



Силабус освітнього компонента
Програма навчальної дисципліни



Основи хімічної термодинаміки та теплотехніки

Шифр та назва спеціальності

Інститут

ННІ Механічної інженерії і транспорту

Спеціалізація

-

Кафедра

Хімічна техніка та промислова екологія (154)

Освітня програма

Тип дисципліни

Вибіркова

Рівень освіти

Перший (бакалаврський)

Форма навчання

Денна, заочна

Семестр

Мова викладання

Українська

Викладачі, розробники



Цейтлін Мусій Абрамович

musii.tseitlin@khpi.edu.ua

Д.т.н., професор, професор кафедри хімічної техніки та промислової екології.

Досвід педагогічної роботи – 33 роки. Автор та співавтор понад 250 наукових та методичних публікацій, а також 20 патентів. Читає лекції з наступних курсів: «Проектування природоохоронних комплексів з використанням САПР», «Інженерні системи водопостачання та водовідведення», «Основи термодинаміки», «Методи обробки експериментальної інформації та результатів досліджень»

[Детальніше про викладача на сайті кафедри](#)

Загальна інформація

Анотація

Дисципліна спрямована на оволодіння студентами знаннями основ хімічної термодинаміки та теплотехніки, принципів і закономірностей перетворення енергії, включаючи теплову та хімічну, з акцентом на їх застосування в хіміко-технологічних процесах. У курсі розглядаються закони термодинаміки, розрахунок термодинамічних функцій, теплових ефектів реакцій, фазових рівноваг, процесів теплообміну, а також принципи роботи теплових машин, апаратів і систем генерації, передачі та використання теплоти в промислових і побутових умовах.

Мета та цілі дисципліни

Формування у студентів системних знань з основ хімічної термодинаміки та теплотехніки, їх основних законів і методів застосування для аналізу та розрахунку процесів перетворення енергії в хімічних і теплотехнічних системах. Цілями дисципліни є розвиток навичок розрахунку термодинамічних параметрів, рівноваги в хімічних реакціях і фазових переходах, оцінки теплових ефектів, а також проєктування та експлуатації теплотехнологічного обладнання, теплових машин і апаратів хімічної технології.

Формат занять

Лекції, практичні заняття, консультації. Індивідуальне завдання у вигляді розрахункового завдання. Підсумковий контроль - залік.

Компетентності

Здатність застосовувати закони термодинаміки для розрахунку енергетичних балансів, теплових ефектів хімічних реакцій, фазових і хімічних рівноваг у гомогенних та гетерогенних системах. Володіти методами аналізу та оптимізації процесів теплообміну, генерації та використання теплоти в хімічних виробництвах, теплових машинах і апаратах, а також вирішувати інженерні завдання з енергоефективності та теплотехнологій.

Результати навчання

Вміти застосовувати закони та принципи термодинаміки для аналізу процесів перетворення енергії, розрахунку критеріїв рівноваги в хімічних реакціях і фазових переходах, а також для проєктування хімічних реакторів. Вміти визначати закономірності генерації, передачі та використання теплоти в промислових і побутових системах, застосовувати ці знання при розрахунку та проєктуванні теплових машин, апаратів і обладнання, в яких відбуваються теплові та теплообмінні процеси.

Обсяг дисципліни

Загальний обсяг дисципліни: 120 годин (4 кредити ECTS): лекції – 32 год, практичні заняття – 16 год, самостійна робота – 72 год.

Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)

Для успішного проходження курсу необхідно мати знання та практичні навички на рівні повної загальної середньої освіти.

Особливості дисципліни, методи та технології навчання

Лекції проводяться у інтерактивному режимі спілкування зі студентами та з використанням мультимедійних технологій. На практичних заняттях застосовується метод репродуктивного навчання, направлений на узгодження теоретичних аспектів курсу з практичними та передбачає інженерні і екологічні розрахунки. При виконанні індивідуального завдання використовується спонукальний метод навчання з організацією самостійної діяльності студентів щодо здатності аналізувати екологічні системи та використовувати методи системного аналізу в цілому.

Програма навчальної дисципліни

Навчальні заняття

Лекції

Теми лекцій

Кількість годин

Тема 1. Вступ до дисципліни.

3



Виникнення та розвиток термодинаміки, її предмет та метод, визначення загальної, технічної та хімічної термодинаміки.

Тема 2. Перше начало термодинаміки. Основна термінологія. Поняття про ентальпію, внутрішню енергію та роботу. Формулювання першого закону термодинаміки.	4
Тема 3. Наслідки першого закону термодинаміки. Термодинамічні цикли, перетворення в них теплоти в роботу та навпаки.	3
Тема 4. Друге начало термодинаміки. Самочинні та несамоchinні процеси. Поняття про ентропію, формулювання другого начала термодинаміки.	4
Тема 5. Третє начало термодинаміки. Абсолютна температура. Розрахунок Абсолютна ентропії та її змін у різних термодинамічних процесах.	3
Тема 6. Рівновага в гомогенних та гетерогенних системах. Енергія Гіббса. Рівновага хімічних реакцій та рівновага в гетерогенних системах рідина – газ (пар) та рідина – тверде.	3
Тема 7. Системи та цикли генерації теплоти та електричної енергії. Технологія одночасного отримання теплоти та електрики. Цикл Ренкіна. Когенерація.	3
Тема 8. Отримання холоду. Водооборотна система охолодження. Компресійні та абсорбційні холодильні системи. Зворотній цикл Ренкіна. Отримання глибокого холоду.	3
Тема 9. Теплопередача та теплообмінники. Способи передачі теплоти та різновиди обладнання для реалізації цих процесів (теплообмінники).	3
Тема 10. Вторинні енергоресурси. Ідентифікація вторинних енергетичних ресурсів та обладнання для їх використання.	3
Загальна кількість годин	32

Практичні заняття

Теми практичних занять	Кількість годин	Вагові коефіцієнти <i>b</i>
Тема 1. Термодинамічні параметри. Одиниці вимірювання.	2	0,1
Тема 2. Розрахунки термодинамічних процесів та циклів.	2	0,1
Тема 3. Розрахунок термічних ефектів хімічних процесів.	2	0,1
Тема 4. Оцінка можливості та напрямку протікання хімічної реакції.	2	0,1
Тема 5. Закономірності встановлення рівноваги в системі розчин – газ (пар).	2	0,2
Тема 6. Закономірності встановлення рівноваги в системі розчин – тверде.	2	0,2
Тема 7. Розрахунки теплових балансів окремих технологічних процесів.	2	0,1



Тема 8. Розробка теплового балансу виробничих установок. Раціоналізація використання теплоти та холоду.	2	0,1
Загальна кількість годин	16	$\sum_{i=1}^n b_i = 1$

Лабораторні заняття

Лабораторні роботи в рамках дисципліни не передбачені

Контрольні роботи

Одна підсумкова контрольна робота, яка охоплює теоретичні та практичні питання курсу та проходить у формі тестування за допомогою ресурсу Forms на платформі Office 365

Теми контрольних робіт	Вагові коефіцієнти a
Контрольна робота	1
Загальна кількість годин	$\sum_{i=1}^n a_i = 1$

Самостійна робота

Курс передбачає самостійне опрацювання теоретичного матеріалу та виконання індивідуального завдання у вигляді розрахункового завдання, яке полягає у термодинамічному та теплотехнічному обґрунтуванні вибору схем, обладнання та процесів перетворення енергії в хімічних виробництвах залежно від типів реакцій, фазових переходів та режимів теплообміну. Завдання включає виконання розрахунків термодинамічних функцій, теплових балансів і ефектів, аналіз ефективності та енергоефективності систем, а також формулювання рекомендацій щодо раціонального використання теплоти та зменшення енергетичних втрат. Результати оформлюються у вигляді письмового звіту та обговорюються під час практичних занять.

Опрацювання теоретичного матеріалу

Теми для самостійного вивчення	Кількість годин
Тема 1. Термодинамічні властивості реальних газів. Ознайомлення з рівняннями стану реальних газів (ван дер Ваальса, Редліха-Квонга), коефіцієнтами стисливості, фугасністю та розрахунком відхилень від ідеального газу.	3
Тема 2. Термодинамічні функції та потенціали. Вивчення енергії Гельмгольца, ентальпії, енергії Гіббса, їх взаємозв'язків, умов максимуму/мінімуму та застосування для аналізу процесів.	3
Тема 3. Хімічні потенціали та рівновага в багатокомпонентних системах. Ознайомлення з поняттям хімічного потенціалу, правилами фаз Гіббса, константами рівноваги для гомогенних реакцій та розрахунком складу рівноважної суміші.	4
Тема 4. Фазові діаграми бінарних систем. Вивчення діаграм стану для систем рідина-пара, рідина-рідина, рідина-тверде, евтектик, азеотропів та їх застосування в процесах розділення.	4
Тема 5. Теплові ефекти хімічних реакцій та розчинів.	3



Ознайомлення з законами Гесса, Кірхгофа, розрахунком ентальпії реакцій при різних температурах, теплотами розчинення та інтегральними/диференціальними теплотами.

Тема 6. Цикли газотурбінних та парогазових установок. Вивчення циклу Брайтона, комбінованих парогазових циклів, впливу регенерації та проміжного охолодження на ККД.	3
--	---

Тема 7. Основи статистичної термодинаміки. Ознайомлення з мікроканонічним, канонічним ансамблями, функцією розподілу Больцмана та статистичним обґрунтуванням ентропії.	3
---	---

Тема 8. Термодинаміка поверхневих явищ. Вивчення поверхневого натягу, адсорбції Гіббса, рівняння Ленгмюра та застосування в колоїдних системах і каталізі.	3
--	---

Тема 9. Теплопровідність та конвективний теплообмін. Ознайомлення з механізмами теплопровідності, коефіцієнтами тепловіддачі, критеріями подібності (Нуссельта, Прандтля) та розрахунком теплових потоків.	3
--	---

Тема 10. Ексергетичний аналіз теплових процесів. Вивчення поняття ексергії, ексергетичного балансу, коефіцієнтів корисної дії за ексергією та оцінки незворотних втрат у системах.	3
--	---

Загальна кількість годин	32
---------------------------------	-----------

Тематика індивідуальних завдань

Індивідуальне завдання з курсу виконується у письмовій формі у вигляді розрахункової роботи, яке передбачає обґрунтування актуальності обраної теми, аналіз вихідних даних, виконання ермодинамічного та теплотехнічного розрахунку відповідного процесу, апарата або теплової машини, а також оцінку енергоефективності та екологічного впливу запропонованого рішення. Завдання оформлюється у вигляді звіту, що має включати титульну сторінку, зміст, основну частину (з розрахунками, схемами або графіками), висновки та список використаних джерел. Орієнтовний обсяг роботи – 10–15 сторінок друкованого тексту (формат А4, шрифт Times New Roman 14, міжрядковий інтервал 1,5). Робота подається в електронному вигляді, за потреби додаються розрахункові файли (Excel, Mathcad тощо). Строк виконання передбачено протягом семестру.

Теми індивідуального завдання

Тема 1. Розрахунок термодинамічного циклу паросилової установки з урахуванням регенерації тепла.

Проаналізувати схему циклу Ренкіна, розглянути вплив параметрів пари та регенеративного підігріву, виконати розрахунок теплових балансів, ККД циклу та порівняти з ідеальним циклом Карно.

Тема 2. Термодинамічний аналіз процесу горіння органічного палива в котельному агрегаті.

Проаналізувати склад палива та продуктів згоряння, розрахувати тепловий ефект реакції, тепловий баланс котла, ККД та втрати тепла з димовими газами.

Тема 3. Термодинамічний розрахунок хімічної реакції в реакторі з урахуванням теплового ефекту.



Проаналізувати реакцію (наприклад, синтез аміаку або окиснення), розрахувати ентальпію реакції при різних температурах, адіабатичний підйом температури та тепловий баланс реактора.

Тема 4. Розрахунок процесу теплообміну в кожухотрубному теплообміннику.

Проаналізувати режими теплоносіїв, визначити коефіцієнт теплопередачі, виконати розрахунок площі поверхні теплообміну, теплового балансу та оцінку енергоефективності.

Тема 5. Розрахунок рівноваги гетерогенної системи в процесі кристалізації з розчину.

Проаналізувати залежність розчинності від температури, виконати розрахунок теплового ефекту розчинення, матеріального та теплового балансів охолоджувального кристалізатора.

Загальна кількість годин**40**

Неформальна освіта

Рекомендовані в силабусі елементи неформальної освіти можуть бути зараховані за спрощеною процедурою без додаткової валідації результатів (створення предметної комісії). Успішне проходження онлайн курсу «Вступ до термодинаміки: Перенесення енергії звідси туди» може бути зараховано замість практичної роботи №1 з максимальною оцінкою. Публікація (тези доповідей на конференції, стаття у фаховому виданні, монографія тощо), тематика якої безпосередньо відповідає змісту практичної роботи, може бути зарахована як виконання відповідного виду навчальної діяльності з виставленням максимальної оцінки.

Рекомендовані курси, тренінги, стажування

1. Онлайн-курс «Вступ до термодинаміки: Перенесення енергії звідси туди»
<https://www.coursera.org/learn/thermodynamics-intro?referrer=grok.com>

Література, навчальні матеріали та інформаційні ресурси

Основна література

1. Каплаушенко А. Г. Хімічна термодинаміка: навчальний посібник для студентів спеціальності «Фармація, промислова фармація» / А. Г. Каплаушенко, Ю. Г. Самелюк, Ю. С. Фролова. – Запоріжжя : [ЗДМФУ], 2023. - 94 с. <https://surl.li/uyyfhf>
2. Тимчук, А.Ф. Фізична хімія [Текст]: навч. посіб. / А.Ф. Тимчук, Менчук В. В.; Одес. нац. ун-т ім. І.І. Мечникова. – Одеса: ОНУ, 2021. – 118 с. <https://surl.li/cumhef>
3. Фізична хімія on line. Частина II [Електронний ресурс] : навч. посібник / С. І. Руднєва, М. Д. Сахненко, О. П. Некрасов, А. В. Дженюк ; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". – Електрон. текст. дані. – Харків, 2023. – 308 с. <https://repository.kpi.kharkov.ua/items/7c8a24bb-550d-4fbf-b8db-c0c33fe9472e>
4. Коновалова, С.О. Теплотехніка та теплоенергетика : курс лекцій для студентів металургійних спеціальностей. Ч. 1. Теплотехніка / С.О.Коновалова, А.П.Авдеєнко. – Краматорськ : ДДМА, 2009. – 300 с. http://www.dgma.donetsk.ua/docs/kafedry/hiop/metod/40_tt1.pdf
5. Сіренко Г.О. Фізична хімія. Фізична та хімічна термодинаміка [Текст] : курс лекцій / Геннадій Сіренко, Марія Складанюк ; Держ. ВНЗ "Прикарпат. нац. ун-т ім. Василя Стефаника". - Івано-Франківськ : Супрун В. П. [вид.], 2019. - 241 с.
https://shron1.chtyvo.org.ua/Sirenko_Hennadii/Fizychna_khemiia_Fizychna_ta_khemichna_termodynamiika.pdf?PHPSESSID=fv54gli2eu29p2dm4368jljak3



Додаткова література

1. А.В. Яцимирський, О.Ю. Болдирєва, О.С. Роїк. Фізична хімія. Електрохімія. [Текст] : навч. посіб. для студ. хім. ф-тів вищ. навч. закл. / А.В. Яцимирський, О.Ю. Болдирєва, О.С.Роїк ; Київ. нац. ун-т ім. Т. Шевченка. — К.: LAT & K, 2015. — 138 с.
https://physchem.knu.ua/posibniki/El_chem_posibnyk_Yatsymyrsky_Boldyрева_Roik.pdf
2. Ненастіна, Т. О. Фізична хімія : навч. посіб. / Т. О. Ненастіна, Л. М. Єгорова, В. В. Даценко ; Харків. нац. автомоб.-дор. ун-т. — Харків : ХНАДУ, 2025. — Ч. 1. — 138 с.
<https://dspace.khadi.kharkov.ua/items/59a18b2f-89e5-41d8-af6e-879aef8ef71f>
3. Лобурець А.Т. Конспект лекцій із дисципліни «Хімічна термодинаміка» для студентів підготовки бакалавра спеціальності 144 «Теплоенергетика» всіх форм навчання. — Полтава : Національний університет імені Юрія Кондратюка, 2019. — 86 с. <https://surl.li/kwwshh>

Інформаційні ресурси

1. Плейлист лекцій "Термодинаміка і теплообмін"
<https://www.youtube.com/playlist?list=PLzAssNJSW1kP3nVkBCuUBlrVQuEiINE4L>
2. Лекція "Хімічна термодинаміка"
<https://www.youtube.com/watch?v=5436ASzsK70>

Система оцінювання

Підсумкова оцінка з освітнього компонента визначається відповідальним лектором за темами, видами занять, тощо у відповідності до силабусу і є інтегральною оцінкою результатів усіх вид навчальної діяльності здобувача вищої освіти. Підсумкова оцінка повинна відображати всі оцінки за складовими навчального процесу з урахуванням їх вагових показників k :

Поточний контроль (практичні, семінарські, лабораторні заняття), k_1	Контрольні роботи (за наявності), k_2	Індивідуальне завдання (за наявності), k_3	Підсумковий контроль (для ОК з іспитом), k_4
0,35	0,35	0,3	0

Сума коефіцієнтів повинна складати одиницю: $k_1 + k_2 + k_3 + k_4 = 1$. Підбір вагових коефіцієнтів підсумкової оцінки здійснює розробник курсу.
Розрахунок підсумкової оцінки проводиться за формулою:

$$O = П \cdot k_1 + K \cdot k_2 + I \cdot k_3 + Пк \cdot k_4$$

де: П – середньозважена середня оцінка за поточний контроль
I – оцінка за виконання індивідуального завдання
K – середньозважена оцінка за контрольні роботи
Пк – оцінка за підсумковий контроль

$$K = \frac{K_1 \cdot a_1 + \dots + K_n \cdot a_n}{\sum_{i=1}^n a_i}$$

де: a_i - ваговий коефіцієнт за кожну контрольну роботу.

$$П = \frac{П_1 \cdot b_1 + П_2 \cdot b_2 + \dots + П_n \cdot b_n}{\sum_{i=1}^n b_i}$$

де: b_i - ваговий коефіцієнт за кожне практичне (семінарське) або лабораторне заняття.



Поточні оцінки за кожну складову (П, К, І, ...) виставляються за 100-бальною шкалою згідно з положенням «Про критерії та систему оцінювання знань та вмінь і про рейтинг здобувачів вищої освіти» НТУ «ХП».

Підсумкова оцінка виставляється відповідно до розрахованої О з округленням до найближчого цілого числа в більшу сторону.

Шкала оцінювання

Сума балів	Національна оцінка	ECTS
90–100	Відмінно	A
82–89	Добре	B
75–81	Добре	C
64–74	Задовільно	D
60–63	Задовільно	E
35–59	Незадовільно (потрібне додаткове вивчення)	FX
1–34	Незадовільно (потрібне повторне вивчення)	F

Норми академічної етики і політика курсу

Здобувач вищої освіти повинен дотримуватися «Кодексу етики академічних взаємовідносин та доброчесності НТУ «ХП»: виявляти дисциплінованість, вихованість, доброзичливість, чесність, відповідальність. Конфліктні ситуації повинні відкрито обговорюватися в навчальних групах з викладачем, а при неможливості вирішення конфлікту – доводитися до відома співробітників дирекції інституту.

Нормативно-правове забезпечення впровадження принципів академічної доброчесності НТУ «ХП» розміщено на сайті: <http://blogs.kpi.kharkov.ua/v2/nv/akademichna-dobrochesnist/>

Погодження

Силабус погоджено

30.08.2025



Завідувач кафедри
Олексій ШЕСТОПАЛОВ

