

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

---

Химический факультет  
(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО  
решением ученого совета ННГУ  
протокол от  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_

**Рабочая программа дисциплины**

**Процессы и аппараты в химических производствах**

*(наименование дисциплины (модуля))*

Уровень высшего образования

**магистратура**

*(бакалавриат / магистратура / специалитет)*

Направление подготовки / специальность

**18.04.01 Химическая технология**

*(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)*

Направленность образовательной программы

**Химическая технология и материаловедение**

*(указывается профиль / магистерская программа / специализация)*

Форма обучения

**очная**

*(очная / очно-заочная / заочная)*

Нижегород

2022

## Лист актуализации

---

---

### Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК

\_\_\_ 20\_\_ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 20\_\_-20\_\_ учебном году на заседании кафедры

\_\_\_\_\_  
Протокол от \_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

---

---

### Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК

\_\_\_ 20\_\_ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 20\_\_-20\_\_ учебном году на заседании кафедры

\_\_\_\_\_  
Протокол от \_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

---

---

### Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК

\_\_\_ 20\_\_ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 20\_\_-20\_\_ учебном году на заседании кафедры

\_\_\_\_\_  
Протокол от \_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

---

---

### Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК

\_\_\_ 20\_\_ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 20\_\_-20\_\_ учебном году на заседании кафедры

\_\_\_\_\_  
Протокол от \_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Процессы и аппараты в химических производствах» относится к профессиональному циклу в части, формируемой участниками образовательных отношений (Б1.В.03.ДВ.02.02).

Для освоения дисциплины студенты используют знания, умения и виды деятельности, сформированные в процессе изучения дисциплин «Органическая химия», «Неорганическая химия», «Физическая химия», «Химическая технология», «Физика», «Математика».

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции* (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине**	
<b>ПК-1-н.</b> Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в области химии твердого тела и радиохимии и/или смежных с химией наук	<b>ПК-1-н-1.</b> Составляет общий план исследования и детальные планы отдельных стадий	<i>Уметь</i> составлять алгоритм эксперимента на основе имеющихся знаний; <i>Знать</i> технические требования, предъявляемые к сырью, материалам, готовой продукции; основные физико-химические, технические и конструктивные особенности конкретных химических производств <i>Владеть</i> базовыми навыками проведения эксперимента навыками планирования работы химико-технологической направленности.	Устный опрос, зачет
	<b>ПК-1-н-2.</b> Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов	<i>Уметь</i> применять математические модели для обработки результатов изучения свойств химико-технологических процессов; обрабатывать анализируемые результаты с помощью современного программного обеспечения и баз данных профессионального назначения. <i>Знать</i> современные подходы к обработке результатов эксперимента и их стандартизированному представлению. <i>Владеть</i> навыками расчета основных показателей химико-технологического процесса, определения основных размеров аппаратов, составления тепло-	Устный опрос, контрольная работа, зачет

		вых и материальных балансов отдельных химических аппаратов и установок, а также стадий производства, необходимыми для корректного представления результатов работы.	
<b>ПК-2-н.</b>  Способен проводить информационные исследования в области химии твердого тела и радиохимии и/или смежных с химией науках.	<b>ПК-2-н-1.</b> Проводит поиск специализированной информации в информационных базах данных	<i>Знать:</i> какие базы данных существуют, как они устроены; <i>Уметь:</i> составлять запросы для поиска необходимой информации на научных и образовательных порталах; <i>Владеть:</i> понятийным аппаратом базовых математических и естественнонаучных дисциплин	Устный опрос, зачет
	<b>ПК-2-н-2.</b> Анализирует и обобщает результаты информационного поиска по тематике проекта в области химии твердого тела и радиохимии и/или смежных с химией науках	<i>Уметь</i> анализировать полученные на основе расчетов данные с целью выявления возможных ошибок и/или дальнейшей оптимизации процессов, <i>Знать</i> теоретические принципы основных составляющих химико-технологического процесса и их взаимосвязи; основные физические и химические свойства веществ, используемых в конкретном технологическом процессе; способы работы с опасными веществами и методы индивидуальной защиты. <i>Владеть</i> навыками построения теоретических и эмпирических моделей при решении задач химической технологии	Устный опрос, зачет

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная форма обучения	очно-заочная форма обучения
Общая трудоемкость	3 ЗЕТ	3 ЗЕТ
Часов по учебному плану	108	108
в том числе		
аудиторные занятия (контактная работа):		
- занятия лекционного типа	32	32
- занятия семинарского типа	32	32
- контроль самостоятельной и иной формы работы студентов	1	1
самостоятельная работа	43	43
Промежуточная аттестация – зачет		

### 3.2. Содержание дисциплины

	Всего (часы)		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них								Самостоятельная работа обучающегося, часы	
			Занятия лекционного типа		Занятия семинарского типа		Занятия лабораторного типа		Всего			
	Очная	Очно-заочная	Очная	Очно-заочная	Очная	Очно-заочная	Очная	Очно-заочная	Очная	Очно-заочная	Очная	Очно-заочная
Раздел 1. Основные понятия и определения	22	22	6	6	6	6			12	12	10	10
Раздел 2. Процессы и аппараты в химических производствах	22	22	6	6	6	6			12	12	10	10
Раздел 3. Методы моделирования и некоторые процессы в химической технологии	64	64	20	20	20	20			41*	41*	23	23
Итого	108	108	32	32	32	32			65	65	43	43

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского типа, групповых или индивидуальных консультаций.

Промежуточная аттестация проходит в форме зачета.

#### Содержание разделов дисциплины

##### Раздел 1. Основные понятия и определения

Принципы проектирования химических производств. Материальный и энергетический балансы. Области протекания химико-технологического процесса (ХТП). Зависимость скорости ХТП от физико-химических факторов. Изменение движущей силы ХТП при противотоке и прямотоке реагентов. Способы увеличения скорости ХТП.

##### Раздел 2. Процессы и аппараты в химических производствах

Типовые процессы и аппараты химической технологии. Классификация процессов в зависимости от их функционального назначения и основных законов, управляющих этими процессами.

*Гидромеханические процессы.* Гидростатика, основное уравнение и его практические приложения. Гидродинамика. Уравнение неразрывности потока. Уравнение Бернулли и его применения. Основные критерии гидродинамического подобия.

*Теплообменные процессы.* Передача тепла теплопроводностью, Закон Фурье. Уравнение теплопроводности плоской и цилиндрической стенки. Перенос тепла излучением. Закон Стефана-Больцмана. Конвективный теплообмен. Закон теплоотдачи Ньютона. Основные критерии теплового подобия. Обобщенное уравнение конвективного теплообмена. Теплоотдача при вынужденном движении теплоносителя и естественной конвекции. Теплопередача при постоянных и переменных температурах теплоносителей. Средняя движущая сила теплопередачи при прямотоке и противотоке теплоносителей. Сравнение эффективности теплопередачи при прямотоке и противотоке теплоносителей.

*Массообменные процессы.* Массоотдача. Коэффициент массотдачи. Массопередача и ее механизм. Двухпленочная модель массопередачи. Абсорбция. Материальный баланс, уравнение рабочей линии и средняя движущая сила процесса абсорбции. Расчет абсорбера. Нахождение числа единиц переноса аналитическим и графическими методами. Нахождение высоты единиц переноса. Определение высоты и диаметра абсорбера. Ректификация и ее механизм. Материальный баланс ректификационной колонны непрерывного действия. Рабочее и минимальное флегмовое число. Понятие теоретической тарелки и высоты: эквивалентной теоретической тарелке. Коэффициент полезного действия реальных тарелок. Уравнения рабочих линий укрепляющей и исчерпывающей частей ректификационной колонны. Определение числа теоретических и действительных тарелок, диаметра и высоты ректификационной колонны. Тепловой баланс ректификационной колонны непрерывного действия. Коэффициент и фактор разделения ректификации жидких смесей. Уравнение Фенске.

### Раздел 3. Методы моделирования и некоторые процессы в химической технологии.

Основные требования к моделированию. Физическое моделирование. Константы, инварианты и критерии подобия. Теоремы подобия. Моделирование на аналоговых вычислительных машинах. Математическое моделирование. Особенности моделей и задач в математическом моделировании. Система. Системный анализ химико-технологической системы. Иерархия эффектов взаимодействия физико-химической системы. Три этапа создания химических производств. Иерархия системного анализа химического предприятия. Физическое моделирование. Аналоговое моделирование. Математическое моделирование. Кристаллизация из растворов. Кристаллизация из расплавов.

#### **4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Самостоятельная работа студентов включает работу в читальном зале библиотеки, в учебных кабинетах (лабораториях) и в домашних условиях, с доступом к ресурсам Интернет для подготовки к занятиям.

К формам текущего контроля успеваемости по дисциплине относятся:

- Устный опрос, включая работу в малых группах;
- Контрольная работа

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проходит в форме зачета.

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 6.2.

#### **5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю),**

включающий:

### 5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	Не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала.  Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения.  Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения,. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки.  Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

### Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка	Уровень подготовки
зачтено	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»

## 6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

### 6.2.1 Контрольные вопросы

Вопросы	Код формируемой компетенции
1. Принципы проектирования химических производств.	ПК-1н
2. Как составляются материальный и тепловой балансы аппаратов?	ПК-1н
3. Назовите области протекания химико-технологических процессов (ХТП)	ПК-1н
4. Какие физико-химические факторы влияют на ХТП?	ПК-1н
5. Как изменяется движущая сила ХТП при прямотоке и противотоке реагентов?	ПК-1н
6. Способы увеличения скорости ХТП.	ПК-1н
7. Приведите классификацию тепловых процессов	ПК-1н
8. Уравнение Бернулли.	ПК-1н
9. Назовите основные критерии гидродинамического подобия.	ПК-1н
10. Обобщенное уравнение конвективного теплообмена.	ПК-1н
11. Передача тепла теплопроводностью.	ПК-1н
12. Основные критерии теплового подобия.	ПК-1н
13. Каково отличие эффективности теплопередачи при прямотоке и противотоке теплоносителей?	ПК-2н
14. Чем отличается массоотдача от массопередачи?	ПК-2н
15. Материальный баланс, уравнение рабочих линий и средняя движущая сила процесса абсорбции.	ПК-1н
16. Как находят число и высоту единиц переноса абсорбера?	ПК-1н
17. Определение высоты и диаметра абсорбера.	ПК-1н
18. Каков механизм и материальный баланс ректификационной колонны непрерывного действия?	ПК-1н
19. Рабочее и минимальное флегмовое число.	ПК-1н



20. Теоретическая тарелка и ее высота.	ПК-1н
21. Уравнение рабочих линий укрепляющей и исчерпывающей частей ректификационной колонны непрерывного действия.	ПК-1н
22. Как найти диаметр и высоту ректификационной колонны непрерывного действия.	ПК-1н
23. Тепловой баланс ректификационной колонны непрерывного действия.	ПК-1н
24. Коэффициент и фактор разделения ректификацией жидких смесей.	ПК-2н
25. Уравнение Фенске.	ПК-1н
26. Назовите виды моделирования	ПК-1н
27. Константы, инварианты, критерии и теоремы подобия.	ПК-2н
28. Химико-технологическая система и ее системный анализ.	ПК-2н
29. Иерархия эффектов взаимодействия физико-химической системы	ПК-2н
30. Три этапа создания химических производств	ПК-2н
31. Иерархия системного анализа химического предприятия	ПК-1н
32. Физическое моделирование	ПК-1н
33. Аналоговое моделирование	ПК-1н
34. Математическое моделирование	ПК-1н
35. Кристаллизация из растворов	ПК-2н
36. Кристаллизация из расплавов	ПК-2н

### 6.2.2. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции ПК-1н

**Задача 1.** Составить материальный баланс печи для сжигания серы производительностью 60 т/сутки. Степень окисления серы 95% (остальная сера возгоняется и сгорает вне печи). Коэффициент избытка воздуха 1,5. Расчет произвести по сжигаемой сере в кг/час.

**Задача 2.** Составьте тепловой баланс реактора синтеза этилового спирта  $\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ,  $\Delta_r H = -46090$  кДж/моль. Известно, что исходный газ имеет состав: 60 об.%  $\text{C}_2\text{H}_4$  и 40 об.%  $\text{H}_2\text{O}$ ; скорость подачи исходного газа в реактор-гидратор 2000 м<sup>3</sup>/час; температура газовой смеси на входе в реактор 563 К, на выходе – 614 К; конверсия этилена за 1 проход составляет 5%; теплоемкость продуктов на входе и на выходе одинакова и равна 27.1 кДж/моль·К; потери теплоты в окружающую среду принимаем 3 % от прихода теплоты.

**Задача 3.** В противоточный водо-водяной теплообменник горячая вода поступает с температурой 90°C в количестве 2000 кг/ч. Холодная вода имеет температуру на входе 25°C, а на выходе 65°C. Расход холодной воды 1200 кг/ч. Коэффициент теплоотдачи для холодной воды 4800 Вт/м<sup>2</sup>·К, а для горячей воды 3500 Вт/м<sup>2</sup>·К. Теплообменник изготовлен из стали, наружная труба Ø 89×4 мм, внутренняя Ø 57×3.5 мм. Определите площадь теплообменной поверхности и расход горячей воды.

**Задача 4.** Скруббер для поглощения паров ацетона из воздуха орошается чистой водой в количестве 3000 кг/час при 20°C и атмосферном давлении. Исходная паровоздушная смесь содержит 6 об.% ацетона. Расход чистого воздуха в поступающей смеси равен 1400 м<sup>3</sup>/ч (считая на нормальные условия).

Степень поглощения ацетона 98 %. Уравнение линии равновесия:  $Y^* = 1.68 \cdot X$  (кмоль ацетона/кмоль воды (воздуха)). Определите поверхность массопередачи, если коэффициент массопередачи равен  $K_y = 0.4$  кмоль ацетона/[м<sup>2</sup>·ч·(кмоль ацетона/кмоль воздуха)].

**Задача 5.** В абсорбере из воздуха водой поглощается примесь SO<sub>2</sub>, причем ее концентрация в воздухе уменьшается с 3,06 масс.% до 0,2 масс.%. Уравнение рабочей линии  $1,2x + 0,0006$ . Равновесие между жидкостью и газом в этом интервале описывается уравнением  $y^* = 1,1x$ . Построить рабочую диаграмму абсорбера и определить число единиц переноса аналитическим методом и графическим построением.

**Задача 6.** Из ректификационной колонны выходит 1100 кг/ч дистиллята с содержанием 98,5% (масс.) легколетучего компонента и 3650 кг/г кубового остатка с содержанием 96,6 % (масс.) второго компонента. Число флегмы 2,94. Определить: а) массовый процент легколетучего компонента в питании колонны; б) количество пара (кг/ч), поступающего из колонны в дефлегматор.

**Задача 7.** В ректификационной колонне непрерывного действия разделяется смесь хлороформа и бензола, содержащая 40 мол.% НК. Дистиллят содержит 98 мол.%, а кубовый остаток 3 мол.% НК. Найти уравнения рабочих линий и построить рабочую диаграмму этой системы, а также определить число теоретических тарелок, фактор и коэффициент разделения. Равновесные составы жидкости и пара в мол.% хлороформа:

x	0	8	15	22	29	36	44	54	66	79	100
y*	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

**Задача 8.** В ректификационной колонне непрерывного действия разгоняется 5000 кг/ч смеси метиловый спирт-вода. Массовая концентрация метилового спирта в питании 20%, в верхнем продукте 90%. Коэффициент избытка флегмы 1,8. Расход воды на дефлегматор 40 м<sup>3</sup>/ч, вода в нем нагревается от 20 до 40 °С. Определить количество метилового спирта, уходящего с кубовым с остатком.

**Задача 9.** В ректификационной колонне непрерывного действия разгоняется смесь этилового спирта и воды. Уравнение рабочей линии нижней части колонны:  $y = 1,28x - 0,0143$ . Определить массовый процент спирта в кубовом остатке. Колонна обогревается глухим паром.

**Задача 10.** В непрерывно работающей ректификационной колонне разделяется бинарная смесь компонентов, содержащая 40 мол.% РК. Дистиллят содержит 95 мол.% НК, а кубовый остаток – 3 мол.%. Число флегмы равно 3. Найти уравнение рабочих линий для укрепляющей и исчерпывающей частей колонны и определить состав пара, контактирующего с жидкостью, содержащей 20 мол.% и 80 мол.% НК.

**Задача 11.** В ректификационной колонне непрерывного действия  $X_D = 90$  % (мол.),  $X_F = 30$  % (мол.),  $X_W = 3$  % (мол.),  $R = 8$ . Определить состав пара, приходящегося на тарелку, где жидкость содержит: а) 75 % (мол.) легколетучего компонента; б) 15 % (мол.) легколетучего компонента.

**Задача 12.** В ректификационной колонне непрерывного действия разделяется смесь метанола и воды, содержащая 30 мол.% НК. Дистиллят содержит 92 мол.%, а кубовый остаток 4мол.% НК. Найти уравнения рабочих линий и построить рабочую диаграмму этой системы, а также определить число теоретических тарелок, фактор и коэффициент разделения. Равновесные составы жидкости и пара в мол.% хлороформа:

x	0	2	4	6	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
y*	0	13,4	23	30,4	41,8	57,9	66,5	72,9	77,9	82,5	87	91,5	95,8	100

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) основная литература:

1. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. - М.: Химия, 2004.
2. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии: Учебник: В 2 кн./ Под ред. В.Г. Айнштейна. М.: Университетская книга; Логос; Физматкнига, 2006.
3. Фролов В.Ф. Лекции по курсу "Процессы и аппараты химической технологии". - С-Пб.: Химиздат, 2003.
4. Романков П.Г., Фролов В.Ф., Флисюк О.М. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии (примеры и задачи). - С-Пб.: Химиздат, 2009.

б) дополнительная литература:

1. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: В 2<sup>х</sup> т. М.: Химия, 1995.
2. Гельперин Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии: В 2<sup>х</sup> т. - М.: Химия, 1981.
3. Кафаров В.В., Глебов М.Б. Математическое моделирование основных процессов химических производств - М.: Высш. шк., 1991.
4. Франк-Каменецкий Д.А. Диффузия и теплопередача в химической кинетике. - М: Наука, 1987.
5. Закгейм А. Ю. Общая химическая технология: введение в моделирование химико-технологических процессов [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. Ю. Закгейм. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Логос, 2012. - 304 с. - (Новая университетская библиотека). - ISBN 978-5-98704-497-1.
6. Процессы и аппараты химической технологии. Общий курс [Электронный ресурс] : в 2 кн. / В. Г. Айнштейн, М. К. Захаров, Г. А. Носов [и др.] ; Под ред. В. Г. Айнштейна. - 5-е изд. (эл.). - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. - 1758 с.: ил. - ISBN 978-5-9963-2214-5.
7. Теоретические основы и технология переработки пластических масс: Учебник/В.Г.Бортников - 3 изд. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 480 с.: 60х90 1/16. - (Высшее образование) (Переплёт 7БЦ) ISBN 978-5-16-009639-1, 400 экз
8. Физико-химические основы процессов тепломассообмена: Учебное пособие / Архипов В.А. - Томск: Изд-во Томского политех. университета, 2015. - 199 с.: ISBN 978-5-4387-0539-0

в) интернет-ресурсы:

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые изда-

тельствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой также предоставлен студентам. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений.

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Для обучения магистрантов названной дисциплины имеются в наличии специальный кабинет с необходимым оборудованием (141 ауд, 2 корпус).

Материально-техническое обеспечение лекционных и семинарских занятий: видеопроектор, ноутбук, переносной экран, проектор, доска.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 04.04.01 – Химия для магистерской программы «Химия твердого тела и радиохимия».

Авторы:

к.х.н., доцент \_\_\_\_\_ Клапшин Ю.П.

Рецензент:

Проф., д.х.н. \_\_\_\_\_ Гаврищук Е.М

Заведующий кафедрой химии твердого тела,

д.х.н., профессор \_\_\_\_\_ Сулейманов Е.В.