



ТЕРМОДИНАМІКА В ХІМІЧНІЙ ІНЖЕНЕРІЇ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>133 Галузеве машинобудування</i>
Освітня програма	<i>Комп'ютерно-інтегровані технології проектування обладнання хімічної інженерії</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>3 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити ЄКТС</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік, МКР, Реферат</i>
Розклад занять	
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н., Гулієнко Сергій Валерійович, sergiigulienko@gmail.com , +38504488173 Практичні: к.т.н., Гулієнко Сергій Валерійович, sergiigulienko@gmail.com , +38504488173 Лабораторні: не передбачено навчальним планом
Розміщення курсу	

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Термодинаміка є фундаментальною наукою, що вивчає загальні властивості макроскопічних систем і способи передачі і перетворення енергії в таких системах, і є основою багатьох практичних застосувань в хімічній інженерії. Зокрема знання термодинаміки дозволяють розробляти найбільш раціональні методи розрахунку теплових балансів при протіканні фізичних і хімічних процесів, розкривати закономірності, які спостерігаються при рівновазі, визначати найбільш сприятливі умови для здійснення процесів, виявляє умови, за яких можна звести до мінімуму всі побічні процеси.

Іншими словами, термодинаміка є ключовим компонентом багатьох галузей науки та інженерії, яка ґрунтується на універсальних законах природи. Однак, найважливіші застосування цих законів, та матеріали і процеси, що становлять найбільший інтерес, відрізняються в різних галузях. Отже, є необхідність представити ці матеріали з точки зору хімічної інженерії, зосередивши увагу на термодинамічних принципах до матеріалів та процесів, які найбільш імовірно будуть враховуватися в хімічній інженерії.

Термодинаміка вивчає енергію, включаючи перетворення енергії з однієї форми в іншу, та вплив, який чинить введення чи відведення енергії в систему. Термодинаміка є важливою частиною хімічної інженерії. Принципи термодинаміки мають принципову роль в розумінні, аналізі та проектуванні процесів.

Зокрема, термодинаміка грає життєво важливу роль в проектуванні процесів. Фахівець в хімічній інженерії повинен розглядати термодинамічні властивості, коли звертається до таких питань, як наприклад:

- скільки сировини та енергії необхідно витрати для отримання необхідної продуктивності;
- які методи можуть бути використані для розділення продуктів та очищення сировини;
- яка кількість енергії необхідно витрати для досягнення заданої температури;
- яким чином можуть бути оптимізовані процеси.

Цей курс ознайомлює та ілюструє принципи термодинаміки в хімічній інженерії шляхом використання цих принципів у вирішенні інженерних задач.

Предмет навчальної дисципліни «**Термодинаміка в хімічній інженерії**» - принципи та закони термодинаміки та їх застосування в хімічній інженерії.

Мета навчальної дисципліни «**Термодинаміка в хімічній інженерії**»:

Метою вивчення даної дисципліни є формування у студентів комплексу знань, а саме:

- Знати і розуміти засади термодинаміки, що лежать в основі інженерії обладнання хімічної і споріднених технологій.

- Розуміти фізичну сутність явищ, механізмів термодинамічних процесів, що протікають в обладнанні хімічної і споріднених технологій, застосовувати математичний апарат для кількісних розрахунків, на основі яких обирати параметри обладнання та режими його роботи.

Відповідно до мети підготовка бакалавра за даною спеціальністю вимагає посилення сформованих у студентів компетентностей:

- Здатність до використання основних законів термодинаміки при розрахунках та термодинамічному аналізу ефективності енергетичних перетворень в обладнанні.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Дисципліна «**Термодинаміка в хімічній інженерії**» є вибірковою дисципліною.

Вимоги до початку вивчення включають базові знання, що отримуються протягом перших двох курсів підготовки, зокрема знання з дисциплін: «*Основи хімічної інженерії*», «*Процеси перенесення у суцільних середовищах*».

Вивчення дисципліни буде корисним при засвоєнні матеріалу таких дисциплін як «*Процеси та обладнання хімічної технології*», «*Дипломне проектування*», а також сприятиме кращому засвоєванню матеріалів вибіркових дисциплін, таких як «*Холодильна техніка*», «*Низькотемпературні процеси розділення*», «*Масообмін при розчиненні твердих матеріалів*», «*Основи мембранної технології*».

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Основні закони термодинаміки та термодинамічні параметри.

Тема 1.1 Термодинамічні параметри

Визначення кількості речовини. Температура. Тиск. Робота. Енергія. Тепло. Взаємозв'язок між фізичними величинами реальних речовин. Властивості стану та властивості, що залежать від шляху протікання процесу. Інтенсивні та екстенсивні властивості речовини. Ентальпія. Теплоємність. Ідеальний газ.

Тема 1.2 Закони термодинаміки

Перший закон термодинаміки. Баланси енергії для закритих систем. Баланси маси та енергії для відкритих систем. Другий закон термодинаміки.

Розділ 2. Термодинаміка сумішей та розчинів.

Тема 2.1 Змінні, визначення та залежності

Змінні, визначення та залежності. Визначення складу суміші. Системи з постійним складом

Тема 2.2 Системи змінного складу

Системи змінного складу. Суміші ідеальних газів. Фугітивність та коефіцієнт фугітивності. Фундаментальні відношення залишкових властивостей. Ідеальний розчин. Фундаментальні залежності для надлишкових властивостей. Підсумок щодо фундаментальних залежностей властивостей.

Розділ 3. Змішування

Зміна властивостей при змішуванні. Теплові ефекти при змішуванні. Діаграми ентальпія-концентрація. Теплота розчинення.

Розділ 4. Оцінка Термодинамічних Властивостей

Формулювання залишкових властивостей. Фазовий перехід рідина/пара. Властивості рідкої фази. Властивості з PVT кореляцій. Вирази для надлишкової енергії Гіббса

Розділ 5. Рівновага

Тема 5.1 Фазова рівновага

Природа рівноваги. Правило фаз. Теорема Дюема. Рівновага пара/рідина: якісна оцінка. Рівновага та стабільність фаз. Рівновага пара/рідина/рідина. Аналітичні методи розрахунку параметрів рівноважного стану

Тема 5.2 Рівновага хімічних реакцій

Координати реакції. Застосування критерію рівноваги до хімічних реакцій. Стандартна зміна енергії Гіббса та стала рівноваги. Вплив температури на сталу рівноваги

Розділ 6. Термодинамічний аналіз процесів

Розрахунок ідеальної роботи. Втрачена робота. Аналіз стаціонарних процесів та процесів зі стаціонарною течією.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. Термодинаміка в хімічній інженерії. Теоретичні основи. Навчальний посібник [Електронний ресурс] : навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Комп'ютерно-інтегровані технології проектування обладнання хімічної інженерії» спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад. : С. В. Гулієнко, О. В. Гусарова. – Електронні текстові данні (1 файл 3,51 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 211 с. – Назва з екрана. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/55927>
2. Dahm K. D., Visco D. P. (2015). *Fundamentals of Chemical Engineering Thermodynamics*. Stamford, Cengage Learning
3. Smith, J. M., van Ness, H. C. (2018). *Introduction to chemical engineering thermodynamics*. New York, McGraw-Hill.
4. *Perry's Chemical Engineers' Handbook*. New York: McGraw-Hill, 1997.
5. Фізична хімія. Хімічна термодинаміка [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» / уклад.: Т.А. Каменська, Г.А. Рудницька, М.Є. Пономарьов ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові данні (1 файл: 2,594 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 257 с.

Додаткова література:

1. Poling, B. E.; Prausnitz, J. M.; O'Connell, J. P. (2001). *The Properties of Gases and Liquids*. 5th edition, New York. McGraw-Hill.
2. Winterbone D. E. (1997). *Advanced Thermodynamics for Engineers*. Oxford. Butterworth-Heinemann
3. Ott J. B., Boerio-Goates J. (2000). *Chemical Thermodynamics: Advanced Applications*. London. Academic Press
4. Ott J. B., Boerio-Goates J. (2000). *Chemical Thermodynamics: Principles and Applications*. London. Elsevier Academic Press.
5. Tschoegl N. W. (2000). *Fundamentals of Equilibrium and Steady-State Thermodynamics*. Amsterdam. Elsevier.
6. Tosun I. (2021). *The Thermodynamics of Phase and Reaction Equilibria*. Second edition. Amsterdam. Elsevier.
7. Jaubert J.-N., Privat R. (2021). *Thermodynamic Models for Chemical Processes. Design, Develop, Analyze and Optimize*. Oxford. Elsevier.
8. Sieniutycz S., Jezowski J. (2018). *Energy Optimization in Process Systems and Fuel Cells*. Amsterdam. Elsevier.
9. Viswanathan B. (2017). *Energy Sources. Fundamentals of Chemical Conversion Processes and Applications*. Amsterdam. Elsevier.
10. Haseli Y. (2020). *Entropy Analysis in Thermal Engineering Systems*. London. Elsevier.
11. Barsky E. (2020). *Entropy of Complex Processes and Systems*. Amsterdam. Elsevier.
12. Wang Sh. (2022). *Low-Grade Thermal Energy Harvesting. Advances In Materials, Devices, And Emerging Applications*. Kidlington. Elsevier.
13. Lee L. (1988). *Molecular Thermodynamics of Nonideal Fluids*. Boston. Butterworths.
14. Demirel Y., Gerbaud V. (2019). *Nonequilibrium Thermodynamics Transport and Rate Processes in Physical, Chemical and Biological Systems*. Amsterdam. Elsevier.
15. Kemp I., Lim J. Sh. (2020). *Pinch Analysis for Energy and Carbon Footprint Reduction User Guide to Process Integration for the Efficient Use of Energy, Third Edition*. Oxford. Elsevier.
16. Ross J. R.H. (2022). *Sustainable Energy. Towards a Zero-Carbon Economy using Chemistry, Electrochemistry and Catalysis*. Amsterdam. Elsevier.
17. Attard P. (2002). *Thermodynamics and Statistical Mechanics Equilibrium by Entropy Maximisation*. London. Academic Press.
18. *Applied Thermal Engineering | Journal | ScienceDirect.com by Elsevier* [Електронний ресурс]. – : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://www.sciencedirect.com/journal/applied-thermal-engineering> (дата звернення 27.02.2023) – Назва з екрана
19. *Experimental Thermal and Fluid Science | Journal | ScienceDirect.com by Elsevier* [Електронний ресурс]. – : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://www.sciencedirect.com/journal/experimental-thermal-and-fluid-science> (дата звернення 27.02.2023) – Назва з екрана
20. *Fluid Phase Equilibria | Journal | ScienceDirect.com by Elsevier* [Електронний ресурс]. – : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://www.sciencedirect.com/journal/fluid-phase-equilibria> (дата звернення 27.02.2023) – Назва з екрана
21. *International Journal of Heat and Mass Transfer | ScienceDirect.com by Elsevier* [Електронний ресурс]. – : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://www.sciencedirect.com/journal/international-journal-of-heat-and-mass-transfer> (дата звернення 27.02.2023) – Назва з екрана
22. *International Journal of Thermal Sciences | ScienceDirect.com by Elsevier* [Електронний ресурс]. – : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://www.sciencedirect.com/journal/international-journal-of-thermal-sciences> (дата звернення 27.02.2023) – Назва з екрана
23. *Thermochimica Acta | Journal | ScienceDirect.com by Elsevier* [Електронний ресурс]. – : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу:

- <https://www.sciencedirect.com/journal/thermochimica-acta> (дата звернення 27.02.2023) – Назва з екрана
24. *Continuum Mechanics and Thermodynamics* | Home [Електронний ресурс]. – : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://www.springer.com/journal/161> (дата звернення 27.02.2023) – Назва з екрана
 25. *Journal of Phase Equilibria and Diffusion* | Home [Електронний ресурс]. – : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://www.springer.com/journal/11669> (дата звернення 27.02.2023) – Назва з екрана
 26. *Heat and Mass Transfer* | Home [Електронний ресурс]. – : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://www.springer.com/journal/231> (дата звернення 27.02.2023) – Назва з екрана
 27. *Journal of Engineering Physics and Thermophysics* | Home [Електронний ресурс]. – : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://www.springer.com/journal/10891> (дата звернення 27.02.2023) – Назва з екрана
 28. *Journal of Engineering Thermophysics* | Home [Електронний ресурс]. – : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://www.springer.com/journal/11823> (дата звернення 27.02.2023) – Назва з екрана
 29. *Thermal Engineering* | Home [Електронний ресурс]. – : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://www.springer.com/journal/11509> (дата звернення 27.02.2023) – Назва з екрана
 30. *Energies* | An Open Access Journal from MDPI [Електронний ресурс]. – : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://www.mdpi.com/journal/energies> (дата звернення 27.02.2023) – Назва з екрана
 31. *Entropy* | An Open Access Journal from MDPI [Електронний ресурс]. – : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://www.mdpi.com/journal/entropy> (дата звернення 27.02.2023) – Назва з екрана
 32. *Thermo* | An Open Access Journal from MDPI [Електронний ресурс]. – : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://www.mdpi.com/journal/thermo> (дата звернення 27.02.2023) – Назва з екрана
 33. *Thermodynamics: First & Second Laws* [Електронний ресурс]. – : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: https://www.youtube.com/watch?v=UMs9GlrY4dw&list=PL4xAk5aInUiyy5I6Qsj_3rdKo00q04I (дата звернення 27.02.2023) – Назва з екрана
 34. *3 Thermodynamics: Generalized Analysis of Fluid Properties* [Електронний ресурс]. – : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://www.youtube.com/playlist?list=PL4xAk5aInUjRz26fds2w1Mw8YvKHuSU> (дата звернення 27.02.2023) – Назва з екрана
 35. *Thermodynamics: Fluid Phase Equilibria in Mixtures* [Електронний ресурс]. – : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://www.youtube.com/playlist?list=PL4xAk5aInUjMQaDPzjOWCkGQORbYDNI5> (дата звернення 27.02.2023) – Назва з екрана
 36. *Thermodynamics: Interactive Screencasts* [Електронний ресурс]. – : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: https://www.youtube.com/playlist?list=PL4xAk5aInUjZ_bhvqdlGfMQohOiuE8UI (дата звернення 27.02.2023) – Назва з екрана
 37. *Thermodynamics: Interactive Simulations* [Електронний ресурс]. – : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://www.youtube.com/playlist?list=PL4xAk5aInUj1nDv5x0UVATwpQwHC-8m9> (дата звернення 27.02.2023) – Назва з екрана
 38. *Thermodynamics Review* [Електронний ресурс]. – : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://www.youtube.com/playlist?list=PL5DB67B76382FC256> (дата звернення 27.02.2023) – Назва з екрана

39. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics* [Електронний ресурс]. – : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://www.youtube.com/playlist?list=PLRihodfxzBsXr9sqFZ6J6ZREfVU86NxDJ> (дата звернення 27.02.2023) – Назва з екрана

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

Лекційні заняття спрямовані на:

- надання сучасних, цілісних, взаємозалежних знань з дисципліни «Термодинаміка в хімічній інженерії», рівень яких визначається цільовою установкою до кожної конкретної теми;
- забезпечення в процесі лекції творчої роботи студентів спільно з викладачем;
- виховання у студентів професійно-ділових якостей і розвиток у них самостійного творчого мислення;
- формування у студентів необхідного інтересу та надання напрямку для самостійної роботи;
- визначення на сучасному рівні розвитку науки в області термодинаміки в хімічній інженерії;
- відображення методичної обробки матеріалу (виділення головних положень, висновків, рекомендацій, чітке і адекватне їх формулювання);
- використання для демонстрації наочних матеріалів, поєднання, по можливості їх з демонстрацією результатів досліджень;
- викладання матеріалів досліджень чіткою і якісною мовою з дотриманням структурно-логічних зв'язків, роз'яснення всіх нововведених термінів і понять;
- доступність для сприйняття даною аудиторією.

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)	Годин
1	Лекція 1. Термодинамічні параметри. Визначення кількості речовини. Температура. Тиск. Робота. Енергія. Теплоота. Література [1-5]	2
2	Лекція 2. Властивості стану речовини Взаємозв'язок між фізичними величинами реальних речовин. Властивості стану та властивості, що залежать від шляху протікання процесу. Інтенсивні та екстенсивні властивості речовини. Ентальпія. Теплоємність. Ідеальний газ. Література [1-5]	2
3	Лекція 3. Перший закон термодинаміки Баланси енергії для закритих систем. Баланси маси та енергії для відкритих систем. Література [1-5]	2
4	Лекція 4. Другий закон термодинаміки Аксіоматичні формулювання другого закону термодинаміки. Фундаментальні термодинамічні властивості. Визначення PVT-системи. Застосування другого закону термодинаміки до простого теплообміну. Застосування другого закону термодинаміки до теплових двигунів Література [1-5]	2
5	Лекція 5. Термодинаміка сумішей та розчинів. Змінні, визначення та залежності. Визначення складу суміші. Література [1-5]	2

6	Лекція 6. Системи з постійним складом. Визначення параметрів Ентальпія та ентропія як функція T та p . Внутрішня енергія та ентропія як функція T та V . Залежності для теплоємності Література [1-5]	2
7	Лекція 7. Системи змінного складу Парціальні молярні властивості. Рівняння Гіббса-Дюема. Парціальна молярна енергія Гіббса. Стан ідеального газу та фактор стисливості. Залишкові властивості Література [1-5]	2
8	Лекція 8. Термодинаміка розчинів Суміші ідеальних газів. Фугітивність та коефіцієнт фугітивності. Фундаментальні відношення залишкових властивостей. Література [1-5]	2
9	Лекція 9. Ідеальний розчин Фундаментальні залежності для надлишкових властивостей. Підсумок щодо фундаментальних залежностей властивостей. Література [1-5]	2
10	Лекція 10. Змішування Зміна властивостей при змішуванні. Теплові ефекти при змішуванні. Діаграми ентальпія-концентрація. Тепло розчинення. Література [1-5]	2
11-12	Лекція 11-12. Оцінка термодинамічних властивостей Формулювання залишкових властивостей. Фазовий перехід рідина/пара. Властивості рідкої фази. Властивості з PVT кореляцій. Вирази для надлишкової енергії Гіббса Література [1-5]	4
13-14	Лекція 13-14. Фазова рівновага Природа рівноваги. Правило фаз. Теорема Дюема. Рівновага пара/рідина: якісна оцінка. Рівновага та стабільність фаз. Рівновага пара/рідина/рідина. Аналітичні методи розрахунку параметрів рівноважного стану Література [1-5]	4
15	Лекція 15. Рівновага хімічних реакцій Координати реакції. Застосування критерію рівноваги до хімічних реакцій. Стандартна зміна енергії Гіббса та стала рівноваги. Вплив температури на сталу рівноваги Література [1-5]	4
16	Лекція 16. Термодинамічний аналіз процесів Розрахунок ідеальної роботи. Втрачена робота. Аналіз стаціонарних процесів та процесів зі стаціонарною течією. Література [1-5]	2
17	Захист рефератів. Модульна контрольна робота	2
18	Залік	2
	Разом	18

Практичні заняття

У системі професійної підготовки студентів з даної дисципліни практичні заняття займають 67 % аудиторного навантаження. Будучи доповненням до лекційного курсу, вони закладають і формують основи кваліфікації бакалавра. Зміст цих занять і методика їх проведення повинні забезпечувати розвиток творчої активності особистості. Вони розвивають технічне мислення і здатність користуватися спеціальною термінологією,

дозволяють перевірити знання, Тому даний вид роботи виступає важливим засобом оперативного зворотного зв'язку. Практичні заняття повинні виконувати не тільки пізнавальну і виховну функції, але й сприяти зростанню студентів як творчих працівників.

Основні завдання циклу практичних занять:

- допомогти студентам систематизувати, закріпити і поглибити знання теоретичного характеру в області сучасних методів термодинаміки;
- навчити студентів прийомам вирішення практичних завдань, сприяти оволодінню навичками та вміннями виконання розрахунків, графічних та інших завдань;
- навчити їх працювати з науковою та довідковою літературою;
- формувати вміння вчитися самостійно, тобто опановувати методами, способами і прийомами самонавчання, саморозвитку і самоконтролю.

№ з/п	Назва теми практичного заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)	Годин
1	<p><u>Практичне заняття 1.</u> Термодинамічні параметри. Енергія Література: [4] Завдання на СРС. Вирішення задач з метою визначення термодинамічних та енергетичних параметрів.</p>	2
2	<p><u>Практичне заняття 2.</u> Теплові характеристики. Ентальпія. Ентропія. Література: [4] Завдання на СРС. Вирішення задач з метою визначення теплових параметрів систем.</p>	2
3	<p><u>Практичне заняття 3.</u> Перший та другий закони термодинаміки. Теплові баланси Література: [4] Завдання на СРС. Вирішення задач із застосування першого та другого законів термодинаміки на складання теплових балансів.</p>	2
4	<p><u>Практичне заняття 4.</u> Модель сумішей ідеальних газів. Фугітисвіль та коефіцієнт фугітвності. Література: [4] Завдання на СРС. Вирішення задач з визначення з визначення фугітвності та коефіцієнта фугітвності.</p>	2
5	<p><u>Практичне заняття 5.</u> Змішування. Зміна властивостей при змішуванні. Література: [5] Завдання на СРС. Вирішення задач з визначення властивостей при змішуванні</p>	2
6	<p><u>Практичне заняття 6.</u> Фазова рівновага. Природа рівноваги. Правило фаз. Література: [4, 5] Завдання на СРС. Вирішення задач з аналізу стану фазової рівноваги</p>	2
7	<p><u>Практичне заняття 7.</u> Рівновага в системі пара/рідина. Рівновага та стабільність фаз. Література: [5] Завдання на СРС. Вирішення задач з рівноваги в системі пара/рідина</p>	2

8	<u>Практичне заняття 8.</u> Застосування критерію рівноваги до хімічних реакцій. Стандартна енергія Гіббса. Література: [4] Завдання на СРС. Вирішення задач з рівноваги хімічних реакцій	2
9	<u>Практичне заняття 9.</u> Рівновага в системі рідина/рідина. Рівновага в системі пара/рідина/рідина. Література: [4, 5] Завдання на СРС. Вирішення задач з визначення рівноваги в системах рідина/рідина та пара/рідина/рідина	2
	Разом	36

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота займає 55 % часу вивчення дисципліни, включаючи і підготовку до заліку, модульної контрольної роботи та підготовки реферату. Головне завдання самостійної роботи студентів – це опанування знань з курсу, що не увійшли в перелік лекційних питань шляхом особистого пошуку інформації, формування активного інтересу до творчого підходу у навчальній роботі. У процесі самостійної роботи в рамках освітнього компонента студент повинен навчатися аналізувати сучасні термодинамічні методи, що використовуються в хімічній інженерії.

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1	Розділ 4. Вирази для надлишкової енергії Гіббса	10
2	Розділ 5. Аналітичні методи розрахунку параметрів рівноважного стану. 1 Аналітичні методи для рівноваги пара/рідина. Аналітичні методи для рівноваги рідина/рідина пара/рідина/рідина	18
3	Підготовка до лекцій	10
4	До практичних занять	12
5	Виконання розрахунково-графічної роботи	10
6	Підготовка до заліку	6
	Всього годин	66

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Правила відвідування занять та поведінки на заняттях

Відвідування занять є обов'язковим компонентом оцінювання. Студенти зобов'язані брати активну участь в навчальному процесі, не спізнюватися на заняття та не пропускати їх без поважної причини, не заважати викладачу проводити заняття, не відволікатися на дії, що не пов'язані з навчальним процесом. При розв'язанні задач на практичних заняттях студенти можуть користуватися будь-якими джерелами інформації та засобами обчислень. Всі завдання виконуються індивідуально.

Правила захисту індивідуальних завдань

Навчальним планом передбачено індивідуальне заняття у формі розрахунково-графічної роботи. Розрахунково-графічна робота передбачає виконання термодинамічного аналізу процесів, включно з оглядом декількох джерел літератури за темою, розрахунок параметрів

заданого процесу, а також побудову графічних залежностей параметрів від заданих змінних вихідних параметрів.

Правила призначення заохочувальних та штрафних балів

- заохочувальні бали можуть нараховуватись викладачем виключно за виконання творчих робіт з дисципліни або додаткового проходження он-лайн профільних курсів з отриманням відповідного сертифікату:

Але їхня сума не може перевищувати 25 % від рейтингової шкали.

- штрафні бали в рамках навчальної дисципліни не передбачені.

Політика дедлайнів та перескладань

У разі виникнення заборгованостей з навчальної дисципліни або будь-яких форс-мажорних обставин, студенти мають зв'язатися з викладачем по доступних (наданих викладачем) каналах зв'язку для розв'язання проблемних питань та узгодження алгоритму дій для відпрацювання.

Політика академічної доброчесності

Плагіат та інші форми недоброчесної роботи неприпустимі. До плагіату відноситься відсутність посилань за використання друкованих та електронних матеріалів, цитат, думок інших авторів. Неприпустимі підказки та списування під час написання тестів, проведення занять; здачі екзамену за іншого аспіранта; копіювання матеріалів, захищених системою авторського права, без дозволу автора роботи.

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>

Політика академічної поведінки і етики

Студенти мають бути толерантним, поважати думку оточуючих, заперечення формулювати в коректній формі, конструктивно підтримувати зворотний зв'язок на заняттях.

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Розподіл навчального часу за видами занять і завдань з дисципліни згідно з робочим навчальним планом:

Семестр	Навчальний час		Розподіл навчальних годин				Контрольні заходи		
	Кредити	акад. год.	Лекції	Практичні	Лаб. роб.	СРС	МКР	РГР.	Семестровий контроль
5	4	120	36	18	–	64	1	1	залік

Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, що він отримує за: виконання 8 задач на практичних заняттях, захисту реферату та МКР.

Семестровим контролем є залік.

Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання

Система рейтингових балів та критерії оцінювання:

Виконання завдань на практичних заняттях.

Ваговий бал – 8. Максимальна кількість балів за практичні заняття $8 \cdot 8 = 64$.

Виконання РГР. Ваговий бал 20.

Модульна контрольна робота. Ваговий бал 16

Залік виставляється за результатами роботи в семестрі.

Студент, який у семестрі отримав не менш ніж 60 балів, може прийняти участь у заліковій роботі для отримання більш високого балу. У цьому разі, бали, отримані ним на контрольній роботі з додаванням 50% від балів отриманих в семестрі є остаточними.

Залікова контрольна робота (у разі необхідності) оцінюється із 70 балів. Контрольне завдання складається двох теоретичних завдань.

Кожне завдання оцінюється з 35 балів за такими критеріями:

- відмінне виконання завдання, вільне володіння матеріалом на захисті – 32-34 бали.
- добрий рівень виконання, правильні відповіді на питання при захисті завдання – 25-30 балів.
- достатній рівень виконання завдання, наявність незначних неточностей у відповідях – 20-22 балів.
- погана якість виконання роботи, незнання теоретичного матеріалу – 0 балів.

Умовою першої атестації є отримання не менше 20 балів та виконання 50% практичних робіт (на час атестації). Умовою другої атестації – отримання не менше 36 балів та виконання 75% практичних робіт (на час атестації).

Сума отриманих студентом балів переводиться до екзаменаційної оцінки згідно з таблицею:

Кількість балів	Оцінка
95...100	відмінно
85...94	дуже добре
75...84	добре
65...74	задовільно
60...64	достатньо
RD < 60	незадовільно
Не виконані умови допуску	не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Приблизний перелік питань, які виносяться на семестровий контроль

1. Проаналізувати засоби визначення кількості речовини
2. Пояснити фізичний зміст температури
3. Порівняти шкали вимірювання температури
4. Пояснити фізичний зміст тиску
5. Проаналізувати фізичну суть поняття «робота»
6. Пояснити фізичну суть кінетичної енергії
7. Пояснити фізичну суть потенційної енергії
8. Проаналізувати особливості внутрішньої енергії
9. Пояснити концепцію збереження енергії

10. Пояснити фізичну суть поняття «теплота»
11. Проаналізувати взаємозв'язок між фізичними величинами реальних речовин
12. Проаналізувати діаграму фазових переходів для чистих компонентів
13. Пояснити термін «властивості стану»
14. Пояснити відмінність між інтенсивними та екстенсивними параметрами
15. Проаналізувати фізичну суть ентальпії
16. Пояснити відмінність між теплоємністю при постійному тиску та теплоємністю при постійному об'ємі
17. Пояснити модель «ідеальний газ»
18. Сформулювати перший закон термодинаміки
19. Проаналізувати баланси енергії для закритих систем
20. Пояснити засоби вимірювання витрат
21. Проаналізувати баланс маси для відкритих систем
22. Пояснити особливості стаціонарних процесів течії
23. Проаналізувати загальний баланс енергії
24. Пояснити особливості балансу енергії для стаціонарного процесу течії
25. Пояснити фізичний зміст поняття «ентропія»
26. Навести аксіоматичні формулювання другого закону термодинаміки
27. Проаналізувати фундаментальні термодинамічні властивості
28. Дати визначення PVT-системи
29. Пояснити особливості застосування другого закону термодинаміки до простого теплообміну
30. Пояснити особливості застосування другого закону термодинаміки до теплових двигунів
31. Пояснити особливості застосування першого закону термодинаміки для однофазної закритої системи, в якій немає хімічної реакції
32. Пояснити введення терміну «хімічний потенціал»
33. Пояснити значення енергії Гельмгольца та енергії Гіббса в термодинаміці
34. Пояснити засоби вираження складу суміші
35. Пояснити особливості системи з постійним складом
36. Охарактеризувати залежності ентальпії та ентропії від тиску та температури
37. Охарактеризувати залежності внутрішньої енергії та ентропії від температури та молярного об'єму
38. Проаналізувати залежності для теплоємності
39. Пояснити особливості системи змінного складу
40. Проаналізувати парціальні молярні властивості
41. Проаналізувати рівняння Гіббса-Дюема
42. Охарактеризувати парціальну молярну енергію Гіббса
43. Пояснити стан ідеального газу та фактор стисливості
44. Обґрунтувати використання залишкових властивостей
45. Пояснити особливості сумішей ідеальних газів
46. Проаналізувати фугітивність та коефіцієнт фугітивності

47. Охарактеризувати фундаментальні відношення залишкових властивостей
48. Пояснити особливості моделі «ідеальний розчин»
49. Обґрунтувати використання надлишкових властивостей
50. Проаналізувати правило Льюїса/Рендалла
51. Охарактеризувати фундаментальні залежності для надлишкових властивостей
52. Навести підсумок щодо фундаментальних залежностей властивостей
53. Проаналізувати зміну властивостей при змішуванні
54. Пояснити загальні особливості поведінки систем при змішуванні
55. Проаналізувати теплові ефекти при змішуванні
56. Обґрунтувати застосування діаграми ентальпія-концентрація
57. Проаналізувати теплоту розчинення
58. Пояснити особливості формулювання залишкових властивостей
59. Пояснити особливості аналізу властивостей при фазовому переході рідина/пара
60. Проаналізувати властивості рідкої фази
61. Проаналізувати вираження властивості з PVT кореляцій
62. Пояснити кореляцію відповідного стану Пітцера
63. Пояснити альтернативне формулювання властивостей
64. Проаналізувати віриальні рівняння стану
65. Проаналізувати кубічне рівняння стану
66. Пояснити особливості виразів для надлишкової енергії Гіббса
67. Пояснити природу рівноваги
68. Пояснити правило фаз
69. Проаналізувати теорему Дюема
70. Проаналізувати якісну оцінку рівноваги пара/рідина
71. Пояснити особливості p-xу – діаграм
72. Пояснити особливості T-xу– діаграм
73. Поналізувати критичні точки бінарних сумішей
74. Пояснити явище «ретроградна конденсація»
75. Пояснити особливості рівноваги пара/рідина при низькому тиску
76. Дати визначення точки азеотропи
77. Пояснити особливості випаровування бінарних сумішей при постійній температурі
78. Пояснити особливості випаровування бінарних сумішей при постійному тиску
79. Охарактеризувати взаємозв'язок рівноваги та стабільності фаз
80. Пояснити особливості рівноваги рідина/рідина
81. Пояснити особливості рівноваги пара/рідина/рідина
82. Пояснити особливості рівноваги хімічних реакцій
83. Проаналізувати координати реакції
84. Пояснити особливості багатореакційна стехіометрія
85. Проаналізувати застосування критерію рівноваги до хімічних реакцій
86. Охарактеризувати стандартну зміну енергії Гіббса
87. Охарактеризувати сталу рівноваги
88. Пояснити вплив температури на сталу рівноваги

89. Дати загальну оцінку аналітичним методам для рівноваги пара/рідина
90. Пояснити підхід гамма/фі
91. Пояснити методику зниження об'єму даних
92. Пояснити особливості систем розчинена речовина/розчинник
93. Проаналізувати відношення рівноваги
94. Пояснити підхід рівнянь стану
95. Дати загальну оцінку аналітичним методам для рівноваги рідина/рідина пара/рідина/рідина
96. Пояснити розрахунок ідеальної роботи
97. Проаналізувати втрачену роботу
98. Пояснити аналіз стаціонарних процесів та процесів зі стаціонарною течією

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцент каф. МАХНВ, к.т.н., доц. Сергій ГУЛІЄНКО

Ухвалено кафедрою МАХНВ (протокол № 20 від 20.06.2024)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол №11 від 28.06.2024)