

**ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ**



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**СОГЛАСОВАНО**

**УТВЕРЖДАЮ**

\_\_\_\_\_  
Руководитель ОПОП ВО  
профессор Н.К. Кондрашева

\_\_\_\_\_  
Проректор по образовательной  
деятельности доцент  
Д.Г. Петраков

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **КИНЕТИКА ГЕТЕРОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В ТЕХНОЛОГИИ ПРИРОДНЫХ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ И УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

<b>Уровень высшего образования:</b>	Бакалавриат
<b>Направление подготовки</b>	18.03.01 Химическая технология
<b>Направленность (профиль)</b>	Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов
<b>Квалификация выпускника:</b>	бакалавр
<b>Форма обучения:</b>	очная
<b>Составитель:</b>	доцент С.Н.Салтыкова

Санкт-Петербург

**Рабочая программа дисциплины «Кинетика гетерогенных процессов в технологии природных энергоносителей и углеродных материалов» разработана:**

- в соответствии с требованиями ФГОС ВО – бакалавриат по направлению подготовки 18.03.01 «Химическая технология», утвержденного приказом Минобрнауки России № 922 от 07 августа 2020 г.;

- на основании учебного плана бакалавриата по направлению подготовки 18.03.01 «Химическая технология» направленность (профиль) «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов».

Составитель \_\_\_\_\_ к.т.н., доцент каф. ХТПЭ Салтыкова С.Н.

**Рабочая программа рассмотрена и одобрена** на заседании кафедры химических технологий и переработки энергоносителей от 15 февраля 2022г., протокол № 16.

Заведующий кафедрой ХТПЭ \_\_\_\_\_ Н.К. Кондрашева

**Рабочая программа согласована:**

Начальник управления учебно-методического обеспечения образовательного процесса \_\_\_\_\_ к.т.н. Иванова П.В.

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью дисциплины «Кинетика гетерогенных процессов в технологии природных энергоносителей и углеродных материалов» является знакомство с основными диаграммами состояния различных систем и с методами расчета условий фазового равновесия в одно-и многокомпонентных системах; приобретение необходимых знаний в области теории и практического применения учения о гетерогенных равновесиях.

Задачами дисциплины являются:

- овладение методами проверки экспериментальных данных о гетерогенном равновесии;
- формирование навыков моделирования различных технологических процессов в гетерогенных системах;
- формирование навыков по изображению диаграмм состояния различных систем;
- формирование навыков в проведении физико-химических методах исследования и анализа различных систем.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Кинетика гетерогенных процессов в технологии природных энергоносителей и углеродных материалов» относится к обязательной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки «18.03.01 Химическая технология» и изучается в 5-ом семестре.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Кинетика гетерогенных процессов в технологии природных энергоносителей и углеродных материалов» являются «Общая и неорганическая химия», «Техническая термодинамика», «Введение в химическую технологию природных энергоносителей и углеродных материалов», «Химия природных энергоносителей».

Дисциплина «Кинетика гетерогенных процессов в технологии природных энергоносителей и углеродных материалов» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: «Химические реакторы», «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов», «Химическая технология газификации природных энергоносителей».

Особенностью дисциплины является изучение основных моделей гетерогенных взаимодействий и использование полученных знаний в технологии природных энергоносителей и углеродных материалов.

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Процесс изучения дисциплины «Кинетика гетерогенных процессов в технологии природных энергоносителей и углеродных материалов» направлен на формирование следующих компетенций:

Формируемые компетенции по ФГОС ВО		Основные показатели освоения программы дисциплины
Содержание компетенции	Код компетенции	
Способен изучать, анализировать, использовать механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и окру-	ОПК-1	ОПК-1.1. <b>Знает:</b> теоретические основы общих закономерностей протекания химических реакций; основы химической термодинамики и кинетики; основные закономерности протекания химических процессов и характеристики равновесного состояния; закономерности строения органических соединений; строение

Формируемые компетенции по ФГОС ВО		Основные показатели освоения программы дисциплины
Содержание компетенции	Код компетенции	
жающем мире, основываясь на знаниях о строении вещества, природе химической связи и свойствах различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов		вещества, природу химической связи в различных классах химических соединений; механизмы протекания химических реакций; природу межмолекулярного взаимодействия
		ОПК-1.2. <b>Умеет:</b> анализировать химические элементы и их соединения; использовать методы расчета химико-технологических процессов; определять термодинамические характеристики химических реакций и равновесные концентрации веществ, использовать основные химические законы, термодинамические справочные данные и количественные соотношения неорганической химии для решения профессиональных задач; применить методы идентификации органического соединения, провести качественный и количественный анализ органического соединения; оценивать свойства простых веществ и их соединений, реакционную способность веществ на основе сведений об атомно-молекулярном строении, природе и свойствах химической связи
		ОПК-1.3. <b>Владеет:</b> навыками применения в практической деятельности законов естественнонаучных дисциплин; навыками расчета основных показателей процессов, протекающих в химических агрегатах, навыками установления структуры органических соединений; методами вычисления тепловых эффектов и констант равновесия химических реакций при заданной температуре и определения констант скорости реакций по результатам эксперимента

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоёмкость учебной дисциплины составляет 3 зачётные единицы, 108 ак. часа.

Вид учебной работы	Всего ак. часов	Ак. часы по семестрам
		5
<b>Аудиторная работа, в том числе:</b>	<b>51</b>	<b>51</b>
Лекции (Л)	17	17
Практические занятия (ПЗ)	34	34
Лабораторные работы (ЛР)	-	-
<b>Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:</b>	<b>57</b>	<b>57</b>
Проработка конспекта лекций	9	9
Расчетно-графическая работа (РГР)	6	6
Подготовка и защита реферата	12	12
Подготовка к практическим занятиям	16	16
Подготовка к контрольной работе	6	6

Подготовка к дифф. зачету	8	8
<b>Промежуточная аттестация –дифф. зачет (ДЗ)</b>	<b>ДЗ</b>	<b>ДЗ</b>
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>		
<b>ак. час.</b>	<b>108</b>	<b>108</b>
<b>зач. ед.</b>	<b>3</b>	<b>3</b>

#### 4.2. Содержание дисциплины

Учебным планом предусмотрены: лекции, практические занятия и самостоятельная работа.

##### 4.2.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Наименование разделов	Виды занятий				
	Всего ак. часов	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа студента, в том числе курсовая работа (проект)
Раздел 1 «Основные понятия гетерогенных взаимодействий и их роль в технологии природных энергоносителей и углеродных материалов»	27	6	10	-	11
Раздел 2 «Кинетика реакций»	43	6	8	-	29
Раздел 3 «Гетерогенные химические процессы газ – твердое тело»	38	5	16	-	17
<b>Итого:</b>	<b>108</b>	<b>17</b>	<b>34</b>	<b>-</b>	<b>57</b>

##### 4.2.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
1	Основные понятия гетерогенных взаимодействий и их роль в технологии природных энергоносителей и углеродных материалов	Значение гетерогенных взаимодействий в химических производствах. Поверхность твердого тела и влияние ее структуры на характер химических взаимодействий в системе газ-твердое тело. Топохимические реакции. Зародышеобразование при взаимодействиях газа с твердым веществом. Законы Мампеля. Гетерогенные каталитические взаимодействия на поверхности твердых фаз и влияние природы и состояния твердой фазы на характер и скорость взаимодействия газообразных реагентов. Принципы построения математических моделей гетерогенных взаимодействий. Понятие стационарности и квазистационарности процесса. Представление гетерогенного взаимодействия в виде сложной химической реакции, а диффузии в виде обратимой химической реакции.	6
2	Кинетика реакций	Скорость и константа скорости химической реакции. Молекулярность и порядок реакции. Константа скорости, период полупревраще-	6

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
		ния реакций нулевого, первого и второго порядков. Методы определения порядка реакции. Сложные реакции: обратимые, последовательные, параллельные и сопряженные. Теория кинетики химических реакций: теория активных соударений, теория активированного комплекса. Влияние температуры на скорость реакции. Приближенное правило Вант-Гоффа. Уравнение Аррениуса. Диффузия. Законы Фика. Гетерогенные процессы в многокомпонентных системах. Диффузионная и кинетическая области реакции. Влияние температуры, перемешивания, дисперсности на скорость реакции.	
3	Гетерогенные химические процессы газ – твердое тело	Многостадийные химические процессы. Основные типы и способы их математического описания. Условия реализации стационарных и квазистационарных условий химических процессов. Описание равновесных стадий химического процесса и представление диффузионных стадий в виде равновесного химического процесса. Математическое моделирование как основной способ описания гетерогенных химических взаимодействий. Области применения и возможности различных способов моделирования. Основные стадии различных гетерогенных процессов. Роль диффузионных стадий.	5
<b>Итого:</b>			17

#### 4.2.3. Практические занятия

№ п/п	Разделы	Тематика практических занятий	Трудоемкость в ак. часах
1	Раздел 1	Исследование кинетики химических реакций. Первый закон термодинамики. Второй закон термодинамики. Термохимические расчеты. Сложные реакции. Зависимость скорости реакции от температуры.	10
2	Раздел 2	Химическое равновесие. Расчет константы равновесия. Вычисление состава равновесной системы и выхода продукта реакции.	8
3	Раздел 3	Кинетика гетерогенных процессов. Кинетика гомогенных процессов. Фазовые равновесия в однокомпонентной системе. Уравнение Клайперона – Клаузиуса. Анализ фазовых равновесий в двухкомпонентных системах на основе диаграмм состояния.	16
<b>Итого:</b>			34

#### 4.2.4. Лабораторные работы

Лабораторные работы не предусмотрены

#### 4.2.5. Курсовые работы (проекты)

Курсовые работы (проекты) не предусмотрены

### 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе обучения применяются:

**Лекции**, которые являются одним из важнейших видов учебных занятий и составляют основу теоретической подготовки обучающихся. Цели лекционных занятий:

-дать систематизированные научные знания по дисциплине, акцентировать внимание на наиболее сложных вопросах дисциплины;

-стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся, способствовать формированию их творческого мышления.

**Практические занятия.** Цели практических занятий:

-совершенствовать умения и навыки решения практических задач.

Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

**Консультации** (текущая консультация, накануне дифф.зачета) является одной из форм руководства учебной работой обучающихся и оказания им помощи в самостоятельном изучении материала дисциплины, в ликвидации имеющихся пробелов в знаниях, задолженностей по текущим занятиям, в подготовке письменных работ (проектов).

Текущие консультации проводятся преподавателем, ведущим занятия в учебной группе, научным руководителем и носят как индивидуальный, так и групповой характер.

**Самостоятельная работа обучающихся** направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях и других занятиях, выработку навыков самостоятельного активного приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим учебным занятиям и промежуточному контролю.

**Темы контрольных работ:**

1. Скорость и константа скорости химической реакции.
2. Методы определения порядка реакции.
3. Уравнение Аррениуса.

### 6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 6.1. Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля

успеваемости

**Раздел 1. Основные понятия гетерогенных взаимодействий и их роль в технологии природных энергоносителей и углеродных материалов**

1. Понятия гетерофазности системы и гетерогенности взаимодействий.
2. Основные типы гетерогенных взаимодействий.
3. Значение гетерогенных взаимодействий в химических производствах.
4. Гетерогенные каталитические взаимодействия на поверхности твердых фаз.
5. Влияние природы и состояния твердой фазы на характер и скорость взаимодействия газообразных реагентов.

**Раздел 2. Кинетика реакций**

1. Скорость и константа скорости химической реакции.
2. Молекулярность и порядок реакции.
3. Константа скорости период полупревращения реакций нулевого, первого и второго порядков.
4. Методы определения порядка реакции.
5. Влияние температуры на скорость реакции
6. Гетерогенные процессы в многокомпонентных системах

**Раздел 3. Гетерогенные химические процессы газ-твердое тело**

1. Математическое моделирование как основной способ описания гетерогенных химических взаимодействий.

2. Области применения и возможности различных способов моделирования.
3. Принципы построения математических моделей гетерогенных взаимодействий.
4. Факторы, влияющие на интенсификацию процесса гетерогенных взаимодействий.

## 6.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации (дифф. зачета)

### 6.2.1. Примерный перечень вопросов/заданий к дифф. зачету (по дисциплине):

1. Значение гетерогенных взаимодействий в химических производствах.
2. Математическое моделирование как основной способ описания гетерогенных химических взаимодействий.
3. Области применения и возможности различных способов моделирования.
4. Влияние температуры на скорость реакции.
5. Приближенное правило Вант-Гоффа. Уравнение Аррениуса.
6. Диффузионная и кинетическая области реакции.
7. Влияние температуры, перемешивания, дисперсности на скорость реакции.
8. Основные подходы к построению моделей.
9. Принципы построения математических моделей гетерогенных взаимодействий.
10. Многостадийные химические процессы.
11. Основные типы и способы их математического описания.
12. Условия реализации стационарных и квазистационарных условий химических процессов.
13. Скорость и константа скорости химической реакции.
14. Молекулярность и порядок реакции.
15. Константа скорости период полупревращения реакций нулевого порядка.
16. Константа скорости период полупревращения первого и второго порядков.
17. Методы определения порядка реакции.
18. Сложные реакции: обратимые, последовательные, параллельные и сопряженные.
19. Теория кинетики химических реакций.
20. Теория активных соударений, теория активированного комплекса.
21. Влияние температуры на скорость реакции.
22. Приближенное правило Вант-Гоффа.
23. Уравнение Аррениуса.
24. Гетерогенные каталитические взаимодействия на поверхности твердых фаз.
25. Влияние природы твердой фазы на характер взаимодействия газообразных реагентов.
26. Влияние состояния твердой фазы на скорость взаимодействия газообразных реагентов.
27. Диффузия.
28. Законы Фика.
29. Гетерогенные процессы в многокомпонентных системах.
30. Диффузионная и кинетическая области реакции.
31. Влияние температуры, перемешивания, дисперсности на скорость реакции.
32. Принципы построения математических моделей гетерогенных взаимодействий.
33. Понятие стационарности и квазистационарности процесса.
34. Представление гетерогенного взаимодействия в виде сложной химической реакции.
35. Представление диффузии в виде обратимой химической реакции.

### 6.2.2. Примерные тестовые задания к дифференцированному зачету

#### Вариант №1

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
1.	Константа скорости химической реакции не зависит от	1. концентрации 2. температуры



№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
		3. катализатора 4. растворителя
2.	Кинетическое уравнение необратимой реакции первого порядка имеет вид	1. $k_1 = -\frac{1}{t} \ln \frac{[A_0]}{[A]}$ 2. $k_1 = \frac{1}{t} \ln \frac{[A_0]}{[A]}$ 3. $k_1 = \frac{1}{t} \ln [A_0]$ 4. $k_1 = \frac{1}{t} \ln [A]$
3.	Скорость реакции $v_1 A_1 + v_2 A_2 = v_3 A_3 + v_4 A_4$ Второго порядка определяется уравнением	1. $v = k_{II} [A_3][A_1]$ 2. $v = k_{II} [A_2][A_1]$ 3. $v = \frac{1}{t} [A]$ 4. $v = \frac{d[A_1]}{dT} = k_{II} [A_1][A_2]$
4.	Как изменяется концентрация реагирующих веществ с течением времени, если реакция имеет нулевой порядок?	1. линейно увеличивается 2. линейно уменьшается 3. не изменяется со временем 4. экспоненциально уменьшается
5.	Зависимость константы скорости реакции от температуры выражается уравнением Аррениуса	1. $k = Z_0 \cdot e^{\frac{E_0}{RT}}$ 2. $k = e^{\frac{E_0}{RT}}$ 3. $\ln k = -\frac{E_a}{R}$ 4. $\ln K = \ln Z_0 + \frac{E_a}{R}$
6.	Разделение жидкостей путем перегонки наиболее эффективно	1. при высоком давлении 2. при высокой температуре кипения 3. при близких составах насыщенного пара и раствора 4. при низкой температуре кипения
7.	Идеальная растворимость твердых тел в жидкостях зависит от	1. $T_{пл}$ и $\Delta H_{пл}$ растворенного вещества 2. $T_{пл}$ растворителя 3. $\Delta H_{пл}$ растворителя 4. $T_{пл}$ и $\Delta H_{пл}$ растворителя и температуры растворения
8.	Число степеней свободы показывает:	1. число равновесных фаз 2. число независимых компонентов 3. число внешних параметров 4. число независимых переменных при равновесии фаз
9.	Твердая эвтектика представляет собой	1. гомогенную систему переменного состава 2. гомогенную систему постоянного со-

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
		става 3. гетерогенную систему постоянного состава 4. гетерогенную систему переменного состава
10.	Максимальное число фаз в равновесной системе равно	1. в однокомпонентной – 2 2. в двухкомпонентной – 4 3. в трехкомпонентной – 6 4. в двухкомпонентной – 3
11.	В эвтектической точке бинарная система	1. бивариантна 2. инвариантна 3. моновариантна 4. тривариантна
12.	В перитектической точке двухкомпонентной системы число степеней свободы равно	1. 0 2. 3 3. 1 4. 2
13.	Неограниченные твердые растворы замещения образуются, если Компоненты имеют:	1. различные по величине радиусы (различие больше 15 %), но одинаковые структуры 2. благоприятный размерный фактор, но разные валентности и электроотрицательности 3. благоприятный размерный фактор и одинаковые структуры 4. благоприятный размерный фактор, одинаковые структуры, но сильно отличающиеся электроотрицательности
14.	Твердые растворы – это	1. гетерогенная система переменного состава 2. тонкодисперсная смесь обоих компонентов 3. однофазная система постоянного состава 4. гомогенная система переменного состава
15.	У чистого индивидуального вещества число тройных точек равно	1. 1 2. 3 3. 2 4. зависит от свойств вещества
16.	Константа равновесия для реакций с идеальными газами зависит	1. только от температуры 2. только от давления 3. от температуры, природы реагирующих веществ, записи стехиометрического уравнения реакции 4. от температуры, общего давления и природы реагирующих веществ
17.	В какую сторону сместится равновесие реакции $A_{тв} + B_{тв} = C_{газ}$ (где	1. вправо 2. влево

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
	А и В – фазы постоянного состава), если в систему ввести инертный газ При $P, T = \text{const}$ ?	3.смещения не произойдет 4.смещение зависит от количества инертного газа
18.	Для реакции $2A + B = C + D$ с идеальными газами добавление Инертного газа при постоянных $P$ и $T$ будет смещать равновесие	1.вправо 2.влево 3.смещения равновесия не произойдет 4.направление смещения зависит от количества инертного газа
19.	Направление реакции $A_{\text{тв}} \rightarrow B_{\text{тв}}$ при $P, T = \text{const}$ зависит	1.от соотношения парциальных давлений компонентов 2.от массы компонентов 3.от термодинамических свойств компонентов 4.только от температуры реакции
20.	Для реакций с идеальными газами типа $2A + 3B = 2D + C$	1.состав равновесной смеси не зависит от $P_{\text{общ}}$ 2. $K_p$ увеличивается с ростом $P_{\text{общ}}$ 3.выход продуктов увеличивается с ростом $P_{\text{общ}}$ 4.выход продуктов не зависит от $P_{\text{общ}}$

#### Вариант № 2

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
1.	Скоростью химической реакции будет являться:	1.изменение концентрации любого из участников реакции в единицу времени (при постоянном давлении) 2.изменение концентрации любого из участников реакции в единицу времени (при постоянном объеме) 3.изменение числа молей любого из участников реакции в единицу времени (при постоянном давлении) 4. изменение числа молей любого из участников реакции в единицу времени (при постоянном объеме)
2.	изменение концентрации любого из участников реакции в единицу времени (при постоянном давлении); б) изменение концентрации любого из участников реакции в единицу времени (при постоянном объеме); в) изменение числа молей любого из участников реакции в единицу времени (при постоянном давлении); г) изменение числа молей любого из участников реакции в единицу вре-	1.не изменяется 2.уменьшается 3.уменьшается, если реакция происходит с уменьшением числа молей газообразных участников 4.увеличивается при наличии (и уменьшается при отсутствии) в системе катализатора

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
	мени (при постоянном объеме).	
3.	Какой знак имеет величина скорости реакции?	<p>1. всегда положительна</p> <p>2. положительна, если выражена через изменение концентрации продуктов реакции, и отрицательна, если выражена через изменение концентрации исходных веществ</p> <p>3. зависит от механизма реакции (в случае обратимой реакции скорость положительна для прямой стадии и отрицательна для обратной)</p> <p>4. все ответы неверны</p>
4.	Порядком реакции является:	<p>1. сумма стехиометрических коэффициентов при продуктах в уравнении реакции</p> <p>2. сумма стехиометрических коэффициентов при исходных веществах в уравнении реакции</p> <p>3. сумма стехиометрических коэффициентов при исходных веществах в уравнении элементарной реакции</p> <p>4. сумма всех стехиометрических коэффициентов в уравнении элементарной реакции</p>
5.	Порядок реакции совпадает с молекулярностью:	<p>1. для газофазных реакций, происходящих при постоянном объеме</p> <p>2. для газофазных реакций, происходящих при постоянном давлении</p> <p>3. для реакций, протекающих в одну стадию</p> <p>4. для реакций, протекающих в конденсированной фазе</p>
6.	Могут ли порядок реакции и молекулярность быть дробными величинами?	<p>1. нет</p> <p>2. да</p> <p>3. порядок – да, молекулярность – нет</p> <p>4. молекулярность – да, порядок – нет</p>
7.	Константа скорости химической реакции зависит от следующих факторов:	<p>1. время, температура, концентрация участников реакции</p> <p>2. концентрация участников реакции, температура</p> <p>3. время, механизм реакции, температура</p> <p>4. механизм реакции, температура</p>
8.	В соответствии с принципом лимитирующей стадии химической реакции:	<p>1. скорость любой сложной химической реакции определяется скоростью самой медленной ее стадии</p> <p>2. скорость любой сложной химической реакции определяется скоростью самой быстрой ее стадии</p> <p>3. скоростью самой медленной стадии</p>

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
		определяется скорость сложной химической реакции, если она состоит из ряда параллельных реакций 4. скоростью самой быстрой стадии определяется скорость сложной химической реакции, если она состоит из ряда параллельных реакций
9.	Если температура, константы скорости и начальные концентрации исходных веществ одинаковы, то реакция какого порядка завершится раньше?	1.нулевого 2.первого 3.второго 4.третьего
10.	Во сколько раз увеличится скорость прямой и обратной газофазной реакции $A \leftrightarrow 2B$ при увеличении давления в системе в 4 раза?	1. скорость и прямой, и обратной реакции увеличится в 4 раза 2. скорость прямой реакции увеличится в 4 раза, обратной – в 8 раз 3. скорость прямой реакции увеличится в 2 раза, обратной – в 8 раз 4. скорость прямой реакции увеличится в 4 раза, обратной – в 16 раз
11.	Как изменится скорость одностадийной газофазной реакции типа $2A + B \rightarrow C$ , протекающей при постоянных объеме и температуре, при увеличении давления в системе в 2 раза?	1. увеличится в 2 раза 2. увеличится в 4 раза 3. увеличится в 8 раз 4. уменьшится в 2 раза
12.	При увеличении начальной концентрации исходного вещества в два раза время полупревращения в реакции нулевого порядка:	1. увеличится в два раза 2. уменьшится в два раза 3. увеличится в четыре раза 4. не изменится
13.	При уменьшении начальной концентрации исходного вещества в два раза время полупревращения в реакции второго порядка:	1. увеличится в два раза 2. уменьшится в два раза 3. увеличится в четыре раза 4. не изменится
14.	Дифференциальный метод Вант – Гоффа позволяет определить:	1. порядок и молекулярность реакции 2. порядок и скорость реакции 3. порядок и энергию активации 4. порядок и константу скорости реакции
15.	При определении порядка химической реакции графическим методом получили линейную зависимость в координатах «С – t». Какой порядок имеет данная реакция?	1. нулевой 2. первый 3. второй 4. третий
16.	Если необратимая реакция типа $A \rightarrow B$ протекает в реакторе идеального смешения, то при установившемся стационарном режиме с течением времени концентрация продукта реакции в объеме	1. не изменяется 2. линейно возрастает по длине реактора 3. экспоненциально возрастает по длине реактора 4. все ответы неверны

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
17.	Энергией активации химической реакции называется:	1.минимальное количество энергии, которым должен обладать 1 моль реагирующих веществ, для того, чтобы прошла данная реакция 2.минимальный избыток энергии по сравнению со средней энергией молекул, которым должен обладать 1 моль вещества для того, чтобы прошла данная реакция 3.минимальное количество энергии, которое выделится (или поглотится) при протекании данной реакции в расчете на 1 моль реагирующих веществ 4.минимальная разница между энергией продуктов реакции и исходных веществ, которую необходимо сообщить 1 молю реагирующих веществ, для того, чтобы прошла данная реакция
18.	Может ли энергия активации химической реакции принимать нулевое значение? Если «да», то для каких реакций?	1.нет, так как это избыточная энергия 2. да, если реакция протекает между молекулой и свободным радикалом 3.да, если реакция протекает с нулевым тепловым эффектом 4.да, если происходит реакция рекомбинации
19.	Какой должна быть энергия активации, чтобы скорость реакции возросла в три раза при увеличении температуры от 300 К до 310 К?	1.84,9 кДж·моль <sup>-1</sup> 2.849,0 кДж·моль <sup>-1</sup> 3.8,49 кДж·моль <sup>-1</sup> 4. все ответы неверны
20.	Во сколько раз возрастет скорость реакции при повышении температуры от 25 °С до 100 °С, если энергия активации реакции составляет 120 кДж·моль <sup>-1</sup> ? Рассчитайте температурный коэффициент реакции $\gamma$	1.в 12500 раз, $\gamma = 3,5$ 2.в 1250 раз, $\gamma = 2,6$ 3.в 1694 раза, $\gamma = 2,7$ 4.в 16960 раз, $\gamma = 3,7$

### Вариант №3

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
1.	Какие величины, согласно теории активных столкновений, определяют предэкспоненциальный множитель в уравнении Аррениуса?	1.общее число столкновений и энергия активации 2. частота столкновений и вероятностный фактор 3.больцмановский множитель и диаметр соударения 4.вероятностный фактор и доля активных молекул
2.	Основное уравнение теории активиро-	1.только для мономолекулярных реак-

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
	ванного комплекса для расчета константы скорости справедливо:	ций 2. только для бимолекулярных реакций 3. для реакций любой молекулярности 4. для всех реакций, кроме тримолекулярных
3.	Для реакций какого типа значение энтропии активации не зависит от выбора стандартного состояния?	1. для мономолекулярных 2. для бимолекулярных 3. для тримолекулярных 4. для моно и бимолекулярных
4.	Если гетерогенная химическая реакция, происходящая в растворе, протекает в кинетической области, то перевести процесс в диффузионную область можно следующим способом:	1. повысить температуру 2. понизить температуру 3. при постоянной температуре увеличить интенсивность перемешивания 4. при постоянной температуре уменьшить интенсивность перемешивания
5.	Если гетерогенная реакция типа Агаз → Вгаз протекает на твердой поверхности по механизму Агаз → Аадсорб. → Вадсорб. → Вгаз, то:	1. скорость суммарного процесса всегда пропорциональна давлению вещества А 2. скорость суммарного процесса не зависит от давления вещества А, поскольку собственно реакция протекает в адсорбционном слое на поверхности 3. скорость суммарного процесса быстро уменьшается, поскольку, в соответствии с принципом Ле-Шателье, увеличение содержания вещества в газовой фазе сдвигает равновесие влево 4. при высоких давлениях вещества А скорость реакции постоянна и не зависит от давления вещества А
6.	Адсорбционным коэффициентом называется:	1. удельная скорость адсорбции вещества на твердой поверхности при данной температуре 2. величина, показывающая, во сколько раз изменяется скорость адсорбции вещества на твердой поверхности при изменении температуры на 10 градусов 3. отношение константы скорости адсорбции вещества на твердой поверхности к константе скорости десорбции 4. величина, численно равная энергии связи адсорбированной молекулы с твердой поверхностью
7.	Увеличение скорости обратимой химической реакции в присутствии катализатора происходит:	1. в результате увеличения константы скорости прямой реакции и уменьшения константы скорости обратной реакции 2. в результате смещения положения равно-

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
		<ul style="list-style-type: none"> <li>весия в сторону образования продуктов реакции</li> <li>3.в результате уменьшения энергии активации реакции при сохранении механизма процесса</li> <li>4.в результате уменьшения энергии активации реакции с изменением механизма процесса</li> </ul>
8.	В каком случае можно считать, что каталитическая реакция $A_{газ} + B_{газ} \rightarrow P_{газ}$ на поверхности катализатора происходит как реакция на равнодоступной поверхности?	<ul style="list-style-type: none"> <li>1.при малых давлениях газообразных участников реакции</li> <li>2.при высоких температурах</li> <li>3.при высокой скорости химической реакции на поверхности катализатора</li> <li>4.при малой скорости химической реакции на поверхности катализатора</li> </ul>
9.	В каком случае скорость гетерогенной каталитической реакции типа $A_{газ} \rightarrow P_{газ}$ , лимитирующей стадией которой является адсорбция исходного вещества на поверхность катализатора, описывается уравнением первого порядка?	<ul style="list-style-type: none"> <li>1.при слабой адсорбции вещества А</li> <li>2.при сильной адсорбции вещества А</li> <li>3.при слабой адсорбции вещества Р</li> <li>4.при сильной адсорбции вещества Р</li> </ul>
10.	Скорость гетерогенной каталитической реакции будет наибольшей, если реакция протекает:	<ul style="list-style-type: none"> <li>1.во внешнедиффузионной области</li> <li>2.во внутридиффузионной области</li> <li>3.в кинетической области</li> <li>4.в смешанной</li> </ul>
11.	Какие контакты с внешней средой может иметь изолированная термодинамическая система?	<ul style="list-style-type: none"> <li>1.любые контакты невозможны</li> <li>2.только механические контакты</li> <li>3.только диффузионные контакты</li> <li>4.только термические контакты</li> </ul>
12.	Какие контакты с внешней средой может иметь закрытая система?	<ul style="list-style-type: none"> <li>1.только диффузионные контакты</li> <li>2.термические и механические контакты</li> <li>3.любые контакты невозможны</li> <li>4.диффузионные и термические контакты</li> </ul>
13.	Открытые термодинамические системы могут обмениваться с внешней средой	<ul style="list-style-type: none"> <li>1.только веществом</li> <li>2.только теплотой</li> <li>3.только энергией</li> <li>4.энергией и веществом</li> </ul>
14.	Какие из перечисленных величин являются интенсивными термодинамическими переменными?	<ul style="list-style-type: none"> <li>1.температура, химическое количество вещества, плотность, удельный объем</li> <li>2.энергия, давление, плотность, концентрация</li> <li>3.плотность, концентрация, удельный объем, температура</li> <li>4.энтропия, давление, плотность, энергия</li> </ul>
15.	Какие из перечисленных величин яв-	<ul style="list-style-type: none"> <li>1.температура, магнитная индукция, эн-</li> </ul>



№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
	ляются внутренними параметрами системы?	тропия, намагниченность 2.давление, поляризованность, теплоемкость при постоянном объеме, температура 3.давление, объем, внутренняя энергия, энтальпия 4.химические количества веществ, давление, температура, энтропия
16.	Какие термодинамические параметры относятся к обобщенным силам?	1.давление, химический потенциал, температура 2.количество вещества, поверхностное натяжение, электрический потенциал 3.плотность, объем, давление, химический потенциал 4.масса, давление, объем, поверхностное натяжение
17.	Какие перечисленные величины обладают свойствами функции состояния?	1.энергия Гиббса, теплота, теплоемкость, давление 2.температура, энтропия, теплоемкость при постоянном давлении 3.внутренняя энергия, работа, объем, химический потенциал 4.энтропия, теплота, внутренняя энергия, температура
18.	Какое состояние термодинамической системы называется равновесным?	1.состояние изолированной системы 2.состояние закрытой системы при постоянном давлении 3.состояние открытой системы при постоянном объеме 4.состояние, в которое переходит система при постоянных внешних условиях, характеризующееся неизменностью во времени термодинамических параметров и отсутствием в системе потоков вещества и теплоты
19.	Выберите правильное определение стационарного состояния системы.	1.это равновесное состояние изолированной системы 2.это состояние, при котором термодинамические переменные постоянны во времени, но в системе имеются потоки 3.равновесное состояние закрытой системы 4.равновесное состояние открытой системы
20.	Какой процесс называют адиабатическим?	1.процесс, при котором система не получает теплоты извне и не отдает ее 2.любой равновесный процесс 3.процесс, при котором система имеет

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
		тепловой контакт с окружающей средой 4. процесс, при котором система не имеет тепловой контакт с окружающей средой

### 6.3. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

#### 6.3.1. Критерии оценок промежуточной аттестации (дифференцированного зачета)

Оценка			
«2» (неудовлетворительно)	Пороговый уровень освоения	Углубленный уровень освоения	Продвинутый уровень освоения
	«3» (удовлетворительно)	«4» (хорошо)	«5» (отлично)
Посещение менее 50 % лекционных и практических занятий	Посещение не менее 60 % лекционных и практических занятий	Посещение не менее 70 % лекционных и практических занятий	Посещение не менее 85 % лекционных и практических занятий
Студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы	Студент поверхностно знает материал основных разделов и тем учебной дисциплины, допускает неточности в ответе на вопрос	Студент хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос.	Студент в полном объеме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос
Не умеет находить решения большинства предусмотренных программой обучения заданий	Иногда находит решения, предусмотренные программой обучения заданий	Уверенно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий	Безошибочно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий
Большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено	Предусмотренные программой обучения задания выполнены удовлетворительно	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены

#### *Примерная шкала оценивания знаний в тестовой форме:*

Количество правильных ответов, %	Оценка
0-49	Неудовлетворительно
50-65	Удовлетворительно
66-85	Хорошо
86-100	Отлично

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1. Рекомендуемая литература

#### 7.1.1. Основная литература

1. Евстифеев Е.Н. Процессы на поверхности раздела фаз [Электронный ресурс]: Учебное пособие/ Евстифеев Е.Н., Кужаров А.А., Кужаров А.С.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2018.— 287 с. <http://www.bibliocomplector.ru/book/?id=71581>

2. Химическая кинетика. Теория и практика [Электронный ресурс]: Учебное пособие/ Г.Е. Заиков [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2013.— 80 с. <http://www.bibliocomplectator.ru/book/?id=62017>

3. Кузнецова И.М. Разработка технологии гетерогенной реакции в системе газ-жидкость [Электронный ресурс]: Учебное пособие к лабораторному практикуму по общей химической технологии/ Кузнецова И.М., Чиркунов Э.В., Харлампида Х.Э.— Электрон. текстовые данные.— Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2011.— 49 с. <http://www.bibliocomplectator.ru/book/?id=63979>

#### **7.1.2. Дополнительная литература**

1. Фролов В.Ф. Лекции по курсу «Процессы и аппараты химической технологии» [Электронный ресурс]/ Фролов В.Ф.— Электрон. текстовые данные.— СПб.: ХИМИЗДАТ, 2017.— 608 с. <http://www.bibliocomplectator.ru/book/?id=67349>

2. Морачевский, А.Г. Термодинамика жидких металлов и сплавов [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.Г. Морачевский, Е.Г. Фирсова. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 240 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/94210>.

3. Морачевский, А.Г. Физическая химия. Гетерогенные системы [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.Г. Морачевский, Е.Г. Фирсова. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2015. — 192 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/60048>.

#### **7.1.3. Учебно-методическое обеспечение**

1. Макарова Л.Л. Химическая кинетика и катализ: учебно-методическое пособие / Л.Л. Макарова // Удмуртский государственный университет. – Ижевск. – 2019. – 144 с. Режим доступа: [http://elibrary.udsu.ru/xmlui/bitstream/handle/123456789/17457/488%D0%BB%D0%B1\\_1000932708\\_04.09.2018.pdf?sequence=1](http://elibrary.udsu.ru/xmlui/bitstream/handle/123456789/17457/488%D0%BB%D0%B1_1000932708_04.09.2018.pdf?sequence=1)

2. Салтыкова С.Н. Кинетика гетерогенных процессов: методические указания к самостоятельной работе / С.Н. Салтыкова// Санкт-Петербургский горный университет. – СПб. – 2018. – 13 с. [http://ior.spmi.ru/system/files/srs/srs\\_1544293234.pdf](http://ior.spmi.ru/system/files/srs/srs_1544293234.pdf)

### **7.2. Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы**

1. Европейская цифровая библиотека European: <http://www.europeana.eu/portal/>;

2. Мировая цифровая библиотека: <http://www.wdl.org/ru/>;

3. Свободная энциклопедия «Википедия»: <http://ru.wikipedia.org/>;

4. Словари и энциклопедии на «Академик»: <http://dic.academic.ru/>;

5. Электронная библиотека учебников: <http://student.net/>;

6. Электронная библиотека IQlib: <http://www.iqlib.ru/>;

7. Электронная библиотека Российской Государственной Библиотеки (РГБ): <http://www.rsl.ru/>.

8. Электронно-библиотечная система издательского центра «Лань»

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **8.1. Материально-техническое оснащение аудиторий:**

#### **Аудитории для проведения лекционных занятий.**

Специализированные аудитории, используемые при проведении занятий лекционного типа, оснащены мультимедийными проекторами и комплектом аппаратуры, позволяющей демонстрировать текстовые и графические материалы.

#### **Аудитории для проведения практических занятий.**

Специализированные аудитории, используемые при проведении практических занятий, оснащены мультимедийными проекторами и комплектом аппаратуры, позволяющей демонстрировать текстовые и графические материалы.

### **8.2. Помещения для самостоятельной работы:**

1. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 13 посадочных мест. Стул – 25 шт., стол – 2 шт., стол компьютерный – 13 шт., шкаф – 2 шт., доска аудиторная маркерная –

1 шт., АРМ учебное ПК (монитор + системный блок) – 14 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional:ГК № 1464-12/10 от 15.12.10 «На поставку компьютерного оборудования» ГК № 959-09/10 от 22.09.10 «На поставку компьютерной техники» ГК № 447-06/11 от 06.06.11 «На поставку оборудования» ГК № 984-12/11 от 14.12.11 «На поставку оборудования" Договор № 1105-12/11 от 28.12.2011 «На поставку компьютерного оборудования» , Договор № 1106-12/11 от 28.12.2011 «На поставку компьютерного оборудования» ГК № 671-08/12 от 20.08.2012 «На поставку продукции» , Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012, Microsoft Open License 48358058 от 11.04.2011, Microsoft Open License 49487710 от 20.12.2011, Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011 , Microsoft Office 2010 Standard: Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012 , Microsoft Open License 60853086 от 31.08.2012

Kaspersky antivirus 6.0.4.142

2. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 17 посадочных мест. Доска для письма маркером – 1 шт., рабочие места студентов, оборудованные ПК с доступом в сеть университета – 17 шт., мультимедийный проектор – 1 шт., АРМ преподавателя для работы с мультимедиа – 1 шт. (системный блок, мониторы – 2 шт.), стол – 18 шт., стул – 18 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Операционная система Microsoft Windows XP Professional ГК №797-09/09 от 14.09.09 «На поставку компьютерного оборудования». Операционная система Microsoft Windows 7 Professional Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011 .

Microsoft Office 2007 Standard Microsoft Open License 42620959 от 20.08.2007

3. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 16 посадочных мест. Стол компьютерный для студентов (тип 4) - 3 шт., стол компьютерный для студентов (тип 6) – 2 шт., стол компьютерный для студентов (тип 7) – 1 шт., кресло преподавателя (сетка, цвет черный) – 17 шт., доска напольная мобильная белая магнитно-маркерная «Magnetoplan» 1800мм×1200мм - 1 шт., моноблок Lenovo M93Z Intel Q87 – 17 шт., плакат – 5 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional: Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011 .

Microsoft Office 2007 Professional Plus: Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010 . CorelDRAW Graphics Suite X5 Договор №559-06/10 от 15.06.2010 «На поставку программного обеспечения» Autodesk product: Building Design Suite Ultimate 2016, product Key: 766H1 Cisco Packet Tracer 7.1 (свободно распространяемое ПО), Quantum GIS (свободно распространяемое ПО), Python (свободно распространяемое ПО), R (свободно распространяемое ПО), Rstudio (свободно распространяемое ПО), SMATH Studio (свободно распространяемое ПО), GNU Octave (свободно распространяемое ПО), Scilab (свободно распространяемое ПО)

### **8.3. Помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования:**

#### **1. Центр новых информационных технологий и средств обучения:**

Оснащенность: персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 4 шт., сетевой накопитель – 1 шт., источник бесперебойного питания – 2 шт., телевизор плазменный Panasonic – 1 шт., точка Wi-Fi – 1 шт., паяльная станция – 2 шт., дрель – 5 шт., перфоратор – 3 шт., набор инструмента – 4 шт., тестер компьютерной сети – 3 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., паста теплопроводная – 1 шт., пылесос – 1 шт., радиостанция – 2 шт., стол – 4 шт., тумба на колесиках – 1 шт., подставка на колесиках – 1 шт., шкаф – 5 шт., кресло – 2 шт., лестница Alve – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012)

Microsoft Office 2010 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012)

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17)

2. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 5 шт., стул – 2 шт., кресло – 2 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 2 шт., МФУ – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., балон со сжатым газом – 1 шт., шуруповерт – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012)

Microsoft Office 2007 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010)

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17)

3. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 2 шт., стул – 4 шт., кресло – 1 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 1 шт. (доступ к сети «Интернет»), веб-камера Logitech HD C510 – 1 шт., колонки Logitech – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., дрель – 1 шт., телефон – 1 шт., набор ручных инструментов – 1 шт.

#### **8.4. Лицензионное программное обеспечение:**

1. Microsoft Windows 8 Professional (договор бессрочный ГК № 875-09/13 от 30.09.2013 «На поставку компьютерной техники»).

2. Microsoft Office 2007 Standard (договор бессрочный Microsoft Open License 42620959 от 20.08.2007).

3. Microsoft Office 2010 Professional Plus (договор бессрочный Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012, договор бессрочный Microsoft Open License 47665577 от 10.11.2010, договор бессрочный Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011).