

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Макуев Валентин Анатольевич

Должность: Заместитель директора по учебной работе

Дата подписания: 26.08.2025 08:56:07

Уникальный программный ключ:

a0887579b7e63594c87851bc1bb030c7c4482fa1

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Мытищинский филиал

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего

образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

(национальный исследовательский университет)»

(МФ МГТУ им. Н. Э. Баумана)



Заместитель директора

по учебной работе

МФ МГТУ им. Н. Э. Баумана

Макуев В.А.

«13» мая 2022 г.

Факультет ЛТ «Факультет лесного хозяйства, лесопромышленных

технологий и садово-паркового строительства»

Кафедра ЛТ9 «Химия и химические технологии в лесном комплексе»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Процессы массопереноса в системах с участием твердой фазы

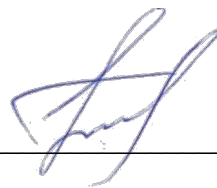
Автор программы:

Зарубина А.Н., заведующий кафедрой (к.н.), кандидат технических наук, доцент,

zarubina@bmstu.ru

Утверждена на заседании кафедры «Химия и химические технологии в лесном комплексе»
Протокол № 12 заседания кафедры «ЛТ9» от 07.06.2021 г.

Начальник Отдела образовательных программ
Шевлякова А.А



Рабочая программа одобрена на 2023/2024 учебный год.
Протокол № 10 заседания кафедры «ЛТ9» от 24.04.2023 г.
Лист переутверждения рабочей программы дисциплины / практики.

Рабочая программа одобрена на 2024/2025 учебный год.
Протокол № 9 заседания кафедры «ЛТ9» от 01.04.2024 г.
Лист переутверждения рабочей программы дисциплины / практики.

Рабочая программа одобрена на 2025/2026 учебный год.
Протокол № 09.04.09-04/11 заседания кафедры «ЛТ9» от 16.04.2025 г.
Лист переутверждения рабочей программы дисциплины / практики.

ОГЛАВЛЕНИЕ

с.

1. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	7
3. Объем дисциплины	8
4. Содержание дисциплины, структурированное по модулям учебной дисциплины с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и видов учебных занятий	9
5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов	14
6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации студентов по дисциплине.....	15
7. Перечень учебной литературы и дополнительных материалов, необходимых для освоения дисциплины	16
8. Перечень ресурсов сети интернет, рекомендуемых для самостоятельной работы при освоении дисциплины.....	17
9. Методические указания для студентов по освоению дисциплины.....	18
10. Перечень информационных технологий, используемых при изучении дисциплины, включая перечень программного обеспечения, информационных справочных систем и профессиональных баз данных	20
11. Описание материально-технической базы, необходимой для изучения дисциплины..	21

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Настоящая рабочая программа дисциплины устанавливает требования к знаниям и умениям студента, а также определяет содержание и виды учебных занятий и отчетности.

Программа разработана в соответствии с:

- Самостоятельно устанавливаемым образовательным стандартом (СУОС 3++) по направлению подготовки (уровень магистратуры): 18.04.01 «Химическая технология»;
- Основной профессиональной образовательной программой по направлению подготовки 18.04.01 «Химическая технология»;
- Учебным планом МГТУ им. Н.Э. Баумана по направлению подготовки 18.04.01 «Химическая технология».

При освоении дисциплины планируется формирование компетенций, предусмотренных ОПОП на основе СУОС 3++ по направлению подготовки 18.04.01 «Химическая технология» (уровень магистратуры)

Код компетенции по СУОС 3++	Формулировка компетенции
Общепрофессиональные компетенции собственные	
ОПКС-4 (18.04.01)	Способен находить оптимальные решения при создании продукции с учетом требований качества, надежности и стоимости, а также сроков исполнения, безопасности жизнедеятельности и экологической чистоты с использованием методов «зеленой химии»
Профессиональные компетенции собственные (обязательные)	
ПКСо-1 (18.04.01)	Способен к организационно-методическому и научно-техническому руководству работами по химико-технологическим направлениям, научной и производственной деятельности и комплексному контролю новых химических технологий.
ПКСо-2 (18.04.01)	Способен к управлению исследовательскими и проектными работами по химико-технологическим направлениям

Для категорий «знать, уметь, владеть» планируется достижение результатов обучения (РО), вносящих на соответствующих уровнях вклад в формирование компетенций, предусмотренных основной профессиональной образовательной программой (табл. 1).

Таблица 1. Индикаторы достижения компетенции

1	2	3
Компетенция: код по СУОС 3++, формулировка	Индикаторы	Формы и методы обучения, способствующие формированию и развитию компетенции
ОПКС-4 (18.04.01) Способен находить оптимальные решения при создании продукции с учетом требований качества, надежности и стоимости, а также сроков исполнения, безопасности жизнедеятельности и экологической чистоты с использованием методов «зеленой химии»	ЗНАТЬ - основные требования к надежности оборудования и качеству продукции в области химико-технологических процессов УМЕТЬ - анализировать параметры технологических процессов при выборе оптимальных условий производства продукции нанохимии и химических нанотехнологий ВЛАДЕТЬ - методами испытаний надежности оборудования и качества продукции химических технологий	Формы обучения: Фронтальная и групповая формы. Методы обучения: Словесный метод обучения (Лекции) Методы практической работы (Семинары) Наблюдение и Исследовательский метод (Лабораторные работы) Метод проблемного обучения(Самостоятельная работа) (в том числе выполнение курсовой работы) Активные и интерактивные методы обучения: обсуждение практических примеров на лекциях и семинарах
ПКСо-1 (18.04.01) Способен к организационно-методическому и научно-техническому руководству работами по химико-технологическим направлениям, научной и производственной деятельности и комплексному контролю новых химических технологий.	ЗНАТЬ - методы комплексного контроля химических технологий и производственной деятельности УМЕТЬ - составлять методическое и научно-техническое обеспечение работ по химическим технологиям, научной и производственной деятельности	Формы обучения: Фронтальная и групповая формы. Методы обучения: Словесный метод обучения (Лекции) Методы практической работы (Семинары) Наблюдение и Исследовательский метод (Лабораторные работы) Метод проблемного обучения(Самостоятельная работа) (в том числе выполнение курсовой работы) Активные и интерактивные методы обучения: обсуждение практических примеров на лекциях и семинарах
ПКСо-2 (18.04.01) Способен к управлению	ЗНАТЬ - перспективные направления развития исследовательских и проектных работ	Формы обучения: Фронтальная и групповая формы. Методы обучения:

1	2	3
исследовательскими и проектными работами по химико-технологическим направлениям	УМЕТЬ - управлять проектными работами по химико-технологическим направлениям ВЛАДЕТЬ - методами организации проектно-исследовательской деятельности	Словесный метод обучения (Лекции) Методы практической работы (Семинары) Наблюдение и Исследовательский метод (Лабораторные работы) Метод проблемного обучения (Самостоятельная работа) (в том числе выполнение курсовой работы) Активные и интерактивные методы обучения: обсуждение практических примеров на лекциях и семинарах

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в блок Б1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы магистратуры по направлению 18.04.01 «Химическая технология».

Изучение дисциплины предполагает предварительное освоение дисциплин учебного плана бакалавриата.

Освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее для следующих дисциплин образовательной программы:

- Современное состояние технологии химической переработки древесины;
- Химия и технология получения мономеров и вспомогательных веществ;
- Адгезия полимеров.

Освоение учебной дисциплины связано с формированием компетенций с учетом матрицы компетенций ОПОП для направления (уровень магистратуры): 18.04.01 Химическая технология.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общий объем дисциплины составляет 8 зачетных единиц (з.е.), 288 академических часов (216 астрономических часов). В том числе: 1 семестр – 5 з.е. (180 ак.ч.), 2 семестр – 3 з.е. (108 ак.ч.).

Таблица 2. Объем дисциплины по видам учебных занятий (в академических часах)

Виды учебной работы	Объем по семестрам, акад. ч.		
	Всего	Количество семестров освоения дисциплины	
		1	2
Объем дисциплины	288	180	108
Аудиторная работа*	108	72	36
Лекции (Л)	54	36	18
Семинары (С)	36	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	18	18	0
Самостоятельная работа (СР)	180	108	72
Проработка учебного материала лекций	6.75	4.5	2.25
Подготовка к семинарам	4.5	2.25	2.25
Подготовка к лабораторным работам	8	8	0
Подготовка к экзамену	30	30	0
Подготовка к контрольной работе	24	12	12
Выполнение курсовой работы	36	0	36
Другие виды самостоятельной работы	70.75	51.25	19.5
Вид промежуточной аттестации		Экзамен	Зачёт ДЗчт

*в том числе, в форме практической подготовки

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО МОДУЛЯМ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ИЛИ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ

Таблица 3. Содержание дисциплины

№ п/п	Тема (название) модуля	Виды занятий*, часы				Компетенции, закрепленные за темой (код по СУОС 3++)	Текущий контроль результатов обучения		
		Л	С	ЛР	СР		Срок (неделя)	Формы	Баллы (мин/ макс)
1 семестр									
1	Процессы массопереноса в химической технологии.Адсорбция.	18	10	10	39	ОПКС-4, ПКСо-1, ПКСо-2	9	Контрольная работа 1	18/30
								ИТОГО:	18/30
2	Кристаллизация.Гетерогенный катализ.	18	8	8	39	ОПКС-4, ПКСо-1, ПКСо-2	18	Контрольная работа 2	24/40
								ИТОГО:	24/40
3	Экзамен	-	-	-	30	-	-	-	18/30
	ИТОГО за семестр	36	18	18	108	-	-	-	60/100
2 семестр									
4	Растворение и экстрагирование из твердых тел.Мембранные и ионообменные процессы.	10	10	0	18	ОПКС-4, ПКСо-1, ПКСо-2	9	Контрольная работа 3	24/40
								ИТОГО:	24/40
5	Сушка.Гранулирование. Сублимация.	8	8	0	18	ОПКС-4, ПКСо-1, ПКСо-2	18	Контрольная работа 4	36/60
								ИТОГО:	36/60
6	Курсовая работа	-	-	-	36	-	-	-	60/100
	ИТОГО за семестр	18	18	0	72	-	-	-	60/100

*в том числе, в форме практической подготовки

Содержание дисциплины, структурированное по темам (модулям)

№, п/п	Наименование модуля, содержание	Часы
1	Процессы массопереноса в химической технологии. Адсорбция.	
	Лекции	18
1.1	Процессы массопереноса в химической технологии. Основные критерии процессов массопереноса. Массоотдача, массопередача.	2
1.2	Материальный баланс. Механизм и кинетика массопереноса.	2
1.3	Процессы массопереноса в пограничном слое, в капиллярнопористых материалах. Внутридиффузионная, внешнедиффузионная, смешанно-диффузионная кинетика.	2
1.4	Распределение концентрации в фазах, концентрационные диаграммы.	2
1.5	Критерии диффузионного подобия. Равновесные, стационарные, нестационарные процессы массопереноса. Параметры массообменных аппаратов.	2
1.6	Адсорбция. Кинетика, динамика адсорбции. Тепловые эффекты.	2
1.7	Уравнение материального баланса, уравнение изотермы адсорбции. Влияние вида изотермы адсорбции на концентрационные диаграммы. Адиабатическая адсорбция.	2
1.8	Адсорбционные процессы смеси веществ: температурные и концентрационные волны; одиночные и комбинированные волны. Периодическая, непрерывная адсорбция.	2
1.9	Десорбционные процессы. Влияние вида изотермы адсорбции, режима течения потока на расчет технологических параметров оборудования.	2
	Семинары	10
С1.1	Процессы массопереноса.	2
С1.2	Основные зависимости и расчетные формулы процессов массопереноса.	2
С1.3	Массоотдача, массопередача.	2
С1.4	Адсорбция.	2
С1.5	Определение параметров процессов массопереноса при адсорбции.	2
	Лабораторные работы	10
ЛР1.1	Закономерности процессов переноса массы в присутствии твердой фазы.	5
ЛР1.2	Исследование статистики процесса экстракции в системе «жидкость-жидкость» и экспериментальная проверка закона распределения.	5
	Самостоятельная работа	39
СР1.1	Проработка учебного материала лекций	2.25
СР1.2	Подготовка к семинарам	1.25
СР1.3	Подготовка к лабораторным работам	4
СР1.4	Подготовка к контрольной работе	6
СР1.5	Другие виды самостоятельной работы	25.5
2	Кристаллизация. Гетерогенный катализ.	
	Лекции	18
2.1	Кристаллизация. Зародышеобразование. Механизмы кристаллизации. Рост кристаллов. Концентрационные диаграммы для равновесных и неравновесных процессов.	2

2.2	Массоперенос, поверхностное натяжение, давление на межфазных границах. Скорость перемещения межфазной границы.	2
2.3	Влияние механизма роста на параметры кристаллизации: скорость, равновесная концентрация.	2
2.4	Нелинейные одно- и многомерные нестационарные эффекты в процессах массопереноса, влияние ступенчатого изменения температуры на смену лимитирующей стадии процесса кристаллизации.	2
2.5	Диффузионная релаксация пресыщения в жидкой фазе. Эффект переключения диффузионных потоков в нестационарных условиях. Неравновесный захват примесей при нестационарной термомиграции.	2
2.6	Гетерогенный катализ. Стадии процесса. Внешняя и внутренняя диффузия. Влияние процессов массопереноса на скорость реакции.	2
2.7	Критерии контроля скорости процесса. Распределение концентрации реагента в зависимости от сопротивления массопереносу.	2
2.8	Влияние диффузионных ограничений на зависимость фактора эффективности от модуля Тиле. Методики контроля соотношения скорости процессов массопереноса во внешне- и внутридиффузионной области.	2
2.9	Селективность катализа в зависимости от диффузионных ограничений массопереноса компонентов смеси.	2
	Семинары	8
C2.1	Кристаллизация.	2
C2.2	Определение параметров процессов массопереноса при кристаллизации.	2
C2.3	Гетерогенный катализ.	2
C2.4	Определение показателей процессов массопереноса при гетерогенном катализе.	2
	Лабораторные работы	8
ЛР2.1	Изучение кинетики процесса твердофазной экстракции.	4
ЛР2.2	Исследование дисперсного состава пеноструктур методом оптического анализа изображений.	4
	Самостоятельная работа	39
СР2.1	Проработка учебного материала лекций	2.25
СР2.2	Подготовка к семинарам	1
СР2.3	Подготовка к лабораторным работам	4
СР2.4	Подготовка к контрольной работе	6
СР2.5	Другие виды самостоятельной работы	25.75
3	Экзамен	30
СР3.1	Подготовка к экзамену	30
4	Растворение и экстрагирование из твердых тел. Мембранные и ионообменные процессы.	
	Лекции	10
4.1	Растворение и экстрагирование из твердых тел. Распределение концентрации у межфазной поверхности. Одинокое и массовое растворение частиц. Растворение в условиях естественной конвекции, при обтекании частицы жидкостным потоком, в условиях псевдооживленного состояния. Периодический, прямоточный, противоточный процессы, процесс в неподвижном слое.	2

4.2	Факторы, определяющие время полного растворения. Кинетика растворения. Внешне -, внутридиффузионные режимы растворения. Уравнение материального баланса.	2
4.3	Механизм экстрагирования. Распределение концентрации вещества в твердой фазе в стационарных и нестационарных условиях. Скорость растворения, скорость выщелачивания.	2
4.4	Мембранные и ионообменные процессы. Механизм сепарации ионов солей. Классификация процессов. Факторы, оказывающие влияние на процесс разделения. Сорбционные кривые ионитов. Материальный баланс по растворителю и солям.	2
4.5	Влияние осадкообразования на концентрационный профиль у поверхности обратноосмотической мембраны. Характеристики мембранных и ионообменных процессов. Технологические параметры мембранных, ионообменных аппаратов. Концентрационные диаграммы по ступеням установок.	2
	Семинары	10
С4.1	Растворение.	2
С4.2	Экстрагирование из твердых тел.	2
С4.3	Определение технологических параметров процессов массопереноса при растворении и экстрагировании.	2
С4.4	Мембранные и ионообменные процессы.	2
С4.5	Определение показателей процессов массопереноса в мембранных и ионообменных аппаратах.	2
	Самостоятельная работа	18
СР4.1	Проработка учебного материала лекций	1.25
СР4.2	Подготовка к семинарам	1.25
СР4.3	Подготовка к контрольной работе	6
СР4.4	Другие виды самостоятельной работы	9.5
5	Сушка. Гранулирование. Сублимация.	
	Лекции	8
5.1	Сушка. Кинетика и динамика нагрева и сушки. Параметры влажного воздуха. Равновесие фаз при сушке. Изотермы сорбции и десорбции. Влияние влагосодержания и температуры материала на кинетику сушки. Периоды прогрева, постоянной и падающей скорости сушки. Термовлагопроводность. Внешний, внутренний и смешанный тепло - и массообмен в процессе сушки.	2
5.2	Материальный баланс сушки. Движение фаз в капиллярно-пористом теле. Влияние процессов тепломассопереноса на деформацию твердых тел. Влияние пористости среды на скорость углубления границы испарения. Методы интенсификации сушки. Схемы процессов сушки. Технологические параметры сушильных аппаратов.	2
5.3	Гранулирование. Сублимация. Десублимация. Сублимационная сушка. Механизмы взаимодействия частиц в грануле. Стадии гранулообразования. Классификация процессов гранулирования. Материальный и тепловой баланс.	2
5.4	Кинетика образования зародышей и роста гранул. Капсулирование гранулированных продуктов. Теория укрупнения гранул в аппаратах, агломерация частиц. Технологические схемы, расчеты параметров процессов.	2
	Семинары	8

C5.1	Сушка.	2
C5.2	Определение технологических параметров процессов массопереноса при сушке.	2
C5.3	Гранулирование. Сублимация.	2
C5.4	Определение технологических параметров процессов массопереноса при гранулировании и сублимации.	2
	Самостоятельная работа	18
CP5.1	Проработка учебного материала лекций	1
CP5.2	Подготовка к семинарам	1
CP5.3	Подготовка к контрольной работе	6
CP5.4	Другие виды самостоятельной работы	10
6	Курсовая работа	36
CP6.1	Выполнение курсовой работы	36

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Самостоятельная работа студентов по дисциплине обеспечивается следующими учебно-методическими материалами:

1. Рабочая программа дисциплины.
2. Перечень учебной литературы и дополнительных материалов, необходимых для освоения дисциплины [Раздел 7 Рабочей программы дисциплины].
3. Перечень ресурсов сети «Интернет», рекомендуемых для самостоятельной работы при освоении дисциплины [Раздел 8 Рабочей программы дисциплины].
4. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины [Раздел 9 Рабочей программы дисциплины].
5. Перечень информационных технологий, используемых при изучении дисциплины, включая перечень программного обеспечения, информационных справочных систем и профессиональных баз данных [Раздел 10 Рабочей программы дисциплины].

Студенты получают доступ к указанным материалам начиная с первого занятия по дисциплине, в соответствии с ОПОП.

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Фонд оценочных средств (ФОС) для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине базируется на перечне компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы (раздел 1). ФОС обеспечивает объективный контроль достижения всех результатов обучения, запланированных для дисциплины.

ФОС включает в себя:

- перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы;
- описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания;
- типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, владений и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы;
- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов МГТУ им. Н.Э. Баумана.

ФОС является приложением к данной рабочей программе дисциплины.

7. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ, НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Литература

1. Процессы массопереноса с участием твердой фазы Учебное пособие / Разинов А.И., Суханов П.П. - 2012. - URL: <http://www.iprbookshop.ru/62144.html>.
2. Процессы массопереноса в системах с участием твердой фазы Учебное пособие / Буринский С.В. - 2017. - URL: <http://www.iprbookshop.ru/102554.html>.
3. Гремячкин В. М. Уравнения переноса массы в теории массообмена : метод. рекомендации к изучению курса "Теория тепломассообмена" / Гремячкин В. М. ; МГТУ им. Н. Э. Баумана. - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011. - 15 с. - Библиогр.: с. 15.

Дополнительные материалы

4. Цирельман, Н.М. Теория и прикладные задачи тепломассопереноса: учебное пособие /Н.М. Цирельман - Санкт-Петербург: Лань, 2019. - 504 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/119624>
5. Титова, Л.М. Массообменные процессы в химической и пищевой технологии. Лабораторные и практические занятия [Электронный ресурс]: учебное пособие / Л. М. Титова, И. Ю. Алексанян, А. Х. Нугманов. - Санкт-Петербург: Лань, 2014. - 224 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/53692>

8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ СЕТИ ИНТЕРНЕТ, РЕКОМЕНДУЕМЫХ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПРИ ОСВОЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Сайт университета: <http://bmstu.ru>
2. Российская государственная библиотека. <http://www.rsl.ru>.
3. Государственная публичная научно-техническая библиотека России. <http://www.gpntb.ru>.
4. Библиотека МГТУ им. Н.Э. Баумана. <http://library.bmstu.ru>.
5. Научно-техническая библиотека КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. <http://library.bmstu-kaluga.ru>.
6. Научная электронная библиотека <http://eLIBRARY.RU>.
7. Электронно-библиотечная система издательства «Лань» <http://e.lanbook.com>.
8. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» <http://biblioclub.ru>.
9. Электронно-библиотечная система «IPRbooks» <http://www.iprbookshop.ru>.
10. Электронно-библиотечная система (ЭБС) «Юрайт» <https://biblio-online.ru>.
11. Центральная библиотека образовательных ресурсов Минобрнауки РФ. www.edulib.ru.
12. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов <http://school-collection.edu.ru>.
13. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов. <http://fcior.edu.ru>.
14. Сайт Издательства МГТУ им. Н.Э. Баумана <https://bmstu.press/>

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Приступая к работе, каждый студент должен принимать во внимание нижеследующие положения.

Дисциплина построена по модульному принципу, каждый модуль представляет собой логически завершённый раздел дисциплины. В первом семестре три модуля (включая экзамен). Во втором семестре два модуля, выполняется курсовая работа.

На первом занятии студент получает информацию для доступа к комплексу методических материалов по дисциплине.

Лекционные занятия посвящены рассмотрению ключевых, базовых положений курса и разъяснению учебных заданий, выносимых на самостоятельную проработку.

Семинары проводятся для закрепления усвоенной информации, приобретения навыков ее применения для решения практических задач в предметной области дисциплины.

Лабораторные работы предназначены для приобретения опыта практической реализации основной профессиональной образовательной программы. Методические документы к лабораторным работам прорабатываются студентами во время самостоятельной подготовки. Необходимый уровень подготовки контролируется перед проведением лабораторных работ.

Практическая подготовка при реализации учебной дисциплины организуется путем проведения семинаров, практических занятий, практикумов, лабораторных работ и индивидуальных и(или) групповых консультаций, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Практическая подготовка может включать в себя отдельные занятия лекционного типа, которые предусматривают передачу учебной информации обучающимся, необходимой для последующего выполнения работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Самостоятельная работа студентов включает следующие виды: в первом семестре проработка учебного материала лекций, подготовка к семинарам, подготовка к лабораторным работам, подготовка к экзамену, подготовка к контрольной работе, во втором семестре проработка учебного материала лекций, подготовка к семинарам, выполнение курсовой работы, подготовка к контрольной работе. Результаты всех видов работы студентов формируются в виде личного рейтинга, который учитывается на промежуточной аттестации. Самостоятельная работа предусматривает не только проработку материалов лекций, но и их расширение в результате поиска, анализа, структурирования и представления в компактном виде современной информации из всех возможных источников.

Текущий контроль проводится в течение каждого модуля, его итоговые результаты складываются из оценок по следующим видам контрольных мероприятий:

- Контрольная работа.

Освоение дисциплины и ее успешное завершение на стадии промежуточной аттестации возможно только при регулярной работе во время семестра и планомерном прохождении текущего контроля. Набрать рейтинг по всем модулям в каждом семестре, пройти по каждому модулю плановые контрольные мероприятия в течение экзаменационной сессии невозможно.

Для завершения работы в семестре студент должен выполнить все контрольные мероприятия.

Промежуточная аттестация по результатам первого семестра по дисциплине проходит в форме экзамена, контролирующего освоение ключевых, базовых положений дисциплины, составляющих основу остаточных знаний по ней. Промежуточная аттестация

по результатам второго семестра проходит в форме дифференцированного зачета за курсовую работу, зачета.

Методика оценки по рейтингу

Студент, выполнивший все предусмотренные учебным планом задания и сдавший все контрольные мероприятия, получает итоговую оценку по дисциплине за семестр в соответствии со шкалой:

Рейтинг	Оценка на экзамене, дифференцированном зачете	Оценка на зачете
85 – 100	отлично	Зачтено
71 – 84	хорошо	Зачтено
60 – 70	удовлетворительно	Зачтено
0 – 59	неудовлетворительно	Не зачтено

Оценивание дисциплины ведется в соответствии с Положением о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов МГТУ им. Н.Э. Баумана.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ И ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ

Информационные технологии:

- Электронная информационно-образовательная среда МГТУ им. Н.Э. Баумана обеспечивает доступ к учебным планам, рабочим программам дисциплин (модулей), программам практик, электронным учебным изданиям и электронным образовательным ресурсам, указанным в рабочих программах дисциплин (модулей), программам практик, формирование электронного портфолио обучающегося, в том числе сохранение его работ и оценок за эти работы. Предусмотрена возможность синхронного и асинхронного взаимодействия студентов и преподавателей посредством технологий и служб по пересылке и получению электронных сообщений между пользователями компьютерной сети Интернет.
- Электронная почта преподавателя: zarubina@bmstu.ru;
- Система BigBlueButton <https://webinar.bmstu.ru>

Программное обеспечение:

- 1С Предприятие 8. Комплект для обучения в высших и средних учебных заведениях
- Foxit Reader
- Mathcad
- Mozilla Firefox
- OpenOffice

Информационные справочные системы:

- Информационно-правовая система «Гарант» <http://www.garant.ru>;
- Информационно-правовая система «Консультант Плюс» <http://www.consultant.ru>

Профессиональные базы данных:

- Ресурс «Машиностроение» <http://www.i-mash.ru>.
- Портал машиностроения <http://www.mashportal.ru>.
- Химия во всех проявлениях – химический портал <http://chemport.ru>

11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Перечень материально-технического обеспечения дисциплины

№, п/п	Вид занятий	Вид и наименование оборудования
1	Лекции	специально оборудованные аудитории с мультимедийными средствами, средствами звуковоспроизведения и имеющими выход в сеть Интернет; помещения для проведения аудиторных занятий, оборудованные учебной мебелью; аудитории оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и сети Интернет; студии; компьютерные классы.
2	Семинары	специально оборудованные аудитории с мультимедийными средствами, средствами звуковоспроизведения и имеющими выход в сеть Интернет; помещения для проведения аудиторных занятий, оборудованные учебной мебелью; аудитории оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и сети Интернет; студии; компьютерные классы.
3	Лабораторные работы	специально оборудованные аудитории с мультимедийными средствами, средствами звуковоспроизведения и имеющими выход в сеть Интернет; помещения для проведения аудиторных занятий, оборудованные учебной мебелью; аудитории оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и сети Интернет; студии; компьютерные классы.
4	Самостоятельная работа	библиотека, имеющая рабочие места для студентов; выставочные залы; аудитории, оснащенные компьютерами с доступом к сети Интернет. Социокультурное пространство университета позволяет студенту качественно выполнять самостоятельную работу.

ЛИСТ ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ

1). П.7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ, ЧИТАТЬ В СЛЕДУЮЩЕЙ РЕДАКЦИИ:

7. Перечень учебной литературы и дополнительных материалов, необходимых для освоения дисциплины

Литература по дисциплине:

1. Процессы массопереноса с участием твердой фазы Учебное пособие / Разинов А.И., Суханов П.П. - 2012. - URL: <http://www.iprbookshop.ru/62144.html>.
2. Процессы массопереноса в системах с участием твердой фазы Учебное пособие / Буринский С.В. - 2017. - URL: <http://www.iprbookshop.ru/102554.html>.
3. Гремячкин В. М. Уравнения переноса массы в теории массообмена : метод. рекомендации к изучению курса "Теория тепломассообмена" / Гремячкин В. М. ; МГТУ им. Н. Э. Баумана. - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011. - 15 с. - Библиогр.: с. 15.

2). П.10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ, ЧИТАТЬ В СЛЕДУЮЩЕЙ РЕДАКЦИИ:

10. Перечень информационных технологий, используемых при изучении дисциплины, включая перечень программного обеспечения, информационных справочных систем и профессиональных баз данных

Программное обеспечение:

- 1С Предприятие 8. Комплект для обучения в высших и средних учебных заведениях
- Foxit Reader
- Mathcad
- Mozilla Firefox
- OpenOffice

Преподаватель кафедры:

Зарубина А.Н., заведующий кафедрой (к.н.), кандидат технических наук, доцент,
zarubina@bmstu.ru

ЛИСТ ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ

1). П.7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ, ЧИТАТЬ В СЛЕДУЮЩЕЙ РЕДАКЦИИ:

7. Перечень учебной литературы и дополнительных материалов, необходимых для освоения дисциплины

Литература по дисциплине:

1. Гремячкин В. М. Уравнения переноса массы в теории массообмена : метод. рекомендации к изучению курса "Теория тепломассообмена" / Гремячкин В. М. ; МГТУ им. Н. Э. Баумана. - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011. - 15 с. - Библиогр.: с. 15.
2. А. И. Разинов, П. П. Суханов. Процессы массопереноса с участием твердой фазы : учебное пособие / А. И. Разинов, П. П. Суханов ; Казанский национальный исследовательский технологический университет. - Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2012. - 96 с.
3. Буринский С. В. Процессы массопереноса в системах с участием твердой фазы : учебное пособие / Буринский С. В. - Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, 2017. - ISBN 978-5-7937-1466-2.

2). П.10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ, ЧИТАТЬ В СЛЕДУЮЩЕЙ РЕДАКЦИИ:

10. Перечень информационных технологий, используемых при изучении дисциплины, включая перечень программного обеспечения, информационных справочных систем и профессиональных баз данных

Программное обеспечение:

- 7-Zip
- ABBYY FineReader (8,9,10,12)
- LibreOffice
- Matlab
- Mozilla Firefox

Преподаватель кафедры:

Иванкин А.Н., профессор (д.н.), доктор химических наук, профессор, ivankinan@bmstu.ru

ЛИСТ ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ

1). П.7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ, ЧИТАТЬ В СЛЕДУЮЩЕЙ РЕДАКЦИИ:

7. Перечень учебной литературы и дополнительных материалов, необходимых для освоения дисциплины

Литература по дисциплине:

1. Гремячкин В. М. Уравнения переноса массы в теории массообмена : метод. рекомендации к изучению курса "Теория тепломассообмена" / Гремячкин В. М. ; МГТУ им. Н. Э. Баумана. - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011. - 15 с. - Библиогр.: с. 15.
2. А. И. Разинов, П. П. Суханов. Процессы массопереноса с участием твердой фазы : учебное пособие / А. И. Разинов, П. П. Суханов ; Казанский национальный исследовательский технологический университет. - Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2012. - 96 с.
3. Буринский С. В. Процессы массопереноса в системах с участием твердой фазы : учебное пособие / Буринский С. В. - Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, 2017. - ISBN 978-5-7937-1466-2.
4. Fisher, D. J. Recycling of Rare Earths / Fisher, D. J. - Millersville, PA : Materials Research Forum LLC, 2022. - ISBN 9781644901793.
5. Jutta Hartmann, Marion Jäger, Andreas Kehl. Freezing : Theoretical Approaches and Empirical Domains / Jutta Hartmann, Marion Jäger, Andreas Kehl. - Berlin : De Gruyter Mouton, 2018. - ISBN 9781501504198.

2). П.10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ, ЧИТАТЬ В СЛЕДУЮЩЕЙ РЕДАКЦИИ:

10. Перечень информационных технологий, используемых при изучении дисциплины, включая перечень программного обеспечения, информационных справочных систем и профессиональных баз данных

Программное обеспечение:

- 7-Zip
- ABBYY FineReader (8,9,10,12)
- Arch Linux
- Kaspersky
- LibreOffice
- Mozilla Firefox

Преподаватель кафедры:

Иванкин А.Н., профессор (д.н.), доктор химических наук, профессор, ivankinan@bmstu.ru