

Національна академія наук України

ІНСТИТУТ ГАЗУ

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

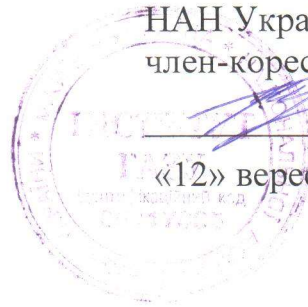
Директор Інституту газу

НАН України

член-кореспондент НАН України

Г.В. Жук

«12» вересня 2024 р.



Масопередача: основи процесів сорбції, десорбції, адсорбції

РОБОЧА ПРОГРАМА
КРЕДИТНОГО МОДУЛЯ

підготовки _____ доктора філософії

(назва освітньо-кваліфікаційного рівня)

спеціальності 144 “Теплоенергетика”

(шифр і назва)

Ухвалено Вченою радою Інституту газу
НАН України

Протокол № 7 від 12 вересня 2024 року

Голова _____ Г.В. Жук

(підпис)

(ініціали, прізвище)

12.09.2024 року

Вводиться в дію з « 01 » жовтня 2024 року.

КИЇВ – 2024

Робоча програма кредитного модуля «Масопередача: основи процесів сорбції, десорбції, адсорбції» 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 складена відповідно до програми навчальної дисципліни «Масопередача: основи процесів сорбції, десорбції, адсорбції»

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

Академік НАН України, д.т.н., проф. Бондаренко Борис Іванович

(посада, наукова ступінь, вчене звання, ПІБ)

Ст. н. с., канд. техн. наук, доцент Сидоренко Сергій Вікторович

(посада, наукова ступінь, вчене звання, ПІБ)

1. Опис кредитного модуля

Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Загальні показники	Характеристика кредитного модуля
<p>Галузь знань <u>14 «Електрична інженерія»</u> (шифр і назва)</p>	<p>Назва навчальної дисципліни, до якої належить кредитний модуль <u>«Масопередача: основи процесів сорбції, десорбції, адсорбції»</u></p>	<p>Форма навчання <u>денна / заочна</u></p>
<p>Спеціальність <u>144 «Теплоенергетика»</u></p>	<p>Кількість кредитів ECTS – <u>1</u></p>	<p>Статус кредитного модуля <u>Нормативна частина підготовки</u></p>
<p>Освітньо-кваліфікаційний рівень: <u>доктор філософії</u></p>	<p>Кількість розділів – <u>2</u></p>	<p>Цикл до якого належить кредитний модуль <u>Професійної підготовки</u></p>
	<p>Індивідуальне завдання <u>Розрахункова робота</u> (вид)</p> <p>Загальна кількість <u>30</u> год.</p> <p>Тижневих годин: аудиторних – 1,0 CPA – 0,5 (семестр триває 10 тижнів)</p>	<p>Рік підготовки: 3-й. Семестр: 5-й, 6-й.</p> <p>Лекції 5 год. Практичні (семінарські) 15 год.</p> <p>Самостійна робота (CPA) <u>10</u> год. У тому числі на виконання індивідуального завдання <u>5</u> год.</p> <p>Вид та форма семестрового контролю: <u>Диференційований залік</u></p>

Кредитний модуль «Масопередача: основи процесів сорбції, десорбції, адсорбції» входить до нормативної частини загальної підготовки та має важливе значення у підготовці фахівця з теплоенергетики. У структурно-логічній схемі програми підготовки з даного напрямку навчальна дисципліна «Масопередача: основи процесів сорбції, десорбції, адсорбції» забезпечує інші навчальні дисципліни у програмі підготовки фахівця, які потребують знань, щодо масопередачі, основ процесів сорбції, десорбції, адсорбції.

Загальний курс кредитного модуля «Масопередача: основи процесів сорбції, десорбції, адсорбції» становить невід'ємну складову наукової та інженерної освіти спеціаліста з теплоенергетики.

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 «Масопередача: основи процесів сорбції, десорбції, адсорбції»;
- 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 :

- законів молекулярної та конвективної дифузії, матеріальних балансів масообмінних апаратів;
- гіпотетичних моделей масопередачі;
- критеріїв подібності масообміну;
- масоперенос в капілярно-пористих тілах;
- структури капілярно-пористих тіл;
- механізму переносу речовини в капілярно-пористих тілах;
- масопровідність, узагальнене критеріальне рівняння масопровідності. вологопровідність.

уміння:

- здійснювати класифікацію масообмінних процесів стосовно до конкретних технологій переробки дисперсних матеріалів;
- визначення основних розмірів масообмінного обладнання та його гідродинамічних параметрів;

- проводити теоретичні і експериментальні дослідження процесів активації вуглецевих сорбентів;

досвід:

- навчитися працювати з інформаційними ресурсами, підручниками, довідниками та інш.;
- навчитися розв'язувати технічні задачі, одержані в результаті математичного моделювання процесів;
- використовувати методи теорії масопередачі, основ процесів сорбції, десорбції, адсорбції при розв'язуванні наукових, технологічних, управлінських та інших 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 напрямках

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 проекти, 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 проекти, 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.

ПРН16. Знати закони молекулярної та конвективної дифузії, матеріальні баланси масообмінних апаратів, гіпотетичні моделі масо передачі, критерії подібності масообміну, масоперенос в капілярно-пористих тілах, структуру капілярно-пористих тіл, механізм переносу речовини в капілярно-пористих тілах, масо провідність, узагальнене критеріальне рівняння масо провідності, вологопровідність.

Вміти здійснювати класифікацію масообмінних процесів стосовно до конкретних технологій переробки дисперсних матеріалів; визначати основні розміри масообмінного обладнання та його гідродинамічні параметри. Проводити теоретичні і експериментальні дослідження процесів активації вуглецевих сорбентів.

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. Масообмінні процеси.					
<i>Тема 1.1. Основи процесів сорбції і десорбції</i>	9	2	3	-	4
<i>Тема 1.2. Принципи розрахунку масообмінних процесів</i>	11	1	7	-	3
<i>Разом за розділом 1</i>	20	3	10	-	7
Розділ 2. Адсорбція.					
<i>Тема 2.1. Теоретичні основи процесу адсорбції. Розрахунок адсорберів</i>	4	1	2	-	1
<i>Тема 2.2. Методи визначення питомої поверхні і мікропористості адсорбентів</i>	6	1	3	-	2
<i>Разом за розділом 2</i>	10	2	5	-	3
Диференційовний залік					
ВСЬОГО	30	5	15	-	10

4. Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів ¹ , посилання на літературу та завдання на СРА)
1	<p>Закони молекулярної та конвективної дифузії. Гіпотетичні моделі масопередачі. Поверхневі та об'ємні коефіцієнти масопередачі, зв'язок між ними. Критерії подібності масообміну. Критеріальне рівняння конвективного масопереносу.</p> <p><i>Завдання на СРА:</i> Класифікація масообмінних процесів. Способи вираження складу фаз. Рівновага при масопередачі.</p> <p style="text-align: center;">Література: [1] - с. 382..400, [2] - с. 422..443, [4/2] – с.10..20. <i>Методичні розробки до курсу: “Масопередача: основи процесів сорбції, десорбції, адсорбції” : Лекція №1 Розділ 1-7</i></p>
2	<p>Матеріальний баланс масообмінних апаратів. Визначення основних розмірів масообмінних апаратів. Основне рівняння масопередачі. Рушійна сила масообмінних процесів.</p> <p><i>Завдання на СРА:</i> Рівняння робочої лінії процесу масопереносу. Основні критеріальні рівняння масопереносу. Аналіз шляхів інтенсифікації масообмінних процесів.</p> <p style="text-align: center;">Література: [1]- с. 401..430, [2]- с. 440..454, [4/2] – с.20..41. <i>Методичні розробки до курсу: “Масопередача: основи процесів сорбції, десорбції, адсорбції” : Лекція №2 Розділ 8-18</i></p>
3	<p>Фізична і хімічна адсорбція. Матеріальний баланс адсорбції. Рівняння кінетики адсорбції. Типи і рівняння ізотерм сорбції.</p> <p><i>Завдання на СРА:</i> Розрахунки адсорбції в рухомих шарах адсорбента.</p> <p style="text-align: center;">Література: [3] – с.313..324. [5] – с.178..188. [10]-с.366..379. <i>Методичні розробки до курсу: “Масопередача: основи процесів сорбції, десорбції, адсорбції” : Лекція №3 Розділ 19-25</i></p>
4	<p>Методи визначення питомої поверхні і пористості адсорбентів . Теорія об'ємного заповнення мікропор М.М. Дубініна</p> <p><i>Завдання на СРА:</i> Класифікація адсорбентів по розмірам пор.</p> <p style="text-align: center;">Література: [6]- с. 430..433, [7]- с. 454..456,</p>

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

Методичні розробки до курсу: “Масопередача: основи процесів сорбції, десорбції, адсорбції”: **Лекція 4: Розділ 26-31**

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 «Масопередача: основи процесів сорбції, десорбції, адсорбції» 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 CPA)
1	<p>Способи вираження складу фаз: 1) абсолютно масові, об’ємні, мольні відсотки (частки); 2) відносних масових або мольних часток; 3) у парціальних тисках газових компонентів. Приклади розрахунку</p> <p><i>Рекомендовані завдання на CPA</i> Рушійна сила масообмінних процесів</p> <p><i>Рекомендована література</i> [[1] - с. 382..400, [2] - с. 422..443, [8] – с.10..20.]</p> <p>Методичні розробки до курсу: “Масопередача: основи процесів сорбції, десорбції, адсорбції”: Лекція 1 : Розділ1,2 4</p>
2	<p>Способи вираження складу фаз: двухкомпонентних систем «рідина-газ(пара)». Формули для перерахунку різних способів вираження концентрацій в рідинній фазі.</p> <p><i>Рекомендовані завдання на CPA</i> Гіпотетичні моделі масопередачі.],</p> <p><i>Рекомендована література</i> [[1] - с. 382..400, [2] - с. 422..443, [8] – с.10..20.]</p> <p>Методичні розробки до курсу: “Масопередача: основи процесів сорбції, десорбції, адсорбції”: Лекція1 : Розділ 3,4 Лекція2 Розділ10</p>
3	<p>Подібність масообмінних процесів. Критерії подібності масообміну і їх отримання: Nu_{∂}, Fo_{∂}, Pe_{∂}, Pr_{∂}.</p> <p><i>Рекомендовані завдання на CPA</i> Методики розрахунку висоти (довжини) масообмінних апаратів.</p>

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

	<p><i>Рекомендована література [1] - с. 382..400, [2] - с. 422..443, [4/2] – с.10..20.</i> Методичні розробки до курсу: “Масопередача: основи процесів сорбції, десорбції, адсорбції”: Лекція2 Розділ12-16</p>
4	<p>Критеріальне рівняння масовіддачі для несталого процесу. <i>Рекомендовані завдання на СРА</i> Критеріальне рівняння конвективного масопереносу.</p> <p><i>Рекомендована література [1] - с. 382..400, [2] - с. 422..443, [4/2] – с.10..20.</i> Методичні розробки до курсу: “Масопередача: основи процесів сорбції, десорбції, адсорбції”: Лекція 2: Розділ 12,13</p>
5	<p>Визначення основних розмірів масообмінних апаратів. <i>Рекомендовані завдання на СРА</i> Матеріальний баланс масообмінних апаратів.</p> <p><i>Рекомендована література [с. 401..430, [2]- с. 440..454, [4/2] – с.20..41.]</i> Методичні розробки до курсу: “Масопередача: основи процесів сорбції, десорбції, адсорбції”: Лекція2 Розділ 8 ,13-16</p>
6	<p>Розрахунки адсорбції в рухомих шарах адсорбента <i>Рекомендовані завдання на СР</i> Методики розрахунку висоти (довжини) масообмінних апаратів.</p> <p><i>Рекомендована література [2]- с. 440..454, [4/2] – с.20..41. [5] , [6]- с. 430..433, [7]- с. 454..456</i> Методичні розробки до курсу: “Масопередача: основи процесів сорбції, десорбції, адсорбції”: Лекція2 : Розділ 14-16 ,Лекція3 Розділ23,24</p>
7	<p>Методика розрахунку розмірів колонних масообмінних апаратів по числу теоретичних тарілок. <i>Рекомендовані завдання на СРА</i> Основні моделі масопередачі.</p> <p><i>Рекомендована література [1] - с. 382..400, [2] - с. 422..443, [4/2] – с.10..20.</i> Методичні розробки до курсу: “Масопередача: основи процесів сорбції, десорбції, адсорбції”: Лекція 2: Розділ 16</p>
8	<p>Матеріальний баланс адсорбції <i>Рекомендовані завдання на СРА</i> Методи визначення питомої поверхні і пористості адсорбентів <i>Рекомендована література [6]- с. 430..433, [7]- с. 454..456,[5]</i> Методичні розробки до курсу: “Масопередача: основи процесів сорбції, десорбції, адсорбції”: Лекція3 : Розділ 20 Лекція4 Розділ29,31</p>
9	Залік

6. Самостійна робота

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

7. Індивідуальні завдання

Індивідуальні завдання складаються з розрахункової роботи «*Масопередача: основи процесів сорбції, десорбції, адсорбції*».

Основна ціль розрахункової роботи: закріпити знання, одержані на лекційних і практичних заняттях, продемонструвати вміння самостійно розв'язувати поставлені задачі.

Розрахункова робота передбачає вирішення аспірантами певної практичної задачі з матеріалу усього кредитного модуля на основі засвоєння теоретичного матеріалу, включає певний ілюстраційний матеріал і сприяє поглибленому засвоєнню методів розв'язку типових фізико-технічних та хіміко-технологічних задач, що мають прикладне значення. Методичні вказівки до виконання розрахункової роботи [10] є додатком до даної робочої програми та знаходяться у керівника відділу термохімічних процесів та нанотехнологій..

8. Методичні рекомендації

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

8.1 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.

8.2. Рекомендації, щодо забезпечення наочності навчальних занять

8.2.1. 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.

8.2.2. 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.

8.3. Застосування нових технологій навчання

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

8.4. 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 диспуту.

Домашня контрольна робота та норми її оцінювання видаються аспірантам завчасно. Прийом роботи здійснюється до кінця терміну, зазначеного викладачем. Методичні вказівки до виконання домашньої контрольної роботи додаються до робочої навчальної програми.

9. Рекомендована література

9.1. Базова

1. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия, 1973. – 752 с.
2. Гельперин Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия, 1981, в 2-х кн.- 812 с.
3. Корнієнко Я.М. та ін. Процеси та обладнання хімічної технології: К.; НТУУ «КПІ», 2011.- Ч.2 – 416 с.
4. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия, 1995, в 2-х ч. – 768с.
5. С. Грегг, К.Синг, Адсорбция, удельная поверхность, пористость, М., Мир, 1984.
6. М.М. Дубинин, Адсорбция и пористость, М., 1972; сб. Современные проблемы теории адсорбции, М., 1995.
7. В.Б. Фенелонов, Пористый углерод, Новосибирск, ИК, 1995.
8. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Учеб. пособ.-Л.: Химия, 1987. - 576 с.
9. ТОВАЖНЯНСКИЙ Л.Л., ГАТЛИНСЬКА А.П., ЛЕЩЕНКО В.О. та ін. Процеси та апарати хімічної технології У 2 ч. Харків: НТУУ «ХПІ», – 2007р.
10. Методичні розробки до курсу: “Масопередача: основи процесів сорбції, десорбції, адсорбції”: лекції, задачі, приклади розв'язку задач

9.2. Допоміжна

11. Плановский А.Н., Николаев П.И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии. – М.: Химия, 1987. – 490 с.
12. Машины и аппараты химических производств / Под ред. И.И. Чернобыльского. – М.: Машиностроение, 1974. – 456 с.
13. Мікульонок І.О. Механічні, гідромеханічні й масообмінні процеси та апарати хімічної технології.: Навч.посібник.- К.:ІЗМН, 1998.- 248 с.
13. Под общей редакцией Никольского Б.П. Справочник химика Т.У. Л.: Химия, – 1968
14. Лыков А.В. Тепломассообмен (Справочник) М., «Энергия», – 1978
15. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия, – 1995, в 2-х частях
16. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети : учебник для вузов, обучающихся по направлению «Теплоэнергетика» /– 7-е изд., стереотип. М. ISBN 5-7046-0703-9 : 2400 тт.
17. Плановский А. Н. Процессы и аппараты химической технологии : учебник для техникумов / А. Н. Плановский, В. М. Рамм, С. З. Каган. - Москва: Химия, 1968.
18. Процеси та апарати хімічних технологій. Навчальний посібник / Я. М. Ханик, І. О. Гузьова, Т. І. Римар, Л. З. Білецька; За ред. Я. М. Ханика. Серія “Дистанційне навчання”. № 48. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2009. 300 с.
19. Приклади і задачі з курсу тепло масообміну. Навчальний посібник. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2017. 228 с.