

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра аерокосмічної теплотехніки (№ 205)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми



(підпис)

Михайленко Т. П.

(ініціали та прізвище)

«29» серпня 2025 р.

СИЛАБУС ОBOB'ЯЗKОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Теплофізичні властивості речовин

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 14 «Електрична інженерія»
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 144 «Теплоенергетика»
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма: «Комп'ютерно-інтегровані технології проектування енергетичних систем»

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Силабус введено в дію з 01.09.2025

Харків – 2025 р.

Розробник: Петухов І. І., доцент, к.т.н.
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь і вчене звання)

(підпис)



Силабус навчальної дисципліни розглянуто на засіданні кафедри аерокосмічної теплотехніки (№ 205)

Протокол № 1 від «20» серпня 2025 р.

Завідувач кафедри _____
к.т.н., доцент
(науковий ступінь і вчене звання)

(підпис)



Костянтин Спіфанов
(ініціали та прізвище)

Погоджено з представником здобувачів освіти:

здобувач: студент групи 248



(підпис)

Роман Мкртчян
(ініціали та прізвище)

1. Загальна інформація про викладача



ПІБ: Петухов Ілля Іванович

Посада: доцент кафедри аерокосмічної
теплотехніки

Науковий ступінь: канд. техн. наук

Вчене звання: доцент, ст. наук. співр.

Перелік дисциплін, які викладає:

- Теплофізичні властивості речовин.

Напрями наукових досліджень:

моделювання теплогідравлічних процесів в енергетичних системах, процеси тепломасообміну та гідрогазодинаміки в складних системах, багатозфазні течії, кріогенні рідини.

Контактна інформація:

email: i.petukhov@khai.edu

2. Опис навчальної дисципліни

Форма здобуття освіти	<i>Денна</i>
Семестр	6(4)
Мова викладання	Українська
Тип дисципліни	<i>Обов'язкова</i>
Обсяг дисципліни: кредити ЄКТС/ кількість годин	<u>денна</u> : 5 кредитів ЄКТС / 150 годин (64 аудиторних, з яких: лекції – 32, практичні – 32; СРЗ – 86);
Види навчальної діяльності	Лекції, практичні заняття, самостійна робота
Види контролю	Поточний контроль, модульний контроль, семестровий контроль – іспит
Пререквізити	вища математика, фізика, технічна термодинаміка
Кореквізити	технічна термодинаміка, фізико-технічні основи теплових процесів
Постреквізити	системи забезпечення теплового режиму, кваліфікаційна робота бакалавра

3. Мета та завдання навчальної дисципліни, переліки компетентностей та очікуваних результатів навчання.

Мета вивчення: придбання знань, вмінь і навичок, що дозволять розробляти та раціонально використовувати науково обґрунтовані методи визначення, розрахунку і представлення теплофізичних властивостей як чистої однофазної речовини, так і багатокомпонентних багатофазних систем.

Завдання: практична реалізація можливостей дослідження і розрахунку теплофізичних властивостей речовин за допомогою методів і моделей, які ґрунтуються на фундаментальних положеннях термодинаміки і використовують відповідний математичний апарат, довідкові данні та комп'ютерні програми.

Компетентності, які набуваються:

Інтегральна компетентність:

Здатність розв'язувати складні загальні, спеціалізовані задачі та практичні проблеми теплоенергетичної галузі, що передбачає застосування певних теорій та методів електричної інженерії і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

Загальні компетентності (ЗК):

ЗК1 – Здатність реалізувати свої права і обов'язки як члена суспільства, усвідомлювати цінності громадянського (вільного демократичного) суспільства та необхідність його сталого розвитку, верховенства права, прав і свобод людини і громадянина в Україні.

ЗК2 – Здатність зберігати та примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії та закономірностей розвитку предметної області, її місця у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій, використовувати різні види та форми рухової активності для активного відпочинку та ведення здорового способу життя.

ЗК3 – Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК4 – Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК6 – Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК8 – Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.

ЗК9 – Здатність приймати обґрунтовані рішення.

ЗК11 – Здатність ухвалювати рішення та діяти, дотримуючись принципу неприпустимості корупції та будь-яких інших проявів недоброчесності.

Спеціальні компетентності:

ФК1 – Здатність застосовувати відповідні кількісні математичні методи, методи природничих та технічних наук і комп'ютерне програмне забезпечення для вирішення інженерних завдань в теплоенергетичній галузі.

ФК2 – Здатність застосовувати і інтегрувати знання і розуміння інших інженерних дисциплін для вирішення професійних проблем.

ФК3 – Здатність проектувати та експлуатувати теплоенергетичне обладнання.

ФК4 – Здатність виявляти, класифікувати і оцінювати ефективність систем і компонентів на основі використання аналітичних методів і методів моделювання в теплоенергетичній галузі.

ФК5 – Здатність визначати, досліджувати та розв'язувати проблеми у сфері теплоенергетики, а також ідентифікувати обмеження, включаючи ті, що пов'язані з інженерними аспектами і проблемами охорони природи, сталого розвитку, здоров'я і безпеки та оцінками ризиків в теплоенергетичній галузі.

ФК7 – Здатність враховувати ширший міждисциплінарний інженерний контекст у професійній діяльності в сфері теплоенергетики.

ФК8 – Здатність використовувати наукову і технічну літературу та інші джерела інформації у професійній діяльності в теплоенергетичній галузі.

ФК11 – Здатність забезпечувати якість в теплоенергетичній галузі.

ФК14 – Здатність застосовувати знання та підходи термодинаміки, тепломасообміну, гідрогазодинаміки, теплофізичних властивостей речовин для аналізу ефективності теплогідравлічних процесів, розрахунку, проектування теплоенергетичного обладнання та раціонального використання енергетичних ресурсів.

Програмні результати навчання:

ПРН1 – Знати і розуміти математику, фізику, хімію на рівні, необхідному для досягнення результатів освітньої програми.

ПРН3 – Розуміння міждисциплінарного контексту спеціальності «Теплоенергетика».

ПРН4 – Аналізувати і використовувати сучасні інженерні технології, процеси, системи і обладнання у сфері теплоенергетики.

ПРН5 – Обирати і застосовувати придатні типові аналітичні, розрахункові та експериментальні методи; правильно інтерпретувати результати таких досліджень.

ПРН6 – Виявляти, формулювати і вирішувати інженерні завдання у теплоенергетиці; розуміти важливість нетехнічних (суспільство, здоров'я і безпека, навколишнє середовище, економіка і промисловість) обмежень.

ПРН7 – Розробляти і проектувати складні вироби в теплоенергетичній галузі, процеси і системи, що задовольняють встановлені вимоги, які можуть включати обізнаність про технічні й нетехнічні (суспільство, здоров'я і безпека, навколишнє середовище, економіка і промисловість) аспекти.

ПРН9 – Вміти знаходити необхідну інформацію в технічній літературі, наукових базах даних та інших джерелах інформації, критично оцінювати і аналізувати її.

ПРН12 – Розуміти ключові аспекти та концепції теплоенергетики, технології виробництва, передачі, розподілу і використання енергії.

ПРН14 – Мати навички розв'язання складних задач і практичних проблем, що передбачають реалізацію інженерних проектів і проведення досліджень відповідно до спеціалізації.

ПРН20 – Здатність досліджувати та аналізувати ефективність процесів у теплоенергетичних системах.

4. Зміст навчальної дисципліни

МОДУЛЬ 1

Змістовий модуль 1. Основні співвідношення. Термодинамічні властивості чистих речовин.

Тема 1. Вступ. Загальні поняття, визначення та співвідношення.

- Мета і задачі дисципліни, структура курсу. Теплофізичні та термодинамічні властивості. Методи дослідження теплофізичних властивостей. Параметри стану і їхній взаємозв'язок. Диференціальні співвідношення термодинаміки. Методи розрахунку термодинамічних властивостей. Основні співвідношення для калоричних властивостей.
- Практичні заняття: розв'язання задач за темою «Диференціальні співвідношення термодинаміки».
- Самостійна робота: опрацювання матеріалу лекцій, виконання практичних завдань.

Тема 2. Рівновага термодинамічної системи.

- Загальні умови рівноваги термодинамічної системи. Умови рівноваги для неізольованих систем. Критерії сталості рівноваги однорідної системи.
- Практичні заняття: розв'язання задач за темою «Рівняння стану чистої однофазної речовини».
- Самостійна робота: опрацювання матеріалу лекцій, виконання практичних завдань.

Тема 3. Умови рівноваги фаз чистої речовини.

- Хімічний потенціал. Рівняння Клапейрона-Клаузіуса. Фазові діаграми. Фізичні причини й область існування метастабільного стану чистої речовини. Число Гіббса. Бінодаль та спінодаль. Рівновага при різному тиску фаз. Рівняння Пойнтинга. Рівновага диспергованої фази. Досяжні перегрів і переохолодження рідини.
- Практичні заняття: розв'язання задач за темою «Рівновага фаз чистої речовини».
- Самостійна робота: опрацювання матеріалу лекцій, виконання практичних завдань.

Тема 4. Рівняння кривих фазової рівноваги та стану фаз.

- Рівновага фаз чистої речовини. Співвідношення для розрахунку теплоти пароутворення і параметрів стану рівноважних фаз. Властивості чистої речовини в трифазній області. Фундаментальний трикутник. Властивості речовини в біякритичній області.
- Практичні заняття: розв'язання задач за темою «Рівновага фаз чистої речовини».
- Самостійна робота: опрацювання матеріалу лекцій, виконання практичних завдань, підготовка до модульного контролю.

Тема 5. Методи опису термодинамічних властивостей чистої речовини.

- Основні вимоги до рівняння стану. Модель ідеального газу. Основні рівняння стану реальних газів. Рівняння стану рідин і твердих тел. Термічне рівняння стану рідини в метастабільній області. Метод термодинамічної подібності при розрахунку параметрів стану чистої речовини.
- Практичні заняття: розв'язання задач за темою «Діаграми стану чистої речовини».
- Самостійна робота: опрацювання матеріалу лекцій, виконання практичних завдань, підготовка до модульного контролю.

Модульний контроль 1.

Змістовий модуль 2. Термодинамічні властивості та загальні умови фазової рівноваги багатокомпонентних систем.

Тема 6. Газові суміші.

- Багатокомпонентні системи. Модель суміші ідеальних газів. Калоричні властивості суміші ідеальних газів. Суміш реальних газів. Надлишкові функції і їхній взаємозв'язок. Термічне рівняння стану сумішей реальних газів. Вологе повітря.
- Практичні заняття: розв'язання задач за темою «Модель суміші ідеальних газів».
- Самостійна робота: опрацювання матеріалу лекцій, виконання практичних завдань.

Тема 7. Властивості розчинів.

- Рідкі і тверді суміші (розчини).. Ідеальний розчин. Парціальні величини. Рівняння Гіббса-Дюгема. Теплоти змішання.
- Практичні заняття: розв'язання задач за темою «I,d-діаграма вологого повітря».

- Самостійна робота: опрацювання матеріалу лекцій, виконання практичних завдань.

Тема 8. Загальні умови фазової рівноваги в багатокомпонентних системах.

- Правило фаз Гіббса. Летючість, її фізичний зміст і переваги при використанні. Летючість ідеального газу. Летючість чистої речовини в різних агрегатних станах. Летючість компонента газової суміші. Закон Рауля. Летючість і активність.
- Практичні заняття: розв'язання задач за темою «Закон Рауля».
- Самостійна робота: опрацювання матеріалу лекцій, виконання практичних завдань, підготовка до модульного контролю.

Тема 9. Розчинність.

- Умови розчинності. Розчинність газу в рідині, коефіцієнт Генрі. Приклади розчинності газу в технічних рідинах (вода, паливо, холодоагент, мастило). Розчинність твердого тіла в рідині, рівняння Шредера. Розсоли. Кріоскопічна константа. Явище осмосу. Розчинність рідин і твердих тіл у газах (парах). Взаємна розчинність речовин, що знаходяться в однаковому агрегатному стані. Антифризи.
- Практичні заняття: розв'язання задач за темою «Розчинність. Осмотичний тиск та температура заморожування».
- Самостійна робота: опрацювання матеріалу лекцій, виконання практичних завдань, підготовка до модульного контролю.

Модульний контроль 2.

Змістовий модуль 3. Фазова рівновага у бінарних системах. Переносні і поверхневі властивості.

Тема 10. Фазова рівновага та діаграми стану бінарного розчину.

- Загальні умови фазової рівноваги в бінарних розчинах. p, N та T, N - діаграми ідеального бінарного розчину при фазовій рівновазі. Рівновага рідина-пар у розчині з нелетючим компонентом. Рівновага рідина - пар у неідеальних розчинах. Азеотропні розчини. Розчинена та вільна вода у паливі. Багатокомпонентні холодоагенти. Рівновага кристал-рідина в бінарних розчинах. Евтектика. Кристалогідрати.
- Практичні заняття: розв'язання задач за темою «Фазова діаграма бінарного розчину».
- Самостійна робота: опрацювання матеріалу лекцій, виконання практичних завдань.

Тема 11. Калоричні параметри бінарного розчину.

- Калоричні діаграми ідеального бінарного розчину для області фазових переходів. Теплові ефекти при фазових переходах у розчинах. Інтегральна теплота пароутворення. Диференціальна теплота пароутворення бінарного розчину.
- Практичні заняття: розв'язання задач за темою «Діаграми стану бінарного розчину».
- Самостійна робота: опрацювання матеріалу лекцій, виконання практичних завдань.

Тема 12. Переносні властивості рідин і газів.

- В'язкість. Теплопровідність. Коефіцієнти дифузії. Переносні властивості сумішей та гетерогенних систем.
- Практичні заняття: розв'язання задач за темою «Переносні властивості газів».
- Самостійна робота: опрацювання матеріалу лекцій, виконання практичних завдань, підготовка до модульного контролю.

Тема 13. Поверхневі властивості на границі розділу фаз.

- Поверхневий натяг чистих рідин і їхніх сумішей. Поверхневий натяг водних розчинів, поверхнево активні домішки.
- Практичні заняття: розв'язання задач за темою «Температурна залежність в'язкості та поверхневого натягу рідин».
- Самостійна робота: опрацювання матеріалу лекцій, виконання практичних завдань, підготовка до модульного контролю.

Модульний контроль 3.

МОДУЛЬ 2

Розрахункова робота

Модульний контроль 4.

5. Індивідуальні завдання

Розрахункова робота «Діаграма та рівняння стану фаз бінарного розчину».

6. Методи навчання

Словесні, наочні, практичні.

7. Методи контролю

Поточний контроль (теоретичне опитування й розв'язання практичних завдань), модульний контроль (тестування за розділами курсу) та підсумковий контроль у вигляді іспиту.

8. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі освіти

Таблиця 8.1 – Розподіл балів, які отримують здобувачі освіти

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовий модуль 1			
Робота на лекціях	0...0,5	6	0...3
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	0...3	3	0...9
Модульний контроль	0...18	1	0...18
Змістовий модуль 2			
Робота на лекціях	0...0,5	4	0...2
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	0...3	2	0...6
Модульний контроль	0...12	1	0...12
Змістовий модуль 3			
Робота на лекціях	0...0,5	6	0...3
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	0...3	3	0...9
Модульний контроль	0...15	1	0...15
Виконання і захист РР	0...23	1	0...23
Усього за семестр			0...100

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту. **Умовою допуску є здача усіх практичних робіт та розрахункової роботи.**

Під час складання семестрового іспиту студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту складається з 4 теоретичних та двох практичних завдань. Максимальна сума балів за теоретичні запитання є 60, за практичні – 40 балів.

Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру

Задовільно (60-74). Мати мінімум знань та умінь по предмету. Відпрацювати та захистити всі лабораторні завдання та розрахункову роботу. Знати основні терміни, закони та рівняння. Уміти вирішити базові задачі по темам.

Добре (75 - 89). Твердо знати матеріал курсу, виконати усі завдання в обумовлений викладачами строк. Показати розуміння суті та теоретичної бази лабораторних робіт, вміння самостійно виконувати практичні завдання та розрахункову роботу. Вміти самостійно обґрунтувати вибір основних співвідношень для обраної моделі робочого середовища. Вміти розраховувати параметри стану та умови фазової рівноваги чистої та двокомпонентної речовини.

Відмінно (90 - 100). Повно знати основний та додатковий матеріал. Знати усі теми. Орієнтуватися у підручниках та посібниках. Безпомилково виконати лабораторні роботи та розрахункову роботу, продемонструвати тверді знання відповідної теоретичної бази. Досконально знати математичні формулювання основних законів, визначення та графічне представлення параметрів фаз, умов та меж їхнього існування. Вміти вибрати раціональну модель розрахунку теплофізичних властивостей речовини та необхідні вихідні дані.

Таблиця 8.2 – Шкали оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит, диференційований залік	Залік
90 – 100	Відмінно	Зараховано
75 – 89	Добре	
60 – 74	Задовільно	
0 – 59	Незадовільно	Не зараховано

9. Політика навчального курсу

Відвідування занять. Регуляція пропусків. Інтерактивний характер курсу передбачає обов'язкове відвідування практичних занять. Здобувачі освіти, які за певних обставин не можуть відвідувати практичні заняття регулярно, повинні протягом тижня узгодити із викладачем графік індивідуального відпрацювання пропущених занять. Окремі пропущені заняття мають бути відпрацьовані на найближчій консультації протягом тижня після їх пропуску. Відпрацювання занять здійснюється усно у формі співбесіди за питаннями, визначеними планом заняття. В окремих випадках дозволяється письмове відпрацювання пропущених занять шляхом виконання індивідуального письмового завдання.

Дотримання вимог академічної доброчесності здобувачами освіти під час вивчення навчальної дисципліни. Під час вивчення навчальної дисципліни здобувачі освіти мають дотримуватися загальноприйнятих морально-етичних

норм і правил поведінки, вимог академічної доброчесності, передбачених Положенням про академічну доброчесність Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут» (<https://khai.edu/assets/files/polozhennya/polozhennya-pro-akademichnu-dobrochesnist.pdf>). Очікується, що роботи здобувачів освіти будуть їх оригінальними дослідженнями або міркуваннями. Відсутність посилань на використані джерела, фабрикавання джерел, списування, втручання в роботу інших здобувачів освіти становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій роботі здобувача освіти є підставою для її незарахування викладачем незалежно від масштабів плагіату чи обману.

Вирішення конфліктів. Порядок і процедури врегулювання конфліктів, пов'язаних із корупційними діями, зіткненням інтересів, різними формами дискримінації, сексуальними домаганнями, міжособистісними стосунками та іншими ситуаціями, що можуть виникнути під час навчання, а також правила етичної поведінки регламентуються Кодексом етичної поведінки в Національному аерокосмічному університеті «Харківський авіаційний інститут» (<https://khai.edu/ua/university/normativna-baza/ustanovchi-dokumenti/kodeks-etichnoi-povedinki/>).

10. Методичне забезпечення

Підручники, навчальні посібники, навчально-методичні посібники, конспекти лекцій, тощо, які видані в Університеті знаходяться за посиланням:

http://library.khai.edu/catalog?clear_all_params=0&mode=KNMZ&lang=ukr&caller_mode=SearchDocForm&ext=no&theme_path=0&themes_basket=&ttp_themes_basket=&disciplinesearch=no&top_list=1&fullsearch_fld=&author_fld=%D0%A0%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%B2&docname_fld=&docname_cond=beginwith&theme_context=%D0%A0%D1%96%D0%B7%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F+%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%B0%D0%BB%D1%96%D0%B2&theme_cond=all_theme&theme_id=0&is_ttp=0&combiningAND=0&step=20&tpage=1

Сторінка дисципліни у системі дистанційного навчання Ментор знаходиться за посиланням: <https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=1230>

11. Рекомендована література

Базова

1. The Properties of Gases and Liquids. Fifth Edition / Bruce E. Poling, John M. Prausnitz, John P. O'Connell. -McGraw-Hill, 2001 - 803 p.

2. Желєзний В.П. Експериментальна теплофізика. Методи дослідження теплофізичних властивостей речовин : підручник / В. П. Желєзний, В. З. Геллер, Ю. В. Семенюк; Одес. нац. акад. харч. технологій. - Одеса : Фенікс, 2016. – 319с.
3. Буляндра О. Ф. Технічна термодинаміка : підруч. для студентів енерг. спец. вищ. навч. закладів / О. Ф. Буляндра. – К.: Техніка, 2001. – 320 с.

Допоміжна

1. Петухов І.І. Теплофізичні властивості речовин: учб. посібник / І. Петухов, Т. Михайленко, О. Лисиця – Х.: Нац. аерокосм. ун-т «ХАІ», – 180 с.
2. Павловський В.Г. Термодинаміка фізико-енергетичних процесів. Навч. посібник / В.Г.Павловський, Г.І.Павловський. – Харків: НТУ «ХПІ», 2006. – 332 с.

12. Інформаційні ресурси

1. Бібліотека НАКУ «ХАІ».
2. Методичний кабінет кафедри.
3. Мережа Internet.
4. Сайт кафедри: <https://khaikaf205.wixsite.com/main/>
5. Сайт: <https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=1230>