Національна академія наук України

ІНСТИТУТ ГАЗУ

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор Інституту газу
НАН України
член-кореспондент НАН України,
д.т.н., проф.
_____ Г.В. Жук
«30» вересня 2026 р.

Нанотехнології та наноматеріали

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

підготовки _____доктора філософії
(назва освітньо-кваліфікаційного рівня)

спеціальності __144 “Теплоенергетика ”
(шифр і назва)

та

спеціальності _G4 Енерговиробництво (за спеціалізацією)
(шифр і назва)

спеціалізація _G4.02 Теплоенергетика_____
(шифр і назва)

Ухвалено Вченою радою Інституту газу НАН України

Протокол № 11 від 30 вересня 2026 року

Голова _____ Г.В. Жук
(підпис) (ініціали, прізвище)

30.09.2026 року

Вводиться в дію з « 01 » жовтня 2026 року.

КИЇВ – 2026

Робоча програма навчальної дисципліни «Нанотехнології та наноматеріали» (силабус) для аспірантів за спеціальністю 144 «Теплоенергетика», галузі знань 14 «Електрична інженерія», третього освітньо-наукового рівня доктор філософії в галузі електричної інженерії, за денною/заочною формою навчання.

Робоча програма навчальної дисципліни «Нанотехнології та наноматеріали» (силабус) для аспірантів за спеціальністю G4 Енерговиробництво (за спеціалізацією), спеціалізація G4.02 «Теплоенергетика» в галузі знань G Інженерія, виробництво та будівництво, третього освітньо-наукового рівня доктор філософії, за денною/заочною формою навчання.

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

Провідний науковий співробітник, кандидат технічних наук Є.В. Стратівнов
(посада, наукова ступінь, вчене звання, ПІБ)
Ст. н. с., канд. техн. наук, доцент Сидоренко Сергій Вікторович
(посада, наукова ступінь, вчене звання, ПІБ)
Академік НАН України, д.т.н., проф. Бондаренко Борис Іванович
(посада, наукова ступінь, вчене звання, ПІБ)

1. Опис кредитного модуля

<table>
<tr><th>Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень</th><th>Загальні показники</th><th>Характеристика кредитного модуля</th></tr>
<tr><td rowspan="2">Галузь знань:
14 «Електрична інженерія»
G «Інженерія, виробництво та будівництво»</td><td rowspan="2">Назва навчальної дисципліни, до якої належить кредитний модуль
«Нанотехнології та наноматеріали»</td><td>Форма навчання
денна / заочна</td></tr>
<tr><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">Спеціальність:
144 «Теплоенергетика»
G4 Енерговиробництво (за спеціалізацією)</td><td rowspan="2">Кількість кредитів ECTS – 6</td><td>Статус кредитного модуля
Вибіркова частина підготовки</td></tr>
<tr><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">Спеціалізація:
G4.02 Теплоенергетика</td><td rowspan="2">Кількість розділів – 2</td><td>Цикл, до якого належить кредитний модуль
немає</td></tr>
<tr><td></td></tr>
<tr><td rowspan="6">Освітньо-науковий рівень: доктор філософії</td><td></td><td>Рік підготовки: 3-й
Семестр: 6-й</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Загальна кількість 180 год.</td><td>Лекції 15 год.</td></tr>
<tr><td>Практичні (семінарські) 15 год.</td></tr>
<tr><td rowspan="2"></td><td>Самостійна робота 150 год.</td></tr>
<tr><td>Вид та форма семестрового контролю:
Екзамен</td></tr>
</table>

Кредитний модуль «Нанотехнології та наноматеріали» входить до вибіркової частини підготовки та має важливе значення у підготовці більш спеціалізованого фахівця з теплоенергетики. У структурно-логічній схемі програми підготовки з даного напряму навчальна дисципліна «Нанотехнології та наноматеріали» забезпечує інші навчальні дисципліни у програмі підготовки фахівця, які потребують знань, щодо нанотехнологій та наноматеріалів.

Загальний курс кредитного модуля «Нанотехнології та наноматеріали» становить важливу складову наукової та інженерної освіти спеціалістів з теплоенергетики, які здійснюють науково-технічну діяльність у цьому напрямку.

2. Мета та завдання кредитного модуля

2.1. Метою кредитного модуля є формування у аспірантів здатностей:

- логічного мислення, розвиток інтелектуальних здібностей;
- виховання у здобувачів науково-технічної культури, необхідної ерудиції та інтуїції у питаннях прикладного застосування інженерно фізичних знань;
- застосування інженерно фізичних знань у розв'язанні інженерних розрахунків;
- доводити розв'язок задачі до практично прийнятного результату – числа, графіка, якісного висновку із застосуванням довідників, таблиць, обчислювальних засобів;
- самостійно вивчати літературу з дисципліни «Нанотехнології та наноматеріали»;
- вироблення навичок аналізувати і застосовувати одержані результати.

2.2.Основні завдання кредитного модуля.

Згідно з вимогами програми навчальної дисципліни аспіранти після засвоєння кредитного модуля мають продемонструвати такі результати навчання:

Знання :

застосування нанорідин та наноматеріалів в техніці;
нанордини як ефективні теплоносії;
технології виготовлення нанорідин та наноматеріалів;
Основні широковживані наноматеріали
Обладнання для диспергування нанорідин
Властивості нанорідин та методики їх визначеня
Фізико-хімічні властивості НР
Тепло-фізичні та термодинамічні параметри НР
фізичні моделі кипіння нанорідин
матемтичі моделі кипіння нанорідин

Уміння:

- здійснювати класифікацію нанорідин як ефективних теплоносіїв
- володіти методикою розрахунку температури нагрівача
- проводити експериментальні дослідження процесів кипіння нанорідин з визначенням питомих теплових потоків

– проводити експериментальні дослідження процесів кипіння нанорідин з визначенням коефіцієнтів тепловіддачі.

досвід:

– навчитися працювати з інформаційними ресурсами, підручниками, довідниками та інш.;
– навчитися розв’язувати технічні задачі, одержані в результаті математичного моделювання процесів;
– використовувати методи визначення питомих теплових потоків, кризи кипіння, коефіцієнтів тепловіддачі для розв’язування наукових і технологічних задач.

Інтегральна компетентність: Здатність продукувати нові ідеї, розв'язувати комплексні проблеми у теплоенергетичній галузі професійної та/або дослідницько-інноваційної діяльності, застосовувати методологію наукової та педагогічної діяльності, а також проводити власне наукове дослідження, результати якого мають наукову новизну, теоретичне та практичне значення.

Загальні компетентності, яких набуває здобувач:

ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК03. Здатність розв’язувати комплексні проблеми у сфері теплоенергетики на основі системного наукового світогляду та загального культурного світогляду із дотриманням принципів професійної етики та академічної доброчесності.

Спеціальні (фахові) компетентності, яких набуває здобувач:

С(Ф)К01. Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у сфері теплоенергетики та дотичних до неї міждисциплінарних напрямах

С(Ф)К04. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми дослідницького характеру у сфері теплоенергетики, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень

С(Ф)К05. Здатність ініціювати, розробляти і реалізовувати комплексні інноваційні проекти в теплоенергетиці та дотичні до неї міждисциплінарні проєкти, проявляти лідерство під час їх реалізації.

С(Ф)К06. Здатність розуміти сучасні проблеми науково-технічного та екологічного аспектів розвитку енергетики, знати сучасні технології енерго-, еколого- та ресурсозбереження.

Програмні результати навчання (ПРН):

ПРН01. Мати передові концептуальні та методологічні знання з теплоенергетики і на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень з теплоенергетики, отримувати нові знання та/або здійснювати інновації.

ПРН05. Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з теплоенергетики та дотичних міждисциплінарних напрямів із використанням сучасних інструментів, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми.

ПРН06. Розробляти та реалізовувати наукові та/або інноваційні інженерні проєкти, які дають можливість переосмислити наявне та створити нове цілісне знання

та/або професійну практику і розв'язувати значущі наукові та технологічні проблеми теплоенергетики з дотриманням норм академічної етики і врахуванням соціальних, економічних, екологічних та правових аспектів.
ПРН09. Проводити критичний аналіз різних інформаційних джерел конкретних освітніх, наукових та професійних текстів в сфері обраної спеціальності; вміння виявляти теоретичні та практичні проблеми, а також дискусійні питання в конкретних освітніх, наукових та професійних текстах в сфері теплоенергетики, критично сприймати та аналізувати чужі думки та ідеї, шукати власні шляхи вирішення проблеми.

Програмні результати навчання професійного спрямування вибіркових дисциплін:

1. Знати загальні характеристики наноматеріалів і нанотехнологій і їх різноманітність, основні методи діагностики і атестації наноматеріалів та основні способи їх одержання, отримання графену, FLG-графену, вуглецевих нанотрубок, одержання нанорідин і їх використання в енергетиці, металургії, електроніці, холодильній техніці та ін. Використовувати вуглецеві нанотрубки у виробництві нанорідин, адсорбентів, композитів та ін. Знати фізико-хімічні засади надзвичайних якостей наноматеріалів.
Вміти вибирати потрібні методи діагностування та атестації наноматеріалів, вибирати необхідні методи одержання наноматеріалів, оцінити виробничі характеристики отриманих наноматеріалів.

3. Структура кредитного модуля

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	Всього	у тому числі			
		Лекції	Практ. (семін.)	Лаборант. (комп.пр.)	СРА
1	2	3	4	5	6
Розділ 1. Застосування нанорідин та наноматеріалів в техніці.					
Тема 1.1. Актуальність і новизна застосування нанорідин	7	1	1		5
Тема 1.2. Нанордини як ефективні теплоносії	7	1	1		5
Разом за розділом 1	**14**	**2**	**2**		**10**
озділ 2. Технології виготовлення нанорідин та наноматеріалів.					
Тема 2.1. Основні широковживані наноматеріали	7	1	1		5
Тема 2.2. Обладнання для диспергування нанорідин	7	1	1		5
Разом за розділом 2	**14**	**2**	**2**		**10**
Розділ 3. Властивості нанорідин та методики їх визначеня.					
Тема 3.1. Фізико-хімічні властивості: в'язкість, теплопровідність	7	1	1		5
Тема 3.2. Тепло-фізичні та термодинамічні параметри нанорідин	7	1	1		5
Разом за розділом 3	**14**	**2**	**2**		**10**
Розділ 4. Експериментальне дослідження теплових параметрів при кипінні нанорідин.					
Тема 4.1. Дослідження критичних теплових потоків	7	1	1		5
Тема 4.2.Дослідження коефіцієнтів тепловіддачі	7	1	1		5
Тема 4.3.Швидкість підйому теплового навантаження	12	1	1		10
Тема 4.4.Визначення температури поверхні нагрівача	10				10
Разом за розділом 4	**36**	**3**	**3**		**30**
Розділ 5. Механізм процесу кипіння нанорідин					
Тема 5.1. Фізичні моделі кипіння нанорідин	12	1	1		10
Тема 5.2. Математична модель кипіння нанорідин	12	1	1		10

Разом за розділом 5	**24**	**2**	**2**		**20**
Розділ 6. Вплив різних факторів на інтенсивність теплообміну при кипінні нанорідин					
Тема 6.1.Вплив диспергентів, хімічного складу НР та концентрації	11	1			10
Тема 6.2.Вплив характеристик дисперсної фази, анізометрії	11	1			10
Тема 6.3. Вплив ПАР і електролітів	11		1		10
Тема 6.4. Вплив властивостей базових рідин і твердої фази	11		1		10
Тема 6.5. Вплив пористого відкладеного шару	11		1		10
Разом за розділом 6	**55**	**2**	**3**		**50**
Розділ 7. Застосування нанорідин для екстреного охолодження					
Тема 7.1.В атомній енергетиці	12	1	1		10
Тема 7.2.В високоенергетично навантаженому обладнані	11	1			10
Разом за розділом 7	**23**	**2**	**1**		**20**
ВСЬОГО	**180**	**15**	**15**		**150**

4. Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів[1], посилання на літературу та завдання на СРА)
1	Нанорідини - новий клас перспективних теплоносіїв для енергетики **Література:** список публікацій: скорочений зміст лекцій, стаття Лекція 6 E. V Timofeeva, W. Yu, D. M. France, D. Singh, and J. L. Routbort, "Nanofluids for Heat Transfer: An Engineering Approach," *Nanoscale Res. Lett.*, no. Special Issue on Nanofluids, p. 20, 2010. СРА застосування нанорідин та наноматеріалів в техніці: K. Das Sarit, S. Choi, and H. Patel, "Heat Transfer in Nanofluids – A review,"

[1] Основними дидактичними засобами на лекції є дошка, крейда. Технічних засобів проведення лекцій не передбачено.

	Heat Transf. Eng., vol. 27, no. 10, pp. 3–19, 2009. X. Q. Wang and A. S. Mujumdar, "Heat transfer characteristics of nanofluids: a review," *Int. J. Therm. Sci.*, vol. 46, no. 1, pp. 1–19, 2007.
2	Деякі особливості теплопередачі при кипінні водних нанорідин на основі алюмосилікатів **Література:** Vasil Moraru, Dmytro Komysh, Mykola Sydorenko, Serhiy Sydorenko Nanofluids for energetics: Emergency cooling of overheated objects by nanofluids. 2021 IEEE 11th International Conference on "Nanomaterials: Applications & Properties" (NAP-2021) Odesa, Ukraine, Sept. 5-11, 2021 список публікацій: скорочений зміст, стаття Лекція 3 СРА Технології виготовлення нанорідин та наноматеріалів.: V. Trisaksri and S. Wongwises, "Critical review of heat transfer characteristics of nanofluids," *J. Therm. Sci.*, vol. 46, no. April, pp. 1–19, 2016.
3	Роль відкладення шару наночастинок в інтенсифікації теплообміну при кипінні нанорідин **Література:** B. I. Bondarenko, V. N. Moraru, S. V Sydorenko, D. V Komysh, and A. I. Khovavko, "Nanostructured Architectures on the Heater Surface at Nanofluids Boiling and Their Role in the Intensification of Heat Transfer," vol. 4, no. 1, pp. 12–21, 2016. список публікацій: скорочений зміст лекцій, стаття Лекція 4 S. B. White, "Enhancement of Boiling Surfaces using Nanofluid Particle Depositions," The University of Michigan, 2010. СРА властивості нанорідин та методики їх визначення:

	M. T. Jamal-abadi and A. H. Zamzamian, “Optimization of thermal conductivity of Al2O3 nanofluid by using ANN and GRG methods,” *Int. J. Nanosci. Nanotechnol.*, vol. 9, no. 4, pp. 177–184, 2013. C. H. Li, P. Jiang, and G. P. Peterson, “Dual Role of Nanoparticles in the Thermal Conductivity Enhancement of Nanoparticle Suspensions,” *J. Nanofluids*, vol. 2, no. 1, pp. 20–24, 2013. L. J. Felicia, R. John, and J. Philip, “Rheological Properties of Magnetorheological Fluid with Silica Nanoparticles Stabilizers—A Comparison with Ferrofluid,” *J. Nanofluids*, vol. 2, no. 2, pp. 75–84, 2013. C. Brechignac, P. Houdy, and M. Lahmani, *Nanomaterials and Nanochemistry*, Translatio. Berlin Heidelberg: Springer International Publishing, 2007.
4	Нанорідини для енергетики: вплив стабілізації та диспергентів на критичний тепловий потік при кипінні рідин **Література:** Д.В. Комиш “ Дослідження критичних теплових потоків при кипінні нанорідин” Дисертація на здобуття наукового ступеню: кандидат технічних наук, URL: https://drive.google.com/file/d/1MhK3Q9n62BYDuDcwCwt8pmLqamTLmsAb/view список публікацій: скорочений зміст лекцій, стаття Лекція 5 СРА Експериментальне дослідження теплових параметрів при кипінні нанорідин: J. Buongiorno, “Study of pool boiling and critical heat flux enhancement in nanofluids,” Bull. Polish Acad. Sci. Tech. Sci., vol. 55, no. 2, pp. 211–216, 2007.

	J. Barber, D. Brutin, and L. Tadrist, "A review on boiling heat transfer enhancement with nanofluids," Nanoscale Res. Lett., vol. 6, no. 1, p. 280, 2011. L. L. Manetti, E. M. Cardoso, and F. Do Nascimento, "Nanofluid Pool Boiling : the Effect of Time , Concentration and Heat Flux on the Heat Transfer," 9th World Conf. Exp. Heat Transf. Fluid Mech. Thermodyn., no. June, 2017.
5	Вплив структури осаду наночастинок на інтенсивність процесу кипіння нанорідин **Література:** Bondarenko B.I., Moraru V.N.*, Sydorenko S.V., Komysh D.V., Khovavko A.I. "Nanostructured Architectures on the Heater Surface at Nanofluids Boiling and Their Role in the Intensification of Heat Transfer" Nanoscience and Nanoengineering 4(1): 12-21, 2016 список публікацій: скорочений зміст лекцій, стаття Лекція 2 СРА: вплив пористого відкладеного шару S. B. White, "Enhancement of Boiling Surfaces using Nanofluid Particle Depositions," The University of Michigan, 2010. H. H. Son and S. J. Kim, "Role of receding capillary flow correlating nano/micro scale surface roughness and wettability with pool boiling critical heat flux," *Int. J. Heat Mass Transf.*, vol. 138, pp. 985–1001, 2019.
6	Механізм аномального зростання критичного теплового потоку при кипінні нанорідин .Від фізичної до математичної моделі при розрахунку питомого теплового потоку при кипінні нанорідин **Література:** методичні розробки 2 список публікацій: скорочений зміст лекцій, стаття Лекція 1 B.I Bondarenko, V.N. Moraru, B.K. Ilienko, A.I. Khovavko et al."Study of a Heat Transfer Mechanism and Critical Heat Flux At Nanofluids Boiling," *Int. J. Energy a Clean*

	Environ., vol. 14, no. 2–3, pp. 151–168, 2014.
7	Застосування нанорідин для екстренного аварійного охолодження енергетичного обладнання **Література:** Vasil Moraru, Dmytro Komysh, Mykola Sydorenko, Serhiy Sydorenko Nanofluids for energetics: Emergency cooling of overheated objects by nanofluids. 2021 IEEE 11th International Conference on "Nanomaterials: Applications & Properties" (NAP-2021) Odesa, Ukraine, Sept. 5-11, 2021 Vasyl Moraru, Dmytro Komysh, Mykola Sydorenko, Serhiy Sydorenko. Heat transfer during quenching of steel cylinders in boiling nanofluid. Jornal Nanoflids 2022 V
8	Программа з підвищенням безпеки, надійності та ефективності роботи атомних електростанцій **Література:** Бондаренко Б.І. "Підвищення безпеки, надійності та ефективності роботи атомних електростанцій (АЕС) за рахунок використання теплофізичних нанорідин" Доповідь в президіумі НАН України 2018" СРА "Nanofluids for enhanced economics and safety of nuclear reactors: an evaluation of the potential features issues, and research gaps," *Nucl. Technol.*, vol. 162, no. 1, pp. 80–91, 2008.

5. Практичні заняття

Основні завдання циклу практичних занять: навчитися застосовувати теоретичні знання до розв'язування практичних задач, виробити навички роботи з інформаційними ресурсами і оволодіти методами дисципліни «Нанотехнології та наноматеріали» для розв'язування задач, що виникають в результаті моделювання фізико-технічних та хіміко-технологічних процесів.

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення[2], посилання на літературу та завдання на СРА)
1	Технологія отримання стійких до кипіння нанорідин Література: L. Yang and Y. Hu, “Toward TiO2 Nanofluids—Part 1: Preparation and Properties,” *Nanoscale Res. Lett.*, vol. 12, pp. 1–21, 2017.
2	Теплофізичні характеристики нанорідин залежно від їх складу: густина, в’язкість, температура кипіння. Література: L. Yang and Y. Hu, “Toward TiO2 Nanofluids—Part 1: Preparation and Properties,” *Nanoscale Res. Lett.*, vol. 12, pp. 1–21, 2017. H. M. Ali, H. Babar, T. R. Shah, M. U. Sajid, M. A. Qasim, and S. Javed, “Preparation Techniques of TiO2 Nanofluids and Challenges: A Review,” *Appl. Sci.*, vol. 8, no. 4, p. 587, Apr. 2018.
3	Механізм аномального зростання критичного теплового потоку при кипінні нанорідин Література: P. Gunnasegaran, N. H. Shuaib, M. F. Abdul Jalal, and E. Sandhita, “Application of nanofluids in heat transfer enhancement of compact heat exchanger,” *AIP Conf. Proc.*, vol. 1502, no. 1, pp. 408–425, 2012.
4	Використання НР як теплоносіїв для екстреного охолодження перегрітих поверхонь Література: Vasyl Moraru, Dmytro Komysh, Mykola Sydorenko, Serhiy Sydorenko ^Nanofluids for power engineering: emergency cooling of overheated massive bodies surfaces^ . 11th International Conference on “Nanomaterials: Applications & Properties” (NAP-2021)Odesa, Ukraine, Sept. 5-11, 2021 публікація 9

[2] Проведення практичних занять не передбачає застосування технічних дидактичних засобів. Основними дидактичними засобами на практичних заняттях є конспект лекцій, підручник, збірник задач.

5	Методика проведення експерименту при кипінні нанорідин Література: B.I Bondarenko, V.N. Moraru, B.K. Ilienko, A.I. Khovavko et al."Study of a Heat Transfer Mechanism and Critical Heat Flux At Nanofluids Boiling," *Int. J. Energy a Clean Environ.*, vol. 14, no. 2–3, pp. 151–168, 2014.
6	Вплив добавок диспергентів на процес теплообміну при кипінні нанорідин Література: Vasil Moraru, Dmytro Komysh, Mykola Sydorenko, Serhiy Sydorenko Nanofluids for energetics: Emergency cooling of overheated objects by nanofluids. 2021 IEEE 11th International Conference on "Nanomaterials: Applications & Properties" (NAP-2021) Odesa, Ukraine, Sept. 5-11, 2021
7	Класифікація НР за типом використаних матеріалів для їх виготовлення Література M. S. Kamel and F. Lezsovits, "Boiling heat transfer of nanofluids a review of recent studies," *Therm. Sci.*, vol. 23, no. 1, pp. 109–124, 2019
8	Вплив концентрації твердої фази на значення критичного теплового потоку і коефіцієнта тепловіддачі при кипінні НР Література: B.I Bondarenko, V.N. Moraru, B.K. Ilienko, A.I. Khovavko et al."Study of a Heat Transfer Mechanism and Critical Heat Flux At Nanofluids Boiling," *Int. J. Energy a Clean Environ.*, vol. 14, no. 2–3, pp. 151–168, 2014.
9	Вплив форми і анізометрії частинок на значення критичного теплового потоку і коефіцієнта тепловіддачі при кипінні НР Література: S. B. White, "Enhancement of Boiling Surfaces using Nanofluid Particle Depositions," The University of Michigan, 2010.
10	Вплив ПАР і електролітів на критичний тепловий потік і коефіцієнт тепловіддачі при кипінні НР Література: R. Kiruba, M. Gopalakrishnan, T. Mahalingam, and A. K. S. Jeevaraj, "Ultrasonic Studies on Zinc Oxide Nanofluids," J. Nanofluids, vol. 1, no. 1, pp. 97–100, 2013.

11	Композитні нанорідини, їх склад та ефективність Література: A. I. Khan and A. Valan Arasu, “A review of influence of nanoparticle synthesis and geometrical parameters on thermophysical properties and stability of nanofluids,”
12	Графічне представлення кривих кипіння і коефіцієнтів тепловіддачі для нанорідин в кризовій зоні Література: B.I.Bondarenko,VN.Morar,B.K.Ilienko,A.I.Khovavko et al.“Study of a Heat Transfer Mechanism and Critical Heat Flux At Nanofluids Boiling,” *Int. J. Energy a Clean Environ.*, vol. 14, no. 2–3, pp. 151–168, 2014.
13	Криві кипіння, початок кризи і поняття максимально досяжного питомого теплового потоку Література: Vasil Moraru, Dmytro Komysh, Mykola Sydorenko, Serhiy Sydorenko Nanofluids for energetics: Emergency cooling of overheated objects by nanofluids. 2021 IEEE 11th International Conference on “Nanomaterials: Applications & Properties” (NAP-2021) Odesa, Ukraine, Sept. 5-11, 2021.
14	Вплив анізометрії наночастинок на величину критичного теплового потоку Література: Лекція 03 A. I. Khan and A. Valan Arasu, “A review of influence of nanoparticle synthesis and geometrical parameters on thermophysical properties and stability of nanofluids,” *Therm. Sci. Eng. Prog.*, vol. 11, pp. 334–364, Jun. 2019.
15	Вплив хімічної природи наночастинок на величину критичного теплового потоку нанорідин Література: M. Reinholdt, J. Brendlé, M.-H. Tuilier, S. Kaliaguine, and E. Ambroise, “Hydrothermal Synthesis and Characterization of Ni-Al Montmorillonite-Like Phyllosilicates,” *Nanomaterials*, vol. 3, no. 1, pp. 48–69, Jan. 2013.
16	Здатність нанорідин здійснювати ефективне охолодження перегрітих поверхонь теплообмінного обладнання

	Література: Vasyl Moraru, Dmytro Komysh, Mykola Sydorenko, Serhiy Sydorenko. Heat transfer during quenching of steel cylinders in boiling nanofluid. 11th International Nanofluids Jornal 2022, V,.
17	Гіпотетична структура осаду на основі фото та електронних знімків Література: Vasil Moraru, Dmytro Komysh, Mykola Sydorenko, Serhiy Sydorenko Nanofluids for energetics: Emergency cooling of overheated objects by nanofluids. 2021 IEEE 11th International Conference on "Nanomaterials: Applications & Properties" (NAP-2021) Odesa, Ukraine, Sept. 5-11, 2021
18	Порівняння класичної кривої кипіння для дистиляту і кривої при кипінні нано-рідини Література: Vasil Moraru, Dmytro Komysh, Mykola Sydorenko, Serhiy Sydorenko Nanofluids for energetics: Emergency cooling of overheated objects by nanofluids. 2021 IEEE 11th International Conference on "Nanomaterials: Applications & Properties" (NAP-2021) Odesa, Ukraine, Sept. 5-11, 2021
19	Порівняння графічного представлення коефіцієнтів тепловіддачі для дистиляту та ряду нанорідин Література: Vasil Moraru, Dmytro Komysh, Mykola Sydorenko, Serhiy Sydorenko Nanofluids for energetics: Emergency cooling of overheated objects by nanofluids. 2021 IEEE 11th International Conference on "Nanomaterials: Applications & Properties" (NAP-2021) Odesa, Ukraine, Sept. 5-11, 2021
20	Залежність максимально досяжного теплового потоку від швидкості зростання теплового навантаження при кипінні НР Література: Афтореферат: Комиш Д.В., "Дослідження критичних теплових потоків при кипінні нанорідин" 2020
21	Порівняння графічного представлення температур екстреного охолодження в центрі перегрітого металевого циліндра для дистильованої води та нанорідини Література: Vasyl Moraru, Dmytro Komysh, Mykola Sydorenko, Serhiy Sydorenko ^Nanofluids for power engineering: emergency cooling of overheated massive bodies surfaces^ . 11th International Conference on "Nanomaterials: Applications & Properties" (NAP-2021)Odesa, Ukraine, Sept. 5-11, 2021
22	Представити графічну залежність коефіцієнта тепловіддачі при плівковому і пе-

	рехідному режиму кипіння на поверхні охолоджуваного перегрітого металевого циліндра в дистильованій воді і нанорідині. Література: Vasyl Moraru, Dmytro Komysh, Mykola Sydorenko, Serhiy Sydorenko ^Nanofluids for power engineering: emergency cooling of overheated massive bodies surfaces^ . 11th International Conference on "Nanomaterials: Applications & Properties" (NAP-2021)Odesa, Ukraine, Sept. 5-11, 2021
23	Розрахувати температуру бокової поверхні охолоджуваного металевого циліндра за експериментально визначеною температурою в центрі циліндра методом нестаціонарної теплопровідності Література:[10], Vasyl Moraru, Dmytro Komysh, Mykola Sydorenko, Serhiy Sydorenko ^Nanofluids for power engineering: emergency cooling of overheated massive bodies surfaces^ . 11th International Conference on "Nanomaterials: Applications & Properties" (NAP-2021)Odesa, Ukraine, Sept. 5-11, 2021
24	Залік

6. Рекомендований перелік лабораторних робіт (комп'ютерних практикумів)

Не передбачено.

7. Самостійна робота

Завдання на самостійну роботу аспіранта визначається лектором індивідуально за наслідками засвоєння тем лекцій та практичних (семінарських занять).

8. Індивідуальні завдання

Індивідуальне завдання (як правило, одне) визначається під час роботи на практичних (семінарських) заняттях і складається з розрахункової задачі по одній з тем, що розглядаються на практичних заняттях.

9. Засоби діагностики успішності навчання

Екзамен з навчальної дисципліни проводиться на останньому практичному занятті курсу і є усно-письмовим. Білети екзамену складаються з одного теоретичного та одного практичного завдання. Здобувачу не дозволяється користуватися ніякими додатковими матеріалами чи обладнанням, окрім ручки та паперу, який проштамповується і з якого здобувач може зачитувати відповіді.

До екзамену допускається здобувач, якій виконав необхідні умови допуску до екзамену (див.розділ 10).

10. Рейтингова система оцінювання (РСО)

Рейтинг аспіранта з кредитного модуля складається з балів, що він отримує за поточну роботу на практичних семінарських заняттях та за виконання індивіду-

ального завдання (з врахуванням штрафних та заохочувальних балів), всього максимально 100 балів:

Робота на практичних (семінарських) заняттях:
Ваговий бал – 10. Максимальна кількість балів на всіх практичних заняттях дорівнює 10 балів х 7 відповідей – 70 балів.

Критерії оцінювання

- «Відмінно», повна і вичерпна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 10 балів.
- «Добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації) – 8 балів.
- «Задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) – 6 балів.
- «Незадовільно», в усіх інших випадках – 0 балів.

Виконання індивідуального завдання:
Максимальна кількість балів складає – 30 балів.

Штрафні бали: знімається по 1 балу за відсутність без поважної причини на практичних заняттях або непідготовленість до них (максимально 5 балів).

Заохочувальні бали: додається по 1 балу за удосконалення дидактичного матеріалу, що відповідає одній лекції (практичному заняттю) курсу або активну участь у роботі на практичному занятті (максимально 5 балів). За участь у наукових конференціях додається 1 бал, виступу із доповіддю – 3 бали, публікацію статті – 5 балів (якщо загальна кількість балів рейтингу аспіранта з кредитного модуля вже досягла 100 балів, то заохочувальні бали не нараховуються).

Допуск до екзамену:

Аспірант допускається до екзамену у випадку, якщо за курс дисципліни на практичних семінарських заняттях набрано не менше 60 балів (з врахуванням штрафних та заохочувальних балів).

Максимальна кількість балів за складання екзамену складає – 100 балів.

Фінальний рейтинг (оцінка) за дисципліну складається з суми балів набраних за поточну роботу на практичних семінарських заняттях та за виконання індивідуального завдання (з врахуванням штрафних та заохочувальних балів) помножених на ваговий коефіцієнт 0,5 та оцінки за екзамен (за 100 бальною шкалою) помноженим на ваговий коефіцієнт 0,5 (всього максимально 100 балів).

Відповідність між балами шкали ECTS та традиційними оцінками:

Рейтинг	**Оцінка ECTS**	**Традиційна оцінка**
Від 95 до 100	A – відмінно	відмінно

Від 85 до 94	В – дуже добре	добре
Від 75 до 84	С – добре	
Від 65 до 74	Д – задовільно	задовільно
Від 60 до 64	Е – достатньо	
Від 40 до 59	FX – незадовільно	незадовільно
Від 0 до 39	F – незадовільно, потрібна додаткова робота	Не допущено

11. Методичні рекомендації

Послідовність вивчення тем та їх розподіл узгоджуються із викладачами суміжних дисциплін. Строгість та детальність викладання розділів та тем навчальної програми вирішується відділом.

11.1 Методика вивчення кредитного модуля

На початку викладання лекційного матеріалу з нової теми бажано дати цілісну і повну характеристику розділу і теми, навести ключові слова і основні поняття, які розглядатимуться. Далі деталізувати матеріал, навести строгі означення, сформулювати принципи та положення з даної теми і, по можливості, обґрунтувати. Запропонувати аспірантам деякі факти обґрунтувати самостійно. Проілюструвати теоретичний матеріал прикладами. Звернути особливу увагу на ключові моменти обґрунтування.

11.2. Рекомендації, щодо забезпечення наочності навчальних занять

12.2.1. Для забезпечення наочності лекцій можливо навести приклади відповідних практичних застосувань стосовно матеріалу, що вивчається. Використовувати знаково-символічні засоби – формули, графіки, рисунки, що дає змогу виокремити суть предмета вивчення, тобто сприяє розвитку мислення й уяви.

11.2.2. На початку практичних занять необхідно повторити ключові означення і поняття з теоретичного матеріалу, користуючись конспектом лекцій, підручником чи посібником. Спираючись на приклади, наведені у лекціях, індивідуально розв’язувати задачі, які пропонує викладач зі збірників або методичних рекомендацій до практичних робіт. На початку або вкінці практичного заняття можливо провести невелику самостійну роботу. Результати оголосити на наступному занятті.

11.3. Застосування нових технологій навчання

Використання комп’ютерних технологій допоможе аспіранту у перевірці правильності виконання задач, а також пошуку додаткової інформації для їх розв’язування.

11.4. Використання методичних прийомів і засобів, рекомендацій щодо методики проведення занять

Доречно пропонувати аспірантам самостійно розглянути деякі питання теми лекції, вказати підручники та інформаційні ресурси, де можливо поглиблено ознайомитись з введеними поняттями, навести історичні факти, які призвели до появи нових понять.

Кожне практичне заняття проводиться тільки після розгляду відповідної теми на лекції. За спільного бажання аспірантів і лектора можливе проведення проблемної лекції або лекції у формі наукового диспута.

12. Рекомендована література

1. Корнієнко Я.М. та ін. Процеси та обладнання хімічної технології: К.; НТУУ «КПІ», 2011.- Ч.2 – 416 с.
2. Інститут загальної енергетики НАН України. Бабак, В., Запорожець, А., Кулик, М., Денисов, В. (2025). *Структурна оптимізація енергосистем з відновлюваними джерелами енергії / Structure Optimization of Power Systems with Renewable Energy Sources* [Монографія]. Springer.
3. Ezema, F. I., Nwanya, M. A. C., & Anusuya, M. (Eds.). (2023). *Materials for Sustainable Energy Storage at the Nanoscale*. CRC Press. routledge.com
4. Wang, R. W., & Sun, S. H. (Eds.). (2022). *Advanced Nanomaterials for Electrochemical Energy Conversion and Storage*. MDPI Books. ISBN 978-3-0365-5839-4. MDPI
5. Naik, R., Nagaswarupa, H. P., Ananda Murthy, H. C., & Sillanpää, M. E. T. (Eds.). (2024). *Advanced Nanomaterials for Energy Storage Devices*. Springer, Cham. ISBN 978-3-031-74730-4. SpringerLink
6. Andriy A. Avramenko , Igor V. Shevchuk «Modelling of Convective Heat and Mass Transfer in Nanofluids With and Without Boiling and Condensation» Springer Nature Switzerland AG 2022.
7. Мікульонок І.О. Механічні, гідромеханічні й масообмінні процеси та апарати хімічної технології.: Навч.посібник.- К.:ІЗМН, 1998.- 248 с.
8. Deshmukh, K., & Pandey, M. (Eds.). (2024). Nanostructured Materials for Energy Storage. Wiley-VCH. ISBN 978-3-527-35067-4. Wiley-VCH.
9. Cremades, A., & Maestre, D. (Eds.). (2023). Sustainable Nanomaterials for Energy Applications. IOP Publishing Ltd. ISBN 978-0-7503-3531-7. iopscience.iop.org.
10. Кулик, М. М., Маляренко, О. Є., Майстренко, Н. Ю., Станиціна, В. В., & Куц, Г. О. (2021). *Енергоефективність та прогнозування енергоспоживання на різних ієрархічних рівнях економіки: методологія, прогнозні оцінки до 2040 року* [Монографія]. Київ: Наукова думка. ISBN 978-966-00-1739-9. Наукова бібліотека ЛПУ.
11. Барило, А. А., Бенменні, М., Будько, М. О., Будько, В. І., Васько, П. Ф., Головко, В. М., … інші. (2020). *Відновлювані джерела енергії* [Монографія]. Інститут відновлюваної енергетики НАН України.