

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Наименование образовательной программы: Теплофизика и молекулярная физика

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
РАСЧЕТ ПРОЦЕССОВ МАССОПЕРЕНОСА

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.09.02.01
Трудоемкость в зачетных единицах:	2 семестр - 4;
Часов (всего) по учебному плану:	144 часа
Лекции	2 семестр - 16 часов;
Практические занятия	2 семестр - 32 часа;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	2 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	2 семестр - 93,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Контрольная работа Перекрестный опрос	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	2 семестр - 0,5 часа;

Москва 2025

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Пятницкая Н.Ю.
	Идентификатор	R77942753-PiatnitskyaNY-ac3988a

Н.Ю. Пятницкая

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Яньков Г.Г.
	Идентификатор	Rbb1f0c84-YankovGG-11a2e4dc

Г.Г. Яньков

Заведующий выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Герасимов Д.Н.
	Идентификатор	Ra5495398-GerasimovDN-6b58615

Д.Н. Герасимов

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: Изучение и практическое освоение методов расчета процессов массопереноса..

Задачи дисциплины

- изучение физических механизмов переноса тепла и массы в процессах тепло- и массообмена;;
- изучение математического описания совместно протекающих процессов тепло- и массообмена применительно к типовым конструкциям и режимам работы энергетического оборудования, а также аппаратов и установок для различных областей новой техники и технологии;;
- освоение методов решения задач массообмена;;
- приобретение навыков расчета процессов массопереноса в элементах тепломассообменного оборудования на основе научно обоснованных соотношений..

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-1 Способен анализировать и моделировать физические процессы, используемые в атомной энергетике	ИД-1 _{ПК-1} Имеет навыки математического описания и моделирования процессов в рабочих телах и элементах энергетических установок	знать: - физические механизмы переноса тепла и массы и методы расчета свойств смеси;; - закономерности процессов и методы расчета тепло- и массообмена при фазовых превращениях.. уметь: - составлять математическое описание процессов тепло- и массообмена применительно к режимам работы элементов энергетических установок;; - рассчитывать тепло- и массообменное оборудование энергетических установок..

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Теплофизика и молекулярная физика (далее – ОПОП), направления подготовки 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать курс теплообмена
- уметь решать задачи по теплообмену

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа							СР			
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
КПР	ГК	ИККП	ТК											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Основные понятия и закономерности процесса молекулярной диффузии в бинарных и многокомпонентных смесях	41.25	2	4.00	-	12.25	-	-	-	-	-	25	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Основные понятия и закономерности процесса молекулярной диффузии в бинарных и многокомпонентных смесях"</p> <p><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><u>Подготовка домашнего задания:</u> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Основные понятия и закономерности процесса молекулярной диффузии в бинарных и многокомпонентных смесях" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу "Основные понятия и закономерности процесса молекулярной диффузии в бинарных и многокомпонентных смесях" и подготовка к контрольной работе</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></p>
1.1	Диффузия и причины ее возникновения	2.25		0.25	-	-	-	-	-	-	-	2	-	
1.2	Концентрация смеси	3.25		0.25	-	1	-	-	-	-	-	2	-	
1.3	Скорость диффузии	3.25		0.25	-	1	-	-	-	-	-	2	-	
1.4	Массовые и мольные потоки	3.25		0.25	-	1	-	-	-	-	-	2	-	
1.5	Закон Фика для бинарной смеси	5.5		0.5	-	2	-	-	-	-	-	3	-	
1.6	Эквимолярная и эквимассовая противодиффузия	4.25		0.25	-	1	-	-	-	-	-	3	-	
1.7	Свойства смеси	6		1	-	2	-	-	-	-	-	3	-	
1.8	Аналогия процессов молекулярного переноса массы, импульса и энергии	4.5		0.5	-	1	-	-	-	-	-	3	-	
1.9	Расчет диффузии в многокомпонентных газовых смесях	6.5		0.5	-	3	-	-	-	-	-	3	-	

1.10	Термо- и бародиффузия в бинарной смеси	2.50	0.25	-	0.25	-	-	-	-	-	2	-	Изучение материала по разделу "Основные понятия и закономерности процесса молекулярной диффузии в бинарных и многокомпонентных смесях" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Основные понятия и закономерности процесса молекулярной диффузии в бинарных и многокомпонентных смесях" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 369 - стр. 388 [4], стр. 468 - стр. 499
2	Одномерные задачи диффузии	27.75	5.0	-	7.75	-	-	-	-	-	15	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Одномерные задачи диффузии" <u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы <u>Подготовка домашнего задания:</u> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Одномерные задачи диффузии" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.
2.1	Диффузия через неподвижный слой газовой смеси	6.75	1	-	2.75	-	-	-	-	-	3	-	
2.2	Каталитический реактор	2.5	0.5	-	-	-	-	-	-	-	2	-	
2.3	Диффузия сопровождающаяся гомогенной химической реакцией	2.5	0.5	-	-	-	-	-	-	-	2	-	
2.4	Одновременный перенос тепла и массы через слой газовой смеси	6	1	-	2	-	-	-	-	-	3	-	
2.5	Способы измерения влажности	7	1	-	3	-	-	-	-	-	3	-	
2.6	Нестационарное испарение	3	1	-	-	-	-	-	-	-	2	-	<u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу "Одномерные задачи диффузии" и подготовка к контрольной работе <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу

													дополнительного материала по разделу "Задачи конвективного тепло- и массообмена" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 102 - стр. 122
4	Расчет элементов теплообменного оборудования с учетом процессов переноса массы	9.0	1	-	3	-	1.0	-	-	-	4	-	<u>Подготовка расчетных заданий:</u> Задание ориентировано на решения минизадачи по разделу "Расчет элементов теплообменного оборудования с учетом процессов переноса массы". Студенты необходимо повторить теоретический материал. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующее: Пар конденсируется из насыщенной паровоздушной смеси, движущейся сверху вниз в вертикальной круглой трубе, наружная поверхность которой охлаждается водой. Труба диаметром 12×1 мм изготовлена из стали с теплопроводностью 15 Вт/(м·К). На наружной поверхности трубы имеются отложения, что создает дополнительное термическое сопротивление величиной $8 \cdot 10^{-4}$ м²К/Вт. Коэффициент теплоотдачи со стороны охлаждающей воды можно принять постоянным и равным 5 кВт/(м²К). Термическое сопротивление пленки конденсата принять постоянным по длине и равным 10^{-4} м²К/Вт. Давление смеси можно считать не изменяющимся по длине трубы. Определить длину трубы, необходимую для того, чтобы температура смеси на выходе стала равной t_{out} .
4.1	Расчет конденсатора методом Кольборна и Хоугена	9.0	1	-	3	-	1.0	-	-	-	4	-	теоретический материал. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующее: Пар конденсируется из насыщенной паровоздушной смеси, движущейся сверху вниз в вертикальной круглой трубе, наружная поверхность которой охлаждается водой. Труба диаметром 12×1 мм изготовлена из стали с теплопроводностью 15 Вт/(м·К). На наружной поверхности трубы имеются отложения, что создает дополнительное термическое сопротивление величиной $8 \cdot 10^{-4}$ м²К/Вт. Коэффициент теплоотдачи со стороны охлаждающей воды можно принять постоянным и равным 5 кВт/(м²К). Термическое сопротивление пленки конденсата принять постоянным по длине и равным 10^{-4} м²К/Вт. Давление смеси можно считать не изменяющимся по длине трубы. Определить длину трубы, необходимую для того, чтобы температура смеси на выходе стала равной t_{out} . <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], стр. 82 - стр. 86
	Экзамен	35.0	-	-	-	-	1.0	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	144.00	16.00	-	32.00	-	2.0	-	-	0.5	60	33.5	

	Итого за семестр	144.00		16.0 0	-	32. 00	2.0	-	0.5	93.5	
--	------------------	--------	--	-----------	---	-----------	-----	---	-----	------	--

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Основные понятия и закономерности процесса молекулярной диффузии в бинарных и многокомпонентных смесях

1.1. Диффузия и причины ее возникновения

Концентрационная диффузия. Термодиффузия. Бародиффузия. Диффузия в поле внешних сил.

1.2. Концентрация смеси

В массовых единицах. В мольных единицах.

1.3. Скорость диффузии

Относительно средней массовой. Относительно средней мольной.

1.4. Массовые и мольные потоки

В массовых единицах. В мольных единицах.

1.5. Закон Фика для бинарной смеси

В массовых единицах (относительно средней массовой скорости и неподвижной системы координат). В мольных единицах (относительно средней мольной скорости и неподвижной системы координат).

1.6. Эквимольная и эквимассовая противодиффузия

Эквимольная противодиффузия. Эквимассовая противодиффузия. Диффузия газа в твердом теле.

1.7. Свойства смеси

Коэффициент диффузии. Теплоемкость, вязкость, теплопроводность газовой смеси.

1.8. Аналогия процессов молекулярного переноса массы, импульса и энергии

Поток Стефана. Коэффициент массоотдачи.

1.9. Расчет диффузии в многокомпонентных газовых смесях

Для идеальных газовых смесей (точно). Уравнение Стефана - Максвелла (точно). Эффективный коэффициент диффузии для двухкомпонентной системы.

1.10. Термо- и бародиффузия в бинарной смеси

Термодиффузия. Бародиффузия.

2. Одномерные задачи диффузии

2.1. Диффузия через неподвижный слой газовой смеси

Вывод формулы Стефана. Случай эквимольной противодиффузии.

2.2. Каталитический реактор

Решение для реакции димеризации.

2.3. Диффузия сопровождающаяся гомогенной химической реакцией

Решение для малой концентрации одного компонента.

2.4. Одновременный перенос тепла и массы через слой газовой смеси
Перенос тепла в смеси. Пленочная модель.

2.5. Способы измерения влажности
Гигрометр точки росы. Психрометр Августа.

2.6. Нестационарное испарение
Получение автомодельного решения. Анализ безразмерного профиля.

3. Задачи конвективного тепло- и массообмена

3.1. Уравнение конвективной диффузии
Случай ПС, ГУ.

3.2. Уравнение сохранения импульса
Случай ПС, ГУ.

3.3. Уравнения сохранения энергии
Случай ПС, ГУ.

3.4. Аналогия процессов теплообмена и массообмена
Частный случай существования аналогии (равенство теплоемкостей). Частный случай существования аналогии ($Le=1$). Система уравнений. ГУ. Параметр проницаемости.

3.5. Постановка и автомодельное решение задачи о сопротивлении трения, ТО и МО при продольном обтекании плоской пластины (ламинарное течение)
Система уравнений для ПС. Получение автомодельного решения.

3.6. Расчет сопротивления трения, ТО и МО с учетом влияния поперечного потока массы
 C_f . Nu . Sh . Z -поправка.

4. Расчет элементов теплообменного оборудования с учетом процессов переноса массы

4.1. Расчет конденсатора методом Кольборна и Хоугена
Свойства смеси. Расход и мощность. Тепло- и массообмен.

3.3. Темы практических занятий

1. Диффузия через неподвижный слой газовой смеси;
2. Термо- и бародиффузия в бинарной смеси;
3. Расчет конденсатора методом Кольборна и Хоугена;
4. Расчет сопротивления трения, ТО и МО с учетом влияния поперечного потока массы;
5. Аналогия процессов теплообмена и массообмена;
6. Способы измерения влажности;
7. Закон Фика для бинарной смеси;
8. Скорость диффузии;
9. Свойства смеси;
10. Эквимоллярная и эквимассовая противодиффузия;

11. Массовые и мольные потоки;
12. Аналогия процессов молекулярного переноса массы, импульса и энергии;
13. Постановка и автоматическое решение задачи о сопротивлении трения, ТО и МО при продольном обтекании плоской пластины (ламинарное течение);
14. Концентрация смеси;
15. Расчет диффузии в многокомпонентных газовых смесях;
16. Одновременный перенос тепла и массы через слой газовой смеси.

3.4. Темы лабораторных работ не предусмотрено

3.5 Консультации

Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Расчет элементов теплообменного оборудования с учетом процессов переноса массы"

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)				Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	
Знать:						
закономерности процессов и методы расчета тепло- и массообмена при фазовых превращениях.	ИД-1ПК-1		+			Контрольная работа/Одномерные задачи диффузии Контрольная работа/Основные понятия и закономерности процесса молекулярной диффузии в бинарных и многокомпонентных смесях
физические механизмы переноса тепла и массы и методы расчета свойств смеси;	ИД-1ПК-1	+				Контрольная работа/Одномерные задачи диффузии Контрольная работа/Основные понятия и закономерности процесса молекулярной диффузии в бинарных и многокомпонентных смесях
Уметь:						
рассчитывать тепло- и массообменное оборудование энергетических установок.	ИД-1ПК-1				+	Перекрестный опрос/Расчет элементов теплообменного оборудования с учетом процессов переноса массы
составлять математическое описание процессов тепло- и массообмена применительно к режимам работы элементов энергетических установок;	ИД-1ПК-1			+		Контрольная работа/Задачи конвективного тепло- и массообмена

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

2 семестр

Форма реализации: Защита задания

1. Расчет элементов теплообменного оборудования с учетом процессов переноса массы (Перекрестный опрос)

Форма реализации: Письменная работа

1. Задачи конвективного тепло- и массообмена (Контрольная работа)
2. Одномерные задачи диффузии (Контрольная работа)
3. Основные понятия и закономерности процесса молекулярной диффузии в бинарных и многокомпонентных смесях (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №2)

Оценка выставляется в соответствии с положением о балльно-рейтинговой системе для студентов ФГБОУ ВО "НИУ "МЭИ"

В диплом выставляется оценка за 2 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Григорьев Б.А. , Цветков Ф.Ф. - "Тепломассообмен", Издательство: "Издательский дом МЭИ", Москва, 2011 - (562 с.)
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=72294;
2. Цветков, Ф. Ф. Задачник по тепломассообмену : Учебное пособие для теплоэнергетических специальностей вузов / Ф. Ф. Цветков, Р. В. Керимов, В. И. Величко. – М. : Изд-во МЭИ, 1997. – 136 с. : 9000.00.;
3. Авчухов, В. В. Задачник по процессам тепломассообмена : Учебное пособие для вузов по специальности "Промышленная теплоэнергетика" / В. В. Авчухов, Б. Я. Паюсте. – М. : Энергоатомиздат, 1986. – 144 с.;
4. Рид, Р. Свойства газов и жидкостей : (определение и корреляция) : пер. с англ. / Р. Рид, Т. Шервуд ; Переводчик Б. И. Соколов, Е. И. Нортман. – Л. : Химия, 1971. – 702 с..

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Windows / Операционная система семейства Linux.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>

2. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
3. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
4. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» - <https://uisrussia.msu.ru>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	Т-417, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, доска маркерная, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Т-417, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, доска маркерная, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Т-417, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, доска маркерная, компьютер персональный
Помещения для самостоятельной работы	Т-412, Учебная лаборатория вычислительной техники	стол преподавателя, стол учебный, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная, компьютер персональный
Помещения для консультирования	Т-205, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф, доска маркерная
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Т-213, Подсобное помещение	

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ**Расчет процессов массопереноса**

(название дисциплины)

2 семестр**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Основные понятия и закономерности процесса молекулярной диффузии в бинарных и многокомпонентных смесях (Контрольная работа)
- КМ-2 Одномерные задачи диффузии (Контрольная работа)
- КМ-3 Расчет элементов теплообменного оборудования с учетом процессов переноса массы (Перекрестный опрос)
- КМ-4 Задачи конвективного тепло- и массообмена (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	3	6	9	12
1	Основные понятия и закономерности процесса молекулярной диффузии в бинарных и многокомпонентных смесях					
1.1	Диффузия и причины ее возникновения		+	+		
1.2	Концентрация смеси		+	+		
1.3	Скорость диффузии		+	+		
1.4	Массовые и мольные потоки		+	+		
1.5	Закон Фика для бинарной смеси		+	+		
1.6	Эквимольная и эквимассовая противодиффузия		+	+		
1.7	Свойства смеси		+	+		
1.8	Аналогия процессов молекулярного переноса массы, импульса и энергии		+	+		
1.9	Расчет диффузии в многокомпонентных газовых смесях		+	+		
1.10	Термо- и бародиффузия в бинарной смеси		+	+		
2	Одномерные задачи диффузии					
2.1	Диффузия через неподвижный слой газовой смеси		+	+		

2.2	Каталитический реактор	+	+		
2.3	Диффузия сопровождающаяся гомогенной химической реакцией	+	+		
2.4	Одновременный перенос тепла и массы через слой газовой смеси	+	+		
2.5	Способы измерения влажности	+	+		
2.6	Нестационарное испарение	+	+		
3	Задачи конвективного тепло- и массообмена				
3.1	Уравнение конвективной диффузии				+
3.2	Уравнение сохранения импульса				+
3.3	Уравнения сохранения энергии				+
3.4	Аналогия процессов теплообмена и массообмена				+
3.5	Постановка и автомодельное решение задачи о сопротивлении трения, ТО и МО при продольном обтекании плоской пластины (ламинарное течение)				+
3.6	Расчет сопротивления трения, ТО и МО с учетом влияния поперечного потока массы				+
4	Расчет элементов теплообменного оборудования с учетом процессов переноса массы				
4.1	Расчет конденсатора методом Кольборна и Хоугена			+	
Вес КМ, %:		20	30	30	20