

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ:  
директор института  
естествознания и стандартизации

И. Ю. Мезин

« 25 » сентября 2017 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### Физическая химия

18.03.01 Химическая технология

Направленность профиля программы Химическая технология природных  
энергоносителей и углеродных материалов

Уровень высшего образования бакалавриат

Программа подготовки академический бакалавриат

Форма обучения  
Очная

Институт

*Естествознания и стандартизации*

Кафедра

*Физической химии и химической технологии*

Курс

2

Семестр

3,4

Магнитогорск  
2017 г.

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО направление подготовки 18.03.01. Химическая технология, утвержденного приказом МОиН РФ от 11.08.2016 г. N 1005 для профиля программы Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры физической химии и химической технологии 01 сентября 2017 г. (протокол № 1)

Зав. кафедрой  /А.Н.Смирнов/

Рабочая программа одобрена методической комиссией института естествознания и стандартизации 25 сентября 2017г. (протокол №1)

Председатель  /И.Ю.Мезин/

Рабочая программа составлена:

д.ф.-м.н.,  
/А.Н. Смирнов/

Рецензент:  
к.т.н., заведующий кафедрой промышленной  
экологии и безопасности жизнедеятельности

 /А.Ю.Перятинский/



## 1 Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Физическая химия» является:

достижение возможности описывать временной ход химических физико-химических процессов на основе исходных свойств систем и веществ их составляющих, а также конечный результат соответствующих процессов.

## 2 Место дисциплины в структуре образовательной программы подготовки бакалавра

Дисциплина «Физическая химия» входит в базовую часть блока 1 образовательной программы.

Для изучения дисциплины «Физическая химия» необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения таких дисциплин как: «Физика», «Общая и неорганическая химия», «Математика».

Знания умения и навыки, полученные при изучении данной дисциплины, будут необходимы при изучении дисциплины Химическая технология топлива и углеродных материалов, Химические реакторы и работе над ВКР.

## 3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины «Физическая химия» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Уровень освоения компетенций
<b>ОПК-3 - готовностью использовать знания о строении вещества, природе химической связи в различных классах химических соединений для понимания свойств материалов и механизма химических процессов, протекающих в окружающем мире</b>	
Знать	основные понятия и законы физической химии
Уметь:	определять термодинамические характеристики химических реакций
Владеть:	методами предсказания протекания возможных химических реакций
<b>ПК-16 -способностью планировать и проводить физические и химические эксперименты, проводить обработку их результатов и оценивать погрешности, выдвигать гипотезы и устанавливать границы их применения, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования</b>	
Знать	основные параметры проведения физико-химических исследований
Уметь:	выбрать параметры проведения физико-химических исследований
Владеть:	навыками проведения физико-химических исследований

#### 4 Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 зачетных единиц 288 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 144 акад. часов:
- аудиторная – 136 акад. часов;
- внеаудиторная – 8 акад. часов
- самостоятельная работа – 72,6 акад. часов.
- подготовка к экзамену – 71,4 акад. часа.

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
Предмет и методы, понятия и задачи физической химии Химическая термодинамика. Законы термодинамики.	3	12	12/5И		10	Подготовка к лабораторной работе №1, работа с библиографическим материалами, подготовка к выполнению РГР №1 «Термодинамический анализ химических реакций»	Лабораторная работа №1, устный опрос.	ОПК-3 – зув, ПК-16 – зув
Химическое и фазовое равновесие	3	16	16/7И	-	20	Подготовка к лабораторной работе №2, работа с библиографическим материалами. Подготовка к отчету по РГР 1.	Лабораторная работа №2, устный опрос, сдача РГР №1 «Термодинамический анализ химических реакций»	ОПК-3 – зув, ПК-16 – зув
Реальные газы. Виральные уравнения, уравнение Ван-дер-Ваальса. Сжижение газов.	3	6	6/3И	-	6	Подготовка к лабораторной работе №3, работа с библиографическим материалами	Лабораторная работа №3, устный опрос	ОПК-3 – зув, ПК-16 – зув
<b>Итого за семестр (3 семестр)</b>		<b>34</b>	<b>34/14 И</b>	<b>0</b>	<b>36</b>		<b>экзамен</b>	

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
Термодинамическое описание растворов. Парциальные мольные величины	4	12	6/3И	6	10	Подготовка к лабораторной работе №4, работа с библиографическим материалами, Подготовка к выполнению РГР №2 «Химическая кинетика»	Лабораторная работа №4, устный опрос.	ОПК-3 – зув, ПК-16 – зув
Химическая кинетика	4	16	5/5И	7	18	Подготовка к лабораторной работе №5, работа с библиографическим материалами, выполнение РГР №2 «Химическая кинетика»	Лабораторная работа №5, устный опрос, сдача РГР №2 «Химическая кинетика»	ОПК-3 – зув, ПК-16 – зув
Поверхностные явления.	4	6	6/5И	4	8,6	Подготовка к лабораторной работе №5, работа с библиографическим материалами	Лабораторная работа №5, устный опрос	ОПК-3 – зув, ПК-16 – зув
<b>Итого за семестр (4 семестр)</b>		<b>34</b>	<b>17/6И</b>	<b>17/6 И</b>	<b>36,6</b>		<b>экзамен</b>	
<b>Итого по дисциплине</b>		<b>68</b>	<b>51/20 И</b>	<b>17/6 И</b>	<b>72,6</b>			

И – в том числе, часы, отведенные на работу в интерактивной форме.

## 5 Образовательные и информационные технологии

Образовательные технологии – это целостная модель образовательного процесса, системно определяющая структуру и содержание деятельности обеих сторон этого процесса (преподавателя и студента), имеющая целью достижение планируемых результатов с поправкой на индивидуальные особенности его участников. Технологичность учебного процесса состоит в том, чтобы сделать учебный процесс полностью управляемым.

Основными признаками образовательной технологии в ее современном понимании являются:

- детальное описание образовательных целей;
- поэтапное описание (проектирование) способов достижения заданных результатов-целей;
- использование обратной связи с целью корректировки образовательного процесса;
- гарантированность достигаемых результатов;
- воспроизводимость образовательного процесса вне зависимости от мастерства преподавателя;
- оптимальность затрачиваемых ресурсов и усилий.

Реализация компетентностного подхода предусматривает использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков 1. **Традиционные образовательные технологии** ориентируются на организацию образовательного процесса, предполагающую прямую трансляцию знаний от преподавателя к студенту (преимущественно на основе объяснительно-иллюстративных методов обучения). Учебная деятельность студента носит в таких условиях, как правило, репродуктивный характер.

#### **Формы учебных занятий с использованием традиционных технологий:**

Информационная лекция – последовательное изложение материала в дисциплинарной логике, осуществляемое преимущественно вербальными средствами (монолог преподавателя).

Практическое занятие в форме практикума – организация учебной работы, направленная на решение комплексной учебно-познавательной задачи, требующей от студента применения как научно-теоретических знаний, так и практических навыков.

Лабораторная работа – организация учебной работы с реальными материальными и информационными объектами, экспериментальная работа с аналоговыми моделями реальных объектов.

## **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

### ***Перечень лабораторных работ***

1. Определение интегральной теплоты растворения соли
2. Изучение равновесия реакции взаимодействия твердого углерода с его диоксидом
3. Давление насыщенного пара и теплота испарения чистой жидкости
4. Третий компонент в двухслойной жидкости
5. Влияние температуры на скорость химической реакции
6. Адсорбция растворенного вещества на границе раздела фаз «жидкость – газ».

### ***ДОМАШНЕЕ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ №1 «Термодинамический анализ химических реакций»***

#### **Исследование 1**

Для реакции выполнить следующее:

1.1. Составить уравнение зависимости от температуры величины теплового эффекта  $\Delta H^\circ_T = f(T)$  и изменения энтропии  $\Delta S^\circ_T = f(T)$ .

1.2. Вычислить величины  $\Delta C_p$ ,  $\Delta H^\circ_T$ ,  $\Delta S^\circ_T$ ,  $\Delta G^\circ_T$  и  $\ln K_p$  при нескольких температурах, значения которых задаются температурным интервалом и шагом температур. Полученные значения используются при построении графиков в координатах  $\Delta C_p - T$ ;  $\Delta H^\circ_T - T$ ;  $\Delta S^\circ_T - T$ ;  $\Delta G^\circ_T - T$  и  $\ln K_p - 1/T$ .

1.3. Пользуясь графиком  $\ln K_p - 1/T$ , вывести приближенное уравнение вида  $\ln K_p = A/T + B$ , где  $A, B$  – постоянные.

## Исследование 2

2.1. Используя правило фаз Гиббса, для рассматриваемой системы определить количества фаз, независимых компонентов и число степеней свободы.

2.2. Определить возможное направление протекания исследуемой реакции и равновесный состав газовой фазы при давлении (кПа) и температуре (К). При решении задачи использовать выведенное в исследовании 1 эмпирическое уравнение  $\ln K_p = A/T + B$  и данные об исходном составе газовой фазы

2.3. Установить направление смещения состояния равновесия рассматриваемой системы при:

а) увеличении давления (постоянная температура);

б) увеличении температуры (постоянное давление).

## ДОМАШНЕЕ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ №2

### «Химическая кинетика»

#### Формулировка задания

#### Исследование 1

Для реакции  $A+B \rightarrow$  продукты реакции, начальные концентрации ( $c_0$ ) веществ  $A$  и  $B$  равны и составляют:  $c_0(A) = c_0(B) = c_0 = \dots$  моль/дм<sup>3</sup> (колонка 6, табл. 20).

Изменение концентраций веществ ( $c_i$ ) во времени ( $\tau_i$ ) при различных температурах ( $T_i$ ) находятся в строке соответствующей номеру задания табл.20. Найти энергию активации ( $E$ ), предэкспоненциальный множитель ( $k_0$ ) и время ( $\tau_5$ ), за которое ... % веществ  $A$  и  $B$  (колонка 21, табл. 20.) при температуре  $T_5 = \dots$  К (колонка 20, табл. 20) превратится в продукты реакции.

#### Список вопросов для экзамена по дисциплине «Физическая химия» 2 курс, 3 семестр

Основные понятия термодинамики.

Первый закон термодинамики. Понятие о тепловом эффекте, теплоты образования, горения, растворения, фазовых превращений. Закон Гесса. Расчеты по закону Гесса.

Влияние температуры на тепловой эффект.

Закон Кирхгофа. Расчеты тепловых эффектов по закону Кирхгофа.

Второй закон термодинамики.

Термодинамические функции, химический потенциал, общие условия равновесия систем. Энергия Гиббса и энергия Гельмгольца как критерии, определяющие направление и предел протекания процессов в неизолированных системах.

Понятие о фазовом равновесии, основные определения фазового равновесия. Правило фаз Гиббса, его применение.

Фазовое равновесие в однокомпонентных системах. Уравнение Клаузиуса-Клапейрона, расчеты основанные на этом уравнение.

Условия химического равновесия. Закон действующих масс (термодинамический).

Константа химического равновесия.

Виды констант равновесия. Равновесия в гетерогенных системах.

Влияние температуры на константу равновесия.

Направление реакций в закрытых системах. Уравнение изотермы химической реакции Вант-Гоффа, ее практические приложения. Уравнение изобары-изохоры реакции. Методы расчета константы равновесия.

Правило Ле-Шателье, его практическое применение. Влияние давления на положение



Реальные газы. Описание реальных газов с использованием вириальных уравнений. Температура Бойля. Смысл вириальных коэффициентов. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Эффект Джоуля – Томпсона. Температура инверсии. Сжижение газов. равновесия.

**Список вопросов для экзамена по дисциплине «Физическая химия» 2 курс, 4 семестр**

Определение понятия “раствор”. Способы выражения состава растворов.

Влияние различных факторов на растворимость.

Модели растворов: идеальные (совершенные) и бесконечно разбавленные растворы, их отличие от реальных растворов.

Законы Рауля и Генри. Парциальные молярные величины, их определение.

Свойства разбавленных растворов не электролитов. Давление пара над раствором, температура кипения и замерзания.

Основные понятия химической кинетики.

Способы определения скорости реакции. Формальная кинетика гомогенных реакций.

Закон действующих масс.

Порядки реакций и их молекулярность.

Реакции первого, второго и n-го порядков.

Кинетические уравнения для реакций различных порядков.

Период полупревращения.

Константа скорости реакции, ее свойства, размерности и определения.

Методы определения порядка реакции.

Поверхностное натяжение, методы его измерения.

Адсорбция, основные положения и уравнения адсорбции.

Уравнение Гиббса.

Уравнение Фрейндлиха. Уравнение Ленгмюра.

Зависимость адсорбции от температуры.

**7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

**а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:**

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
<b>ОПК-3 -готовностью использовать знания о строении вещества, природе химической связи в различных классах химических соединений для понимания свойств материалов и механизма химических процессов, протекающих в окружающем мире</b>		
Знать	основные понятия и законы физической химии	Основные понятия термодинамики. Первый закон термодинамики. Понятие о тепловом эффекте, теплоты образования, горения, растворения, фазовых превращений. Закон Гесса. Расчеты по закону Гесса. Влияние температуры на тепловой эффект. Закон Кирхгофа. Расчеты тепловых эффектов по закону Кирхгофа. Второй закон термодинамики. Термодинамические функции, химический потенциал, общие условия равновесия систем.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>Энергия Гиббса и энергия Гельмгольца как критерии, определяющие направление и предел протекания процессов в неизолированных системах.</p> <p>Понятие о фазовом равновесии, основные определения фазового равновесия. Правило фаз Гиббса, его применение.</p> <p>Фазовое равновесие в однокомпонентных системах. Уравнение Клаузиуса-Клапейрона, расчеты основанные на этом уравнение.</p> <p>Условия химического равновесия. Закон действующих масс (термодинамический). Константа химического равновесия.</p> <p>Виды констант равновесия. Равновесия в гетерогенных системах.</p> <p>Влияние температуры на константу равновесия. Направление реакций в закрытых системах. Уравнение изотермы химической реакции Вант-Гоффа, ее практические приложения. Уравнение изобары-изохоры реакции. Методы расчета константы равновесия.</p> <p>Правило Ле-Шателье, его практическое применение. Влияние давления на положение равновесия.</p> <p>Определение понятия “раствор”. Способы выражения состава растворов.</p> <p>Влияние различных факторов на растворимость. Модели растворов: идеальные (совершенные) и бесконечно разбавленные растворы, их отличие от реальных растворов.</p> <p>Законы Рауля и Генри. Парциальные молярные величины, их определение.</p> <p>Свойства разбавленных растворов не электролитов. Давление пара над раствором, температура кипения и замерзания.</p>
Уметь:	определять термодинамические характеристики химических реакций	<p>Определять величины тепловых эффектов эндо, экзотермических реакций. Рассчитывать значения энтальпий реакций и определять периодизацию протекания всего процесса.</p> <p>Записывать уравнение Гиббса для различных систем – гомо,- гетерогенных и определять число независимых параметров. Рассчитывать значения константы равновесия и определять влияние на ее значеник термодинамических параметров – температуры, давления, величины дисперсности.</p> <p>Уметь делать приближенные расчеты значения теплоты испарения чистых веществ по термоди-</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>намическим величинам. Соотносить точки кипения чистых жидкостей с их термодинамическими характеристиками</p>
<p>Владеть:</p>	<p>методами предсказания протекания возможных химических реакций</p>	<p style="text-align: center;"><b>ДОМАШНЕЕ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ №1</b></p> <p><b>Исследование 1</b>  Для реакции выполнить следующее:  1.1. Составить уравнение зависимости от температуры величины теплового эффекта <math>\Delta H^\circ_T = f(T)</math> и изменения энтропии <math>\Delta S^\circ_T = f(T)</math>.  1.2. Вычислить величины <math>\Delta C_p</math>, <math>\Delta H^\circ_T</math>, <math>\Delta S^\circ_T</math>, <math>\Delta G^\circ_T</math> и <math>\ln K_p</math> при нескольких температурах, значения которых задаются температурным интервалом и шагом температур. Полученные значения используются при построении графиков в координатах <math>\Delta C_p - T</math>; <math>\Delta H^\circ_T - T</math>; <math>\Delta S^\circ_T - T</math>; <math>\Delta G^\circ_T - T</math> и <math>\ln K_p - 1/T</math>.  1.3. Пользуясь графиком <math>\ln K_p - 1/T</math>, вывести приближенное уравнение вида <math>\ln K_p = A/T + B</math>, где <math>A, B</math> – постоянные.</p> <p><b>Исследование 2</b>  2.1. Используя правило фаз Гиббса, для рассматриваемой системы определить количества фаз, независимых компонентов и число степеней свободы.  2.2. Определить возможное направление протекания исследуемой реакции и равновесный состав газовой фазы при давлении (кПа) и температуре (К). При решении задачи использовать выведенное в исследовании 1 эмпирическое уравнение <math>\ln K_p = A/T + B</math> и данные об исходном составе газовой фазы  2.3. Установить направление смещения состояния равновесия рассматриваемой системы при:  а) увеличении давления (постоянная температура);  б) увеличении температуры (постоянное давление).</p>
<p><b>ПК-16 -способностью планировать и проводить физические и химические эксперименты, проводить обработку их результатов и оценивать погрешности, выдвигать гипотезы и устанавливать границы их применения, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования</b></p>		
<p>Знать</p>	<p>основные параметры проведения физико-химических исследований</p>	<p>Основные понятия химической кинетики. Способы определения скорости реакции. Формальная кинетика гомогенных реакций. Закон действующих масс.  Порядки реакций и их молекулярность.  Реакции первого, второго и n-го порядков.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>Кинетические уравнения для реакций различных порядков.  Период полупревращения.  Константа скорости реакции, ее свойства, размерности и определения.  Методы определения порядка реакции.  Поверхностное натяжение, методы его измерения.  Адсорбция, основные положения и уравнения адсорбции.  Уравнение Гиббса.  Уравнение Фрейндлиха. Уравнение Ленгмюра.  Зависимость адсорбции от температуры.</p>
Уметь	выбрать параметры проведения физико-химических исследований	<p>Уметь применять правила фаз Гиббса при анализе, определении независимых параметров процесса. Записать, рассчитать константу, коэффициент распределения компонентов в гетерогенной системе и уметь определять значимые параметры, влияющие на их значение  Уметь определять температурные интервалы применимости правила Вант - Гоффа, уравнения Аррениуса. Определять энергию активации прямой и обратной реакций  Уметь определять вид изотерм адсорбции, характерные для соответствующего вида адсорбции параметры, выполнять оценочные расчеты характерных констант и величин.</p>
Владеть	навыками проведения физико-химических исследований	<p style="text-align: center;"><b>ДОМАШНЕЕ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ №2</b>  <b>«Химическая кинетика»</b>  <b>Формулировка задания</b>  <b>Исследование 1</b></p> <p>Для реакции <math>A+B \rightarrow</math> продукты реакции, начальные концентрации (<math>c_0</math>) веществ А и В равны и составляют: <math>c_0(A) = c_0(B) = c_0 = \dots</math> моль/дм<sup>3</sup>.</p> <p>Изменение концентраций веществ (<math>c_i</math>) во времени (<math>\tau_i</math>) при различных температурах (<math>T_i</math>). Найти энергию активации (E), предэкспоненциальный множитель (<math>k_0</math>) и время (<math>\tau_5</math>), за которое ... % веществ А и В при температуре <math>T_5 = \dots</math> К превратится в продукты реакции.</p>

**б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:**

Промежуточная аттестация по дисциплине включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания,

выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме экзамена на 2 курсе (3 и 4 семестры).

Экзамен по данной дисциплине проводится в устной форме по экзаменационным билетам, каждый из которых включает 2 теоретических вопроса и задача.

**Показатели и критерии оценивания экзамена:**

– на оценку «**отлично**» (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

– на оценку «**хорошо**» (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– на оценку «**удовлетворительно**» (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

– на оценку «**неудовлетворительно**» (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

– на оценку «**неудовлетворительно**» (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **а) Основная литература:**

1. Горшков, В.И. Основы физической химии : учебник / В.И. Горшков, И.А. Кузнецов. — 6-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2017. — 410 с. — ISBN 978-5-00101-539-0. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/97412> (дата обращения: 27.11.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Основы физической химии. В 2 ч : учебник / В.В. Еремин, С.И. Каргов, И.А. Успенская [и др.]. — 5-е изд., перераб. и доп. — Москва : Лаборатория знаний, 2019. — 625 с. — ISBN 978-5-00101-633-5. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/116100>.
3. Гамбург, Ю.Д. Химическая термодинамика : учебник / Ю.Д. Гамбург. — Москва : Лаборатория знаний, 2016. — 240 с. — ISBN 978-5-00101-434-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/90244>.

### **б) Дополнительная литература:**

1. Бокштейн Б. С. Физическая химия: термодинамика и кинетика [Электронный ресурс] : учебное пособие / Б. С. Бокштейн, М. И. Менделев, Ю. В. Похвиснев. — Электрон. дан. — Москва : МИСИС, 2012. — 258 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/47443>
2. Физическая химия : учебное пособие / Э. В. Дюльдина, С. П. Клочковский, Н. Ю. Свечникова и др. ; МГТУ. - 2-е изд. - Магнитогорск : МГТУ, 2017. - 127 с. : ил., диагр., граф., табл. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3506.pdf&show=dcatalogues/1/1514311/3506.pdf&view=true>.
3. Физическая химия. Раздел: Химическая кинетика : учебное пособие / А. Н. Смирнов, Н. Ю. Свечникова, С. В. Юдина, Э. В. Дюльдина ; МГТУ. - Магнитогорск :

- МГТУ, 2016. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=2648.pdf&show=dcatalogues/1/1131137/2648.pdf&view=true>.
4. Практические и контрольные работы по физической химии : учебное пособие / [Э. В. Дюльдина, С. П. Ключковский, Н. Ю. Свечникова и др.] ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2013. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=1252.pdf&show=dcatalogues/1/1123430/1252.pdf&view=true> .
  5. Смирнов, А. Н. Гетерогенные химические процессы [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. Н. Смирнов, С. А. Крылова, В. И. Сысоев ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2016. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Режим доступа: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=67.pdf&show=dcatalogues/1/1130046/67.pdf&view=true>

**в) Методические указания:**

1. Лабораторный практикум по физической химии : учебно-методическое пособие / А. Н. Смирнов, Н. Ю. Свечник, С. В. Юдина, Э. В. Дюльдина ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2017. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3177.pdf&show=dcatalogues/1/1136592/3177.pdf&view=true> .
2. Смирнов, А. Н. Определение активности компонентов металлургических расплавов : методические указания / А. Н. Смирнов, М. А. Шерстобитов, С. В. Юдина ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2013. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=1244.pdf&show=dcatalogues/1/1123422/1244.pdf&view=true>.
3. Смирнов, А. Н. Определение свойств глинистого сырья : практикум / А. Н. Смирнов, Н. Ю. Свечникова, С. В. Юдина ; Магнитогорский гос. технический ун-т им. Г. И. Носова. - Магнитогорск : МГТУ им. Г. И. Носова, 2019. - 1 CD-ROM. - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3819.pdf&show=dcatalogues/1/1530255/3819.pdf&view=true> .

**г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

**Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы**

1. Федеральный институт промышленной собственности : сайт РОСПАТЕНТА / ФИПС. – Москва : ФИПС, 2009 – . – URL: <http://www1.fips.ru/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
2. Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) : национальная библиографическая база данных научного цитирования. – Текст: электронный // eLIBRARY.RU : научная электронная библиотека : сайт. – Москва, 2000 – . – URL: [https://elibrary.ru/project\\_risc.asp](https://elibrary.ru/project_risc.asp) (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
3. Академия Google (Google Scholar) : поисковая система : сайт. – URL: <https://scholar.google.ru/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный.
4. Единое окно доступа к информационным ресурсам : электронная библиотека : сайт / ФГАУ ГНИИ ИТТ "ИНФОРМИКА". – Москва, 2005. – . –URL: <http://window.edu.ru/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
5. East View Information Services : Электронная база периодических изданий / ООО «ИВИС. – URL: <https://dlib.eastview.com/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: по подписке. – Текст: электронный.

6. Российская Государственная библиотека. Каталоги : сайт / Российская государственная библиотека. – Москва : РГБ, 2003 – URL: <https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

7. Электронная библиотека МГТУ им. Г. И. Носова. – URL: <http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход с внешней сети по логину и паролю). – Текст: электронный.

#### Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MSWindows 7	Д-1227 от 08.10.2018 Д-757-17 от 27.06. 2017	11.10.2021 27.07.2018
MS Office 2007	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое ПО	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое	бессрочно

#### 9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа	Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации.
Учебная аудитория для проведения практических занятий, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Доска, учебные столы, стулья
Учебная аудитория для проведения лабораторных работ: Физико - химическая лаборатория.	Химическая посуда, реактивы, весы лабораторные равноплечие ВЛР-200, Весы электронные лабораторные ВК-300, Низкотемпературная лабораторная электропечь SNOL10/10, магнитные мешалки, эл. плитки.
Учебные аудитории для самостоятельной работы обучающихся	Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования	Стеллажи для хранения оборудования Методическая литература для учебных занятий, Химическая посуда Инструменты для ремонта и профилактического обслуживания учебного оборудования