія металів та матеріалознавства
Мова викладання:	Українська
Керівник курсу:	Глушкова Діана Борисівна, д.т.н., професор
Контактний телефон:	+380974811593
E-mail:	diana.borisovna@gmail.com

Короткий зміст освітнього компонента:

Метою є набуття студентами знань, навичок, а також умінь, що дозволяють орієнтуватися в термінології і напрямках нанотехнології, як сукупності біологічних і технологічних методів, застосовуваних для вивчення наночастинок, наноструктур, наноматеріалів, наноз'єднань, та інших для їх практичного використання..

Предмет: принципи, теоретичні основи наноматеріалів та нанотехнологій, методи одержання наноматеріалів, особливості їх практичного використання.

Основними завданнями вивчення навчальної дисципліни є формування теоретичних знань та практичних навичок у майбутніх фахівців відповідно до поставленої мети.

Передумови для вивчення освітнього компонента:

Вища математика, фізика, матеріалознавство.

Компетентності, яких набуває здобувач:

Загальні компетентності:

ЗК.02 Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК.04 Здатність спілкуватися іноземною мовою.

Спеціальні (фахові) компетентності:

СК.01 Здатність виявляти та ставити проблеми в сфері матеріалознавства, приймати ефективні рішення для їх вирішення.

СК.06 Здатність розуміти та використовувати математичні та числові методи моделювання властивостей, явищ та процесів.

СК.10 Здатність організовувати та здійснювати комплексні випробування матеріалів і виробів.

СК.12 Здатність розробляти та реалізовувати проекти в сфері матеріалознавства, а також дотичні до неї міждисциплінарні проекти.

СК.14 Здатність застосовувати набуті знання в області комп'ютерного моделювання та дизайну матеріалів деталей для вузлів, обладнання автомобільного транспорту, будівельно-дорожніх, підйомно-транспортних машин в залежності від вимог замовника та сучасного ринку.

Результати навчання відповідно до освітньої програми:

РН 1. Розуміти та застосовувати принципи системного аналізу, причинно-наслідкових зв'язків між значущими факторами та науковими і технічними рішеннями в контексті існуючих теорій.

РН 9. Застосувати методи LCA-аналізу, еко-аудиту, підходів стійкого розвитку під час розробки нових матеріалів та впровадження нових технологій.

РН 12. Формулювати та розв'язувати науково-технічні задачі для розробки, виготовлення, випробування, сертифікації, утилізації матеріалів, створення та застосування ефективних технологій виготовлення виробів.

РН 14. Обґрунтовано призначати та контролювати показники якості матеріалів та виробів.

РН 19. Розробляти комплексний дизайн нових матеріалів і виробів на їх основі з урахуванням експлуатаційних властивостей та умов використання.

Тематичний план

№ теми	Назва тем (ЛК, ЛР, ПР, СЗ, СР)	Кількість годин	
		очна	заочна
1	2	3	4
1	ЛК. Наноматеріали. Загальна характеристика.	2	-
	ПР. Основні методи одержання наноматеріалів. Одержання порошкових наночастиць..	2	-
	СР. Наносистеми, їх основні характеристики.	6	-
2	ЛК. Способи отримання наноматеріалів	2	-
	ПР. Визначення механічних властивостей покриттів різного складу, способів нанесення й поверхневого оброблення методом наноіндентування.	2	-
	СР. Методи дослідження наноматеріалів.	8	-
3	ЛК. Способи отримання наноматеріалів	2	-
	ПР. Методи дослідження наноматеріалів і наноструктурних покриттів. Загальна класифікація методів.	2	-
	СР. Особливості нанорозмірного стану речовини. Розмірні ефекти. Нанорозмірний фактор у матеріалознавстві.	8	-
4	ЛК. Методи дослідження наноматеріалів.	2	-
	ПР. Методи дослідження наноматеріалів і наноструктурних покриттів. Оптичні методи.	2	-
	СР. Обмеження у використанні наноматеріалів.	8	-
5	ЛК. Загальні закономірності структури і властивостей нанокристалічних матеріалів	2	-
	ПР. Вивчення стану поверхонь за допомогою системи аналізу поверхні NEW VIEW 600SWLI.	2	-
	СР. Нанополімерні, супрамолекулярні, нанобіологічні і нанопористі структури.	8	-
6	ЛК. Кристалографічні параметри нанодисперсних сполук та їх поведінка в розплавах	2	-

	ПР. Розрахунки фізичної адгезії на границі розділення компонентів на підставі загальної теорії Ван-дер-Ваальсової взаємодії та аналіз енергії хімічного зв'язку на границі розділення компонентів та її внеску в енергію адгезійного зчеплення.	2	-
	СР. Отримання кластерів алмазу з газової фази.	8	-
7	ЛК. Технології наномодифікування залізовуглецевих та кольорових сплавів.	2	-
	ПР. Методи модифікування поверхонь мінеральних та органічних наповнювачів.	2	-
	СР. Вуглецеві наноматеріали.	6	-
8	ЛК. Нанопокриви як метод отримання поверхневих наноструктур	2	-
	ПР. Метод іонно-плазмового нанесення покриттів.		-
	СР. Термічний розклад.	6	-
9	ЛК. Матеріали для наноелектроніки.	2	-
	ПР. Основні методи дослідження наноматеріалів.	2	-
	СР. Електронна мікроскопія.	6	-
10	ЛК. Наноматеріали для приладів, машин і апаратів	2	-
	ПР. Дослідження можливості застосування методів порошкової металургії для виробництва наноматеріалів.	2	-
	СР. Деформаційні методи отримання наноструктурних матеріалів.	8	-
11	ЛК. Наноматеріали для приладів, машин і апаратів	2	-
	ПР. Дослідження структури та властивостей наноматеріалів отриманих методами рівно-канального кутового пресування та крутіння під тиском.	2	-
	СР. Сканівний зондовий мікроскоп.	6	-
12	ЛК. Застосування і властивості наноматеріалів	2	-
	ПР. Дослідження стабільності структури та властивостей консолідованих наноматеріалів при високих температур.	2	-
	СР. Характеристика поверхневих структур.	8	-
13	ЛК. Застосування і властивості вуглецевих наноматеріалів	2	-
	ПР. Дослідження властивостей ультрадрібнозернистих конструкційних сталей, отриманих у процесі деформаційного наноструктурування.	2	-
	СР. Тубулярні і цибулинні структури.	10	-
14	ЛК. Фізико-хімічні основи процесів мікро- та нанотехнології	2	-
	ПР. Дослідження структури та властивостей наноматеріалів, отриманих методами іонної обробки поверхні.	2	-
	СР. Вплив розміру зерен і меж поділу на фізико – механічні властивості наноматеріалів.	8	-
15	ЛК. Наноструктурні матеріали в ядерній енергетиці	2	-
	ПР. Синтез і оптичні властивості водних розчинів наночастинок золота.	2	-
	СР. Ліквіація нанопорошків у розплавах.	6	-
16	ЛК. Наноструктуровані сплави і наноматеріали в автомобільній промисловості	2	-
	ПР. Синтез і оптичні властивості водних розчинів наночастинок срібла.	2	-
	СР. Скануюча зондова мікроскопія наноматеріалів.	6	-

Разом	ЛК	32	-
	ПР	32	-
	СРС	116	-
	Іспит	30	
Усього за семестр		210	

Індивідуальне навчально-дослідне завдання (за наявності):

Методи навчання:

МН1– словесний метод (лекція, навчальна дискусія, пояснення);

МН2 – практичний метод (практичні заняття, виконання вправ, написання статей);

МН3 – наочний метод (метод ілюстрацій, метод демонстрацій, самостійне спостереження, складання графічних схем і таблиць);

МН4 – робота з літературою (навчально-методичною; науковою літературою; робота за підручниками і посібниками; пошук інформації за завданням);

МН6 – самостійна робота;

МН7 – науково-дослідна робота студентів (студентські презентації та виступи на наукових заходах)

Форми та методи оцінювання

ФМО1 – міжсесійний контроль (поточна перевірка, тематична перевірка)

ФМО2 – підсумковий контроль (семестровий іспит)

ФМО4 – письмовий контроль (індивідуальні завдання)

ФМО5 – тестовий контроль (стандартизовані тести)

ФМО7 – практична перевірка (захист практичних робіт, презентації виконаних завдань та досліджень, студентські презентації та виступи на наукових заходах)

ФМО8 – методи самоконтролю і самооцінки

Система оцінювання та вимоги:

Поточна успішність

1 Поточна успішність здобувачів за виконання навчальних видів робіт на навчальних заняттях і за виконання завдань самостійної роботи оцінюється за допомогою чотирибальної шкали оцінок з наступним перерахуванням у 100-бальною шкалу. Під час оцінювання поточної успішності враховуються всі види робіт, передбачені навчальною програмою.

1.1 Лекційні заняття оцінюються шляхом визначення якості виконання конкретизованих завдань.

1.2 Практичні заняття оцінюються якістю виконання контрольного або індивідуального завдання, виконання та оформлення практичної роботи.

1.3 Лабораторні заняття оцінюються якістю виконання звітів про виконання лабораторних робіт.

1.4 Семінарські заняття оцінюються якістю виконання індивідуального завдання/реферату.

2 Оцінювання поточної успішності здобувачів вищої освіти здійснюється на кожному практичному занятті (лабораторному чи семінарському) за чотирибальною шкалою («5», «4», «3», «2») і заносяться у журнал обліку академічної успішності.

– «відмінно»: здобувач бездоганно засвоїв теоретичний матеріал, демонструє глибокі знання з відповідної теми або навчальної дисципліни, основні положення;

– «добре»: здобувач добре засвоїв теоретичний матеріал, володіє основними аспектами з першоджерел та рекомендованої літератури, аргументовано викладає його; має практичні навички, висловлює свої міркування з приводу тих чи інших проблем, але припускається певних неточностей і похибок у логіці викладу теоретичного змісту або при аналізі практичного;

– «задовільно»: здобувач в основному опанував теоретичні знання навчальної теми, або дисципліни, орієнтується у першоджерелах та рекомендованій літературі, але непереконливо відповідає, плутає поняття, невпевнено відповідає на додаткові питання, не має стабільних знань; відповідаючи на питання практичного характеру, виявляє неточність у знаннях, не вміє оцінювати факти та явища, пов'язувати їх із майбутньою професією;

– «незадовільно»: здобувач не опанував навчальний матеріал теми (дисципліни), не знає наукових фактів, визначень, майже не орієнтується в першоджерелах та рекомендованій літературі, відсутнє наукове мислення, практичні навички не сформовані.

3 Підсумковий бал за поточну діяльність визнається як середньоарифметична сума балів за кожне заняття, за індивідуальну роботу, поточні контрольні роботи за формулою:

$$K^{поточ} = \frac{K1 + K2 + \dots + Kn}{n},$$

де $K^{поточ}$ – підсумкова оцінка успішності за результатами поточного контролю;

$K1, K2, \dots, Kn$ – оцінка успішності n -го заходу поточного контролю;

n – кількість заходів поточного контролю.

Оцінки конвертуються у бали згідно шкали перерахунку (таблиця 1).

Таблиця 1 – Перерахунок середньої оцінки за поточну діяльність у багатобальну шкалу

4-бальна шкала	100-бальна шкала	4- бальна шкала	100-бальна шкала	4- бальна шкала	100-бальна шкала	4- бальна шкала	100- бальна шкала
5	100	4,45	89	3,90	78	3,35	67
4,95	99	4,4	88	3,85	77	3,3	66
4,9	98	4,35	87	3,80	76	3,25	65
4,85	97	4,3	86	3,75	75	3,2	64
4,8	96	4,25	85	3,7	74	3,15	63
4,75	95	4,20	84	3,65	73	3,1	62
4,7	94	4,15	83	3,60	72	3,05	61
4,65	93	4,10	82	3,55	71	3	60
4,6	92	4,05	81	3,5	70	від 1,78 до 2,99	від 35 до 59
						повторне складання	
4,55	91	4,00	80	3,45	69	від 0 до 1,77	від 0 до 34
4,5	90	3,95	79	3,4	68	повторне вивчення	

Підсумкове оцінювання

1 Екзамен проводиться після вивчення всіх тем дисципліни і складається здобувачами вищої освіти в період екзаменаційної сесії після закінчення всіх аудиторних занять

2 До екзамену допускаються здобувачі вищої освіти, які виконали всі види робіт передбачені навчальним планом з дисципліни:

- були присутні на всіх аудиторних заняттях (лекції, семінари, практичні);
- своєчасно відпрацювали всі пропущені заняття;
- набрали мінімальну кількість балів за поточну успішність (не менше 60 балів, що відповідає за національною шкалою «3»);

Якщо поточна успішність з дисципліни нижче ніж 60 балів, здобувач вищої освіти має можливість підвищити свій поточний бал до мінімального до початку

екзаменаційної сесії.

3 Оцінювання знань здобувачів при складанні екзамену здійснюється за 100-бальною шкалою.

Оцінювання знань здобувачів шляхом тестування здійснюється за шкалою:

- «Відмінно»: не менше 90 % правильних відповідей;
- «Дуже добре»: від 82 % до 89 % правильних відповідей;
- «Добре»: від 74 % до 81 % правильних відповідей;
- «Задовільно»: від 67 % до 73% правильних відповідей;
- «Задовільно достатньо»: від 60 % до 66 % правильних відповідей;
- «Незадовільно»: менше 60 % правильних відповідей.

4 Підсумкова оцінка з навчальної дисципліни визначається як середньозважена оцінка, що враховує загальну оцінку за поточну успішність і оцінку за складання екзамену.

5 Розрахунок загальної підсумкової оцінки за вивчення навчальної дисципліни проводиться за формулою:

$$PK^{екз} = 0,6 \cdot K^{поточ} + 0,4 \cdot E,$$

де $PK^{екз}$ – підсумкова оцінка успішності з дисциплін, формою підсумкового контролю для яких є екзамен;

$K^{поточ}$ – підсумкова оцінка успішності за результатами поточного контролю (за 100-бальною шкалою);

E - оцінка за результатами складання екзамену (за 100-бальною шкалою).

0,6 і 0,4 – коефіцієнти співвідношення балів за поточну успішність і складання екзамену.

6 За виконання індивідуальної самостійної роботи та участь у наукових заходах здобувачам нараховуються додаткові бали.

6.1 Додаткові бали додаються до суми балів, набраних здобувачем вищої освіти за поточну навчальну діяльність (для дисциплін, підсумковою формою контролю для яких є залік), або до підсумкової оцінки з дисципліни, підсумковою формою контролю для якої є екзамен.

6.2 Кількість додаткових балів, яка нараховується за різні види індивідуальних завдань, залежить від їх об'єму та значимості:

- призові місця з дисципліни на міжнародному / всеукраїнському конкурсі наукових студентських робіт – 20 балів;
- призові місця з дисципліни на всеукраїнських олімпіадах – 20 балів;
- участь у міжнародному / всеукраїнському конкурсі наукових студентських робіт – 15 балів
- участь у міжнародних / всеукраїнських наукових конференціях студентів та молодих вчених – 12 балів;
- участь у всеукраїнських олімпіадах з дисципліни – 10 балів
- участь в олімпіадах і наукових конференціях ХНАДУ з дисципліни – 5 балів;
- виконання індивідуальних науково-дослідних (навчально-дослідних) завдань підвищеної складності – 5 балів.

6.3 Кількість додаткових балів не може перевищувати 20 балів.

7 Загальна підсумкова оцінка за вивчення навчальної дисципліни не може перевищувати 100 балів.

Загальна підсумкова оцінка за вивчення навчальної дисципліни визначається згідно зі шкалою, наведеною в таблиці 2.

Таблиця 2 – Шкала переведення балів у національну систему оцінювання

За 100-бальною шкалою	За національною шкалою
від 60 балів до 100 балів	зараховано
менше 60 балів	незараховано

Таблиця 3 – Шкала оцінювання знань здобувачів за результатами підсумкового контролю з навчальної дисципліни

Оцінка в балах	Оцінка за національною шкалою		Оцінка за шкалою ЄКТС	
	екзамен	залік	Оцінка	Критерії
90-100	Відмінно	Зараховано	A	Теоретичний зміст курсу освоєний цілком, без прогалин, необхідні практичні навички роботи з освоєним матеріалом сформовані, усі передбачені програмою навчання навчальні завдання виконані, якість їхнього виконання оцінено числом балів, близьким до максимального
80–89	Добре	Зараховано	B	Теоретичний зміст курсу освоєний цілком, без прогалин, необхідні практичні навички роботи з освоєним матеріалом в основному сформовані, усі передбачені програмою навчання навчальні завдання виконані, якість виконання більшості з них оцінено числом балів, близьким до максимального
75-79			C	Теоретичний зміст курсу освоєний цілком, без прогалин, деякі практичні навички роботи з освоєним матеріалом сформовані недостатньо, усі передбачені програмою навчання навчальні завдання виконані, якість виконання жодного з них не оцінено мінімальним числом балів, деякі види завдань виконані з помилками
67-74	Задовільно	Зараховано	D	Теоретичний зміст курсу освоєний частково, але прогалини не носять істотного характеру, необхідні практичні навички роботи з освоєним матеріалом в основному сформовані, більшість передбачених програмою навчання навчальних завдань виконано, деякі з виконаних завдань, можливо, містять помилки
60–66			E	Теоретичний зміст курсу освоєний частково, деякі практичні навички роботи не сформовані, багато передбачених програмою навчання навчальних завдань не виконані, або якість виконання деяких з них оцінено числом балів, близьким до мінімального.

Оцінка в балах	Оцінка за національною шкалою		Оцінка за шкалою ЄКТС	
	екзамен	залік	Оцінка	Критерії
35–59	Незадовільно	Не зараховано	FX	Теоретичний зміст курсу освоєний частково, необхідні практичні навички роботи не сформовані, більшість передбачених програм навчання навчальних завдань не виконано, або якість їхнього виконання оцінено числом балів, близьким до мінімального; при додатковій самостійній роботі над матеріалом курсу можливе підвищення якості виконання навчальних завдань (з можливістю повторного складання)
0–34	Неприйнятно		F	Теоретичний зміст курсу не освоєно, необхідні практичні навички роботи не сформовані, усі виконані навчальні завдання містять грубі помилки, додаткова самостійна робота над матеріалом курсу не приведе до якого-небудь значущого підвищення якості виконання навчальних завдань (з обов'язковим повторним курсом)

Політика курсу:

- курс передбачає роботу в колективі, середовище в аудиторії є дружнім, творчим, відкритим до конструктивної критики;
- освоєння дисципліни передбачає обов'язкове відвідування лекцій і практичних занять, а також самостійну роботу;
- самостійна робота передбачає вивчення окремих тем навчальної дисципліни, які винесені відповідно до програми на самостійне опрацювання, або ж були розглянуті стисло;
- усі завдання, передбачені програмою, мають бути виконані у встановлений термін;
- якщо здобувач вищої освіти відсутній на заняттях з поважної причини, він презентує виконані завдання під час самостійної підготовки та консультації викладача;
- під час вивчення курсу здобувачі вищої освіти повинні дотримуватись правил академічної доброчесності, викладених у таких документах: «Правила академічної доброчесності учасників освітнього процесу ХНАДУ» (https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P_Standart/pologeniya/stvnz_67_01_dobroch_1.pdf), «Академічна доброчесність. Перевірка тексту академічних, наукових та кваліфікаційних робіт на плагіат» (https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P_Standart/pologeniya/stvnz_85_1_01.pdf), «Морально-етичний кодекс учасників освітнього процесу ХНАДУ» (https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P_Standart/pologeniya/stvnz_67_01_MEK_1.pdf).
- у разі виявлення факту плагіату здобувач отримує за завдання 0 балів і повинен повторно виконати завдання, які передбачені у силабусі;
- списування під час контрольних робіт та екзаменів заборонені (в т.ч. із використанням мобільних пристроїв). Мобільні пристрої дозволяється використовувати лише під час он-лайн тестування.

Рекомендована література: (література не пізніше 10 років, окрім 1 фундаментального класичного підручника або монографії)

1. Changes in Nanohardness and Wear Resistance of Piston Rings by Varying the Parameters of Plasma Coating Deposition / D. B. Hlushkova, V.I. Bolshakov*, A. V. Kalinin*,

A. I. Voronkov, D. L. Levchynskiy*, and L. L. Kostina// Metallophysics and Advanced Technologies - 2020. - vol. 42 - No. 1 - pp. 77–86.

2. Special features of the phase composition and structure of aluminum alloys modified by refractory nanocompositions / Kalinina N.E., Hlushkova D.B., Voronkov A.I., Sanin A.F., Kalinin V.T., Nosova T.V., Bondarenko O.V. // Functional materials. – 2020. - Vol. 27. - №3 (2020). - С. 508-512.

3. Influence of nanodispersed compositions on structure formation of high-strength aluminum alloys / N.E. Kalinina, D.B. Hlushkova, A.I. Voronkov, A.V. Kalinin, A.I. Stepanuk // Вісник ХНАДУ, 2020. - Вип. 91. – С. 34-39.

4. Наноматеріалознавство і нанотехнології / Кондир А.І. – Навчальний посібник. Львів: Видавництво Львівської політехніки. – 2016. – 452 с.

5. Присяжна О. В. Основи нанотехнологій функціональних та конструкційних матеріалів : навч. посіб. для студентів усіх спец. КНУБА. Київ : КНУБА, 2014. 179 с.

6. Павлиго Т. М., Сердюк Г. Г., Баглюк Г. А. Терміни та визначення в галузі наноматеріалів і нанотехнологій у стандартах міжнародної організації зі стандартизації. Наноструктурне матеріалознавство. 2012. № 3. С. 70–77.

7. ISO/TS 80004-4:2011. Nanotechnologies – Vocabulary – Part 4: Nanostructured materials. Ed. 2011-12. ISO, 2011. 7 p.

8. Наноматеріали і нанотехнології: навчальний посібник / Азаренков М. О., Неклюдов І. М., Береснев В. М. та інш. – Х.: ХНУ імені В. Н. Каразіна. – 2014. – 316

9. Проценко І. Ю. Наноматеріали і нанотехнології в електроніці : підручник / І. Ю. Проценко, Н. І. Шумакова. – Суми : Сумський державний університет, 2017. – 151 с.

10. Sulabha K. Kulkarni Nanotechnology: Principles and Practices. 3rd Ed. – New Delhi: Co-published by Springer International Publishing, Cham, Switzerland, with Capital Publishing Company, 2015 – 403 p.

11. Заячук Д. М. Нанотехнології і наноструктури: Навч. посібник. – Львів: В-во «Львівська політехніка», 2009. – 580 с.

12. Поплавко Ю. М. Нанofізика, наноматеріали, нанoeлектроніка: Навч. посібник. – Київ: В-во «КПІ», 2012. 300 с.

2. Допоміжна література

2.1 Нанотехнології у зварюванні низьколегованих високоміцних сталей: монографія / В.В. Головка, В.Д. Кузнецов, С.К. Фомічов, П.І. Лобода. – Київ: НТУУ «КПІ» Вид-во «Політехніка», 2016. – 240 с.

2.2 Нанонаука і нанотехнології: Технічний, медичний та соціальний аспекти / Б. Патон, В. Москаленко, І. Чекман, Б. Мовчан / Вісник національної академії наук України. – №6. – 2009. – С.18-26.

2.3 Проблеми та перспективи розвитку нанотехнологій в Україні та світі / Фесенко О.М., Ковальчук С.В., Нищик Р.А. // Маркетинг і менеджмент інновацій. – 2017. – №1. – с. 170

2.4 Азаренков М.О., Неклюдов І.М., Береснев В.М., Наноматеріали і нанотехнології. – Навчальний посібник Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2014. – 315 с.

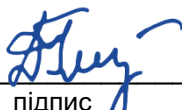
3. Інформаційні ресурси

3.1. дистанційний курс: <https://dl2022.khadi.kharkov.ua/course/view.php?id=1547>

3.2 Nano Today: <https://www.journals.elsevier.com/nano-today>

Розробник (розробники)

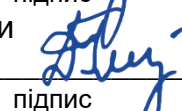
силабусу навчальної дисципліни


підпис

Діана ГЛУШКОВА

ПІБ

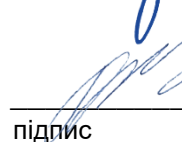
Гарант освітньо-професійної програми


підпис

Діана ГЛУШКОВА

ПІБ

Заступник завідувача кафедри
технології металів
та матеріалознавства


підпис

Валерій БАГРОВ

ПІБ