

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра аерокосмічної теплотехніки (№205)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова НМК



(підпис)

Шевцова М.А.

(ініціали та прізвище)

« 30 » серпня 2019 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА ВИБІРКОВОЇ
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: «Енергетичний менеджмент», «Енергетичний менеджмент (скорочена форма)», Комп'ютерно-інтегровані технології проектування енергетичних систем», «Теплофізика (скорочена форма)».

(найменування освітньої програми)

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти:

перший (бакалаврський)

Харків 2019 рік

Робоча програма Теплофізичні властивості речовин
(назва навчальної дисципліни)

для студентів за спеціальністю 144 «Теплоенергетика»

освітньою програмою «Енергетичний менеджмент», «Енергетичний менеджмент (скорочена форма)», Комп'ютерно-інтегровані технології проектування енергетичних систем», «Теплофізика (скорочена форма)».

«06» червня 2019 р., – 15 с.

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

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри аерокосмічної теплотехніки

Протокол № 9 від « 26 » червня 2019 р.

Завідувач кафедри Д.Т.Н., доцент  Гакал П.Г.
(науковий ступінь і вчене звання) (підпис) (ініціали та прізвище)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки (спеціальність, спеціалізація), рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни
		Денна форма навчання
Кількість кредитів – 5	Галузь знань <u>14 «Електрична інженерія»</u> (шифр та найменування)	Цикл професійної підготовки (за вибором)
Кількість модулів – 2		Навчальний рік
Змістових модулів – 3		2019/2020
Індивідуальне завдання - розрахункова робота: «Термодинамічні властивості речовини в області фазової рівноваги»		Семестр
Загальна кількість годин – 64/150		6-й
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4 самостійної роботи студента – 5,4	Освітня програма: <u>«Енергетичний менеджмент», «Енергетичний менеджмент (скорочена форма)», Комп'ютерно-інтегровані технології проектування енергетичних систем», «Теплофізика (скорочена форма)».</u> (найменування)	Лекції *
		32 годин
		Практичні, семінарські
		Не передбачено
		Лабораторні *
		32 години
		Самостійна робота
		86 годин
		Вид контролю
		модульний контроль, іспит
	Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить 64/86.

Аудиторне навантаження може бути зменшене або збільшене на одну годину в залежності від розкладу занять

2. Мета та завдання навчальної дисципліни.

Мета вивчення: придбання знань, вмінь і навичок, що дозволять розробляти та раціонально використовувати науково обґрунтовані методи експериментального визначення, розрахунку і представлення теплофізичних властивостей різних середовищ - від чистої однофазної речовини до 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.

У результаті вивчення даного курсу студент повинен

знати: основні моделі та методи розрахунку теплофізичних властивостей чистих речовин та сумішей у різних агрегатних станах;

вміти:

вибрати раціональну модель розрахунку теплофізичних властивостей;

визначити базу даних, необхідну для опису теплофізичних властивостей речовини;

оцінити сталість рівноваги та межі існування термодинамічної системи визначеного виду;

Програмні результати навчання: у результаті вивчення навчальної дисципліни студент буде здатен:

- демонструвати знання і розуміння основних термінів та положень теорії теплофізичних властивостей речовин;
- обирати і застосовувати раціональні моделі розрахунку теплофізичних властивостей типових середовищ;
- здійснювати пошук необхідних експериментальних даних для опису теплофізичних властивостей речовини;
- правильно інтерпретувати результати експериментальних досліджень теплофізичних властивостей типових середовищ та раціонально планувати такі дослідження;
- визначити межі існування термодинамічної системи заданого фазового складу;
- здійснювати моделювання теплофізичних властивостей речовин з обмеженою базою вихідних даних.

Міжпредметні зв'язки: "Термодинаміка", "Вища математика", "Фізика".

3. Програма навчальної дисципліни

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

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

Мета і задачі дисципліни, структура курсу. Література. Теплофізичні та термодинамічні властивості. Методи дослідження теплофізичних властивостей. Параметри стану і їхній взаємозв'язок. Диференціальні співвідношення термодинаміки і методи їхнього одержання. Зв'язок термічних і калоричних параметрів стану. Методи розрахунку термодинамічних властивостей. Основні співвідношення для калоричних властивостей.

Тема 2. Рівновага термодинамічної системи.

Загальні умови рівноваги термодинамічної системи. Умови рівноваги для неізольованих систем. Критерії сталості рівноваги однорідної системи.

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.

Тема 4. Рівняння кривих фазової рівноваги та стану фаз.

Рівновага рідина - пар чистої речовини. Співвідношення для розрахунку теплоти пароутворення і параметрів стану рівноважних фаз. Рівновага кристал-пар. Рівновага кристал-рідина. Властивості чистої речовини в трифазній області. Фундаментальний трикутник. Властивості речовини в біякритичній області, співвідношення для критичних параметрів.

Тема 5. Методи опису термодинамічних властивостей чистої речовини.

Основні вимоги до термічного рівняння стану. Калоричні 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.

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.

Тема 7. Властивості розчинів.

Рідкі і тверді суміші (розчини). Розчинність. Ідеальний розчин. Парціальні величини. Рівняння Гіббса-Дюгема. Теплоти змішання.

Тема 1. Вступ. Загальні поняття, визначення та співвідношення.	12	2		4		6
Тема 2. Рівновага термодинамічної системи.	6	2				4
Тема 3. Умови рівноваги фаз чистої речовини.	6	2				4
Тема 4. Рівняння кривих фазової рівноваги та стану фаз.	14	4		4		6
Тема 5. Методи опису термодинамічних властивостей чистої речовини.	10	2		2		6
Модульний контроль	2			2		
Разом за змістовим модулем 1	50	12		12		26
Змістовий модуль 2. Термодинамічні властивості та загальні умови фазової рівноваги багатокомпонентних систем.						
Тема 6. Газові суміші.	10	2		2		6
Тема 7. Властивості розчинів.	6	2				4
Тема 8. Загальні умови фазової рівноваги в багатокомпонентних системах.	4	2				2
Тема 9. Розчинність.	14	2		4		8
Модульний контроль	2			2		
Разом за змістовим модулем 2	36	8		8		20
Змістовий модуль 3. Фазова рівновага у бінарних системах. Переносні і поверхневі властивості.						
Тема 10. Фазова рівновага та діаграми стану бінарного розчину.	22	6		4		12
Тема 11. Калоричні параметри бінарного розчину.	16	2		4		10
Тема 12. Переносні властивості рідин і газів.	8	3		1		4
Тема 13. Поверхневі властивості на границі розділу фаз.	6	1		1		4
Модульний контроль	2			2		
Разом за змістовим модулем 3	54	12		12		30
Модуль 2						
Розрахункова робота	10					10
Усього годин	150	32		32		86

5. Теми семінарських занять (навчальним планом не передбачені)

6. Теми практичних занять (навчальним планом не передбачені)

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Використання експериментальних даних та диференціальних співвідношень термодинаміки для побудови рівнянь стану чистої однофазної речовини.	4
2	Фазова рівновага та метастабільний стан чистої речовини.	4
3	Рівняння стану чистої речовини.	2
4	Модульний контроль.	2

5	I,d-діаграма вологого повітря.	3
6	Розчинність солі у воді. Осмотичний тиск	4
7	Модульний контроль.	1
8	Діаграми стану розчину холодоагент-мастило.	4
9	Калорична діаграма розчину етилового спирту у воді.	4
10	Апроксимація температурної залежності в'язкості та поверхневого натягу холодоагентів і мастил.	2
11	Модульний контроль.	2
	Разом	32

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Диференціальні співвідношення термодинаміки і методи їхнього одержання. Основні співвідношення для калоричних властивостей.	6
2	Умови рівноваги для неізолюваних систем	4
3	Рівняння Пойнтинга. Рівновага диспергованої фази.	4
4	Співвідношення для розрахунку теплоти пароутворення і параметрів стану рівноважних фаз. Властивості речовини в білякритичній області.	6
5	Основні рівняння стану реальних газів. Термічне рівняння стану рідини в метастабільній області.	6
6	Надлишкові функції і їхній взаємозв'язок. Термічне рівняння стану сумішей реальних газів.	6
7	Ідеальний розчин. Парціальні величини. Теплоти змішання.	4
8	Летючість чистої речовини в різних агрегатних станах. Летючість компонента газової суміші.	2
9	Розчинність твердого тіла в рідині, рівняння Шредера. Взаємна розчинність речовин, що знаходяться в однаковому агрегатному стані.	8
10	Розчини з областю незмішування. Багатокомпонентні холодоагенти. Розчини холодоагент-масло.	12
11	Калоричні діаграми ідеального бінарного розчину для області фазових переходів. Теплові ефекти при фазових переходах у розчинах.	10
12	Переносні властивості сумішей та гетерогенних систем.	4
13	Поверхневий натяг водних розчинів, поверхнево активні домішки.	4
14	Розрахункова робота: «Термодинамічні властивості речовини в області фазової рівноваги»	10
	Разом	86

Сутністю самостійної роботи над матеріалом модулю є опрацювання лекційних тем за допомогою підручників та формулювання відповідей на запитання з цих тем, що задає викладач у поточному режимі. Цей розділ передбачає 86 годин самостійної підготовки, з них на підготовку до занять та модулів 76 годин, виконання розрахункової роботи – 10 годин.

9. Індивідуальні завдання

В якості індивідуального завдання передбачено виконання розрахункової роботи. Індивідуальне завдання має на меті закріпити відповідні теоретичні знання і одержати необхідні навички практичних розрахунків з дисципліни. В розрахунковій роботі студенти виконують підбір табличних даних та аналітичний опис на основі відповідних теоретичних рівнянь параметрів стану та умов рівноваги фаз чистої речовини.

10. Методи навчання

Лекційні заняття проводяться з застосуванням електронних засобів навчання та роздачею додаткового друкованого допоміжного матеріалу.

11. Методи контролю

Поточний контроль здійснюється під час лабораторних занять, модульного контролю та виконання розрахункової роботи, фінальний контроль – у вигляді іспиту.

Оцінювання поточних занять:

- Опрацювання матеріалу лекції оцінюється в 0,5 бала;
- Виконана лабораторна робота оцінюється максимум в 3 бали;
- Виконання завдання модульного контролю оцінюється максимум в 18 балів для модуля 1, 12 балів для модуля 2 та 15 балів для модуля 3. Модульний контроль являє собою тест з 12 питань та додатково 2 задачі для модуля 1 та 1 задачу для модуля 3. Повністю правильна відповідь на кожне з питань теоретичної частини тесту оцінюється в 1 бал. Повністю правильне рішення задачі оцінюється у 3 бали.

Критерії оцінювання поточних занять:

- а) Повністю вирішене завдання дає 100% відповідного балу оцінювання;
- б) Завдання, виконане з несуттєвими помилками оцінюється в 80-90% (загальні питання повністю розкриті, вірні базові математичні формули, графічні побудови, але є незначні помилки в визначеннях, математичних перетвореннях, розрахунках);
- с) Часткове виконане завдання оцінюється в 60-70% (загальні питання повністю розкриті, вірні вихідні математичні формули та графічні побудови, правильно обрана логіка рішення але є грубі помилки в визначеннях, математичних перетвореннях, розрахунках);

d) Часткове виконане завдання оцінюється в 10-40%, якщо загальні питання розкриті не повністю, є помилки у вихідних математичних формулах та графічних побудовах, але правильно обрана логіка рішення задачі;

e) Неправильно виконане завдання оцінюється в 0 балів.

- Виконання розрахункової роботи оцінюється максимум у 23 бали. Після перевірки пояснювальної записки студент допускається до захисту роботи. Йому видаються два завдання за темою роботи. Оцінка виставляється з урахуванням повноти і правильності їхнього вирішення. Повністю і правильно виконане завдання розрахункової роботи без вирішених завдань оцінюється не вище 8 балів. Кожне із завдань дозволяє отримати додатково не більше 5 балів. Ще 5 балів можна отримати при відповіді на 5 теоретичних питань за темою розрахункової роботи. Правильно вирішене, але недбало оформлене завдання розрахункової роботи оцінюється в 6 балів, завдання з математичними помилками оцінюється в 4-5 балів, рішення з методичними помилками оцінюється в 1-3 бали.
- Виконання розрахункової та лабораторних робіт є обов'язковою умовою для допуску до іспиту.

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

12.1. Розподіл балів, які отримують студенти (кількісні критерії оцінювання)

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 робіт	1...3	3	3...9
Модульний контроль	0...18	1	15...18
Виконання і захист РР	0...23	1	18...23
Змістовий модуль 2			
Робота на лекціях	0...0,5	4	0...2
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	1...3	2	2...6
Модульний контроль	0...12	1	9...12
Змістовий модуль 3			
Робота на лекціях	0...0,5	6	0...3
Виконання і захист лабораторних	1...3	3	3...9

(практичних) робіт			
Модульний контроль	0...15	1	10...15
Усього за семестр			60...100

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

12.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки.

Студент повинен знати вихідні поняття, основні моделі, рівняння та методи розрахунку теплофізичних властивостей чистих речовин та сумішей у різних агрегатних станах.

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки.

Студент повинен вміти вибрати раціональну модель розрахунку теплофізичних властивостей; визначити базу даних, необхідну для опису теплофізичних властивостей речовини; оцінити сталість рівноваги та межі існування термодинамічної системи визначеного виду;

12.3 Критерії оцінювання роботи студента 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.

Шкала оцінювання: бальна, ECTS та національна

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

13. Методичне забезпечення

1. Конспект лекцій.
2. Комп'ютерні програми для лабораторних занять та самостійної роботи.

14. Рекомендована література

Базова

1. Петухов И.И. Теплофизические свойства веществ: учеб. пособие / И.И. Петухов, Т.П. Михайленко. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2010. – 180 с.
2. Кириллин В.А., Шейндлин А.Е., Шпильрайн Э.Э. Термодинамика растворов. - М.: Энергия, 1980.-290 с.
3. Шпильрайн Э.Э., Кессельман М.М. Основы теории теплофизических свойств веществ. - М.: Энергия, 1977.-196 с.

Допоміжна

4. Кириллин В.А., Сычев В.В., Шейндлин А.Е. Техническая термодинамика. - М.: Энергия, 1974.-477 с.
5. Базаров И.П. Термодинамика. - М.: Высшая школа, 1976 -447 с.
6. Рид Р., Праусниц Дж., Шервуд Т. Свойства газов и жидкостей: Спр. пос.-Л.: Химия, 1982.-592 с.
7. Теплофизические свойства жидкостей в метастабильном состоянии. Справочник/ Скрипов В.П., Сеницын Е.Н., Павлов П.А. и др. -М.: Атомиздат, 1980.-208 с.

15. Інформаційні ресурси

1. Бібліотека НАКУ «ХАІ».
2. Методичний кабінет кафедри.
3. Мережа Internet.
4. Сайт кафедри: www.k205.khai.edu

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ.

Питання з матеріалу змістовного модулю 1.

1. Різниця термінів «теплофізичні» і «термодинамічні» властивості.
2. Різновиди ТД систем (визначення).
3. Стан системи та його параметри (визначення). Термічні та калоричні параметри стану.
4. Скільки параметрів стану рівноважної термомеханічної системи фіксованої маси є незалежними?
5. Правило фаз Гіббса.
6. Основна тотожність термодинаміки.
7. Аналітичний вираз другого закону термодинаміки через ентропію.
8. Чи може змінюватися ентропія в ізольованій системі?
9. Об'єднане рівняння першого і другого законів термодинаміки.
10. Види рівноваги ТД системи.
11. Як називається процес переходу системи з нерівноважного стану в рівноважний?
12. Умови механічної та термічної стійкості рівноваги однорідної системи.
13. Математичне визначення теплоємності.
14. Що означає нижній індекс у теплоємності?
15. Який зв'язок числа ступенів свободи молекули і теплоємності калорично досконалого ідеального газу?
16. Висловити C_p через i .
17. Висловити C_v через u .
18. Зв'язок C_p і C_v ідеального газу.
19. Представте графічно теплоємність в T, S - діаграмі.
20. Чи залежить внутрішня енергія ідеального газу від тиску?
21. Чи залежить ентальпія ідеального газу від тиску?
22. Хімічний потенціал (формула і основне призначення).
23. Умови рівноваги фаз чистої речовини.
24. Рівняння Клапейрона-Клаузіуса.
25. Хімічний потенціал і стійкість рівноваги фаз.
26. Бінодаль і спінодаль в p, v - діаграмі.
27. Бінодаль і спінодаль в T, S - діаграмі.
28. Фазова діаграма чистої речовини в p, T - координатах.
29. В яких координатах існує потрійна лінія і потрійна область рівноваги трьох фаз чистої речовини?
30. Чи можуть для чистої речовини існувати 4 і більше фази?
31. Чи можуть для чистої речовини співіснувати рівноважно 4 і більше фази?
32. Скільки потрійних точок може мати чиста речовина, що складається з 4 фаз?
33. Різниця гомогенного і гетерогенного механізмів зародкоутворення.
34. Спінодаль і бінодаль при фазовому переході рідина-пара в p, T - координатах.

35. Який тиск в бульбашці і краплі по відношенню до тиску насичення при рівновазі рідина-пара?
36. Фізичний сенс критичного зародка парової фази.
37. Фізичний сенс числа Гіббса.
38. Особливості p , v , T - даних метастабільної рідини, які використовуються при побудові її ТУС.
39. Знаки теплоємності C_{vh} і C_{lh} (уздовж лінії насичення).
40. Характер залежності теплоти пароутворення від температури.
41. Модель ідеального газу та його ТУС.
42. Які з калоричних властивостей ідеального газу (U , i , C_v , C_p , S , F , Φ) залежать від тиску?
43. Як визначити газову постійну при відомій молекулярній масі речовини?
44. Яка розмірність універсальної газової постійної R_u ?
45. Скільки незалежних рівнянь стану у однорідній термомеханічній системі?
46. Основні фактори, що визначають відмінність реального газу від ідеального.
47. Коефіцієнт стисливості. Яким може бути його значення?
48. Зв'язок теплот плавлення, випаровування і сублімації у трифазній області.
49. Значення теплоємності C_p в критичній точці.

Питання з матеріалу змістовного модулю 2.

50. Поняття багатокомпонентної системи. Поняття суміш і розчин.
51. Склад суміші.
52. Математичне визначення масової частки компонента суміші.
53. Математичне визначення мольної частки компонента суміші.
54. Математичне визначення об'ємної частки компонента газової суміші.
55. Що таке парціальний тиск?
56. Що таке парціальний об'єм?
57. Математичне вираження закону Дальтона.
58. Поняття багатокомпонентної системи. Поняття суміш і розчин.
59. Суміш ідеальних газів.
60. Закон Дальтона.
61. Парціальний об'єм компоненти ідеально-газової суміші.
62. Закон Амага.
63. Зв'язок $U = f(U_i)$ для ідеально-газової суміші.
64. Ентропія змішування.
65. Відносна вологість повітря.
66. Які закони в загальному випадку не виконуються для суміші реальних газів?
67. Поняття надлишкової функції.
68. Поняття ідеальної суміші.
69. Поняття «розчинність», «розчинник» та «розчинюєма речовина».
70. Поняття насиченого розчину.
71. Математичне визначення парціальної величини.
72. Надлишкові функції компонентів суміші.
73. Чи справедливі для парціальних величин ДУ термодинаміки?
74. Загальна умова рівноваги ізобарно-ізотермічної системи.

- 75. Співвідношення між парціальними хімічними потенціалами компонент при фазовій рівновазі.
- 76. Як обчислити газову постійну суміші?
- 77. Як обчислити уявну молекулярну масу суміші?
- 78. Поняття ентропії змішання.
- 79. Що таке абсолютна вологість повітря?
- 80. Що таке відносна вологість повітря?
- 81. Що таке вологовміст повітря?
- 82. Що таке "точка роси" вологого повітря?
- 83. Що таке "температура адіабатного зволоження" вологого повітря?

Питання з матеріалу змістовного модулю 3.

- 84. Поняття летючості.
- 85. Летючість і умови фазової рівноваги багатоконпонентної суміші.
- 86. Летючість газу.
- 87. Летючість рідини.
- 88. Летючість твердого тіла.
- 89. Чому дорівнює розчинність в ідеальному бінарному розчині при однаковому агрегатному стані компонент?
- 90. Закон Рауля.
- 91. Вид T , N -і P , N - діаграми ідеального бінарного розчину.
- 92. Що таке азеотропна точка?
- 93. Поняття незмішуваності компонент розчину.
- 94. Вид i , N - діаграми ідеального бінарного розчину.
- 95. Поняття інтегральної теплоти пароутворення розчину.
- 96. Поняття диференціальної теплоти пароутворення розчину.
- 97. Поняття в'язкості, теплопровідності, коефіцієнта дифузії.
- 98. Особливості розрахунку переносних властивостей сумішей.
- 99. Поняття поверхневого натягу.
- 100. Поняття поверхнево активних домішок.