

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебной работе  
и образовательным инновациям

О.И. Чуприс

(подпись)

17.12.2018

(дата утверждения)

Регистрационный № УД- 5924/уз.



**ДИНАМИЧЕСКАЯ ТОПОХИМИЯ**

**Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для специальностей**

1-31 05 03 Химия высоких энергий

1-31 05 04 Фундаментальная химия

Минск  
2018

Учебная программа составлена на основе образовательных стандартов ОСВО 1-31 05 03-2013 и 1-31 05 04-2013, утвержденного и введенного в действие постановлением Министерства образования Республики Беларусь от 30.08.2013 г., и учебных планов G 31-146/уч. и G31-147/уч. от 30.05.2013 г.

**СОСТАВИТЕЛЬ:**

Т.В. Свиридова, доцент кафедры неорганической химии, кандидат химических наук, доцент

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой неорганической химии Белорусского государственного университета (протокол № 5 от 20.11.2018 г.)

Учебно-методической комиссией химического факультета Белорусского государственного университета (протокол № 2 от 20.11.2018)



## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебная дисциплина по выбору «Динамическая топохимия» цикла общенаучных и общепрофессиональных дисциплин (для специальности «Химия высоких энергий») и цикла специальных дисциплин (для специальности «Фундаментальная химия») предназначена для студентов химического факультета 4 курса.

**Целью** дисциплины по выбору является рассмотрение теоретических аспектов, основных закономерностей и представлений о физико-химической природе и свойствах кристаллических, аморфных, неорганических и органических веществ в конденсированном состоянии в зависимости от их химического и фазового состава, температуры и внешних воздействий. Изложение теории конденсированных сред дополнено рассмотрением конкретных примеров о взаимосвязи «состав–структура–свойства–функции» ряда конкретных видов конденсированных сред, в том числе широко применяемых ферро- и ферромагнитных материалов

В содержательную часть дисциплины включены результаты исследований, проводимых учеными Республики Беларусь в области приоритетных направлений научных исследований, а также последние разработки и результаты внедрения в промышленность и реальный сектор экономики, осуществленные как отечественными, так и зарубежными учеными за последние десятилетия в области химии конденсированного состояния.

Поскольку химия конденсированных систем является областью наиболее динамично развивающейся в последние десятилетия, то для изучения настоящей дисциплины привлекаются отдельные темы физики твердого тела, физики полупроводников, а также знания, полученные при изучении дисциплин «Физические методы исследования», «Физико-химические методы анализа», «Методы исследования твердых тел», «Химическая технология».

**Задачами** дисциплины являются:

- ознакомление студентов с основными понятиями, явлениями и законами, относящимися к области химии конденсированных систем;
- ознакомление с основами математических методов описания структуры, состояния и свойств твердых тел; знание методов получения и исследования структуры и свойств материалов в конденсированном состоянии (в том числе с использованием широко круга методов, имеющих общее название «термические методы исследования»);

- формирование понимания процессов образования иерархической структуры конденсированных сред;
- формирование знания физических основ и характеристик аналитических методов исследования реальных объектов и понимания связи физики конденсированного состояния с другими науками и техникой.

Дисциплина структурно разделена на две части. В первой рассматриваются вопросы строения, свойств, методов исследования и областей применения материалов в конденсированном состоянии, во второй – теория и практика термического анализа.

В результате изучения дисциплины обучаемый должен **знать:**

- основные закономерности протекания топохимических реакций, факторы, влияющие на скорость, порядок и энергию активации реакций в твердом теле;
- механизмы протекания основных видов твердофазных реакций и полиморфных превращений;
- принципы синтеза твердофазных веществ и композиционных материалов на их основе;

**уметь:**

- интерпретировать механизмы химических превращений в конденсированном состоянии;
- предсказывать ход реакции в твердом теле с учетом закономерностей протекания процессов зародышеобразования и характера скорости лимитирующей стадии;

**владеть:**

- методологией термохимических исследований;
- принципами и навыками самостоятельного анализа данных термического анализа, включая дифференциальную сканирующую калориметрию.

В результате изучения учебной дисциплины студент должен закрепить и развить следующие компетенции, предусмотренные образовательным стандартом высшего образования **ОСВО 1-31 05 03 «Химия высоких энергий»:**

- АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.
- АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.
- АК-3. Владеть исследовательскими навыками.
- АК-4. Уметь работать самостоятельно.
- АК-5. Быть способным вырабатывать новые идеи (креативность).
- СК-6. Уметь работать в команде.

ПК-1. Использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, анализировать перспективы и направления развития отдельных областей химической науки.

ПК-2. Принимать участие в научных исследованиях, связанных с совершенствованием и развитием химии, современных ее направлений и физико-химических методов исследования.

ПК-3. Формулировать цели и задачи научно-исследовательской деятельности, осуществлять ее планирование.

ПК-4. Применять методы прикладной квантовой химии, молекулярной динамики и математического моделирования для предсказания свойств химических систем и их поведения в химических процессах.

ПК 5. Комплексно применять физические и физико-химические методы исследования химических веществ и материалов в процессах их синтеза и модифицирования.

ПК 6. Использовать для решения профессиональных задач методы компьютерного моделирования химических процессов, вычислительную технику.

ПК 7. Использовать нормативную, справочную и научную литературу для конструирования новых веществ, материалов и молекулярно-организованных систем.

ПК-8. Представлять итоги проделанной работы в виде отчетов, рефератов, статей, оформленных в соответствии с имеющимися требованиями с привлечением современных средств редактирования и печати.

Производственно-технологическая деятельность:

ПК-9. Формулировать и решать задачи, возникающие в ходе научно-производственной деятельности.

ПК-10. Разрабатывать и масштабировать новые технологические процессы, разрабатывать и утверждать нормативно-технологическую документацию, проводить технико-экономический анализ технологических процессов и производственной деятельности.

ПК-11. Осуществлять поиск, систематизацию и анализ информации по перспективам развития отрасли, инновационным технологиям, проектам и решениям.

ПК-12. Обобщать научно-техническую информацию, работать с научной, технической и патентной литературой, электронными базами данных.

ПК-13. Оценивать конкурентоспособность и экономическую эффективность разрабатываемых технологических процессов.

ПК-19. Вести переговоры, устанавливать контакты, проводить презентации, выступать на научных конференциях.

В результате изучения учебной дисциплины студент должен закрепить и развить следующие компетенции, предусмотренные образовательным стандартом высшего образования **ОСВО 1-31 05 04 «Фундаментальная химия»**:

АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.

АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.

АК-3. Владеть исследовательскими навыками.

АК-4. Уметь работать самостоятельно.

АК-5. Быть способным вырабатывать новые идеи (креативность).

СК-6. Уметь работать в команде.

ПК-1. Использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, анализировать перспективы и направления развития отдельных областей химической науки.

ПК-2. Принимать участие в научных исследованиях, связанных с совершенствованием и развитием химии, современных ее направлений и физико-химических методов исследования.

ПК-3. Формулировать цели и задачи научно-исследовательской деятельности, осуществлять ее планирование.

ПК-4. Применять методы прикладной квантовой химии, молекулярной динамики и математического моделирования для предсказания свойств химических систем и их поведения в химических процессах.

ПК 5. Комплексно применять физические и физико-химические методы исследования химических веществ и материалов в процессах их синтеза и модифицирования.

ПК 6. Использовать для решения профессиональных задач методы компьютерного моделирования химических процессов, вычислительную технику.

ПК 7. Использовать нормативную, справочную и научную литературу для конструирования новых веществ, материалов и молекулярно-организованных систем.

ПК-8. Представлять итоги проделанной работы в виде отчетов, рефератов, статей, оформленных в соответствии с имеющимися требованиями с привлечением современных средств редактирования и печати.

Производственно-технологическая деятельность:

ПК-9. Формулировать и решать задачи, возникающие в ходе научно-производственной деятельности.

ПК-10. Разрабатывать и масштабировать новые технологические процессы, разрабатывать и утверждать нормативно-технологическую документацию,

проводить технико-экономический анализ технологических процессов и производственной деятельности.

ПК-11. Осуществлять поиск, систематизацию и анализ информации по перспективам развития отрасли, инновационным технологиям, проектам и решениям.

ПК-12. Обобщать научно-техническую информацию, работать с научной, технической и патентной литературой, электронными базами данных.

ПК-13. Оценивать конкурентоспособность и экономическую эффективность разрабатываемых технологических процессов.

ПК-19. Вести переговоры, устанавливать контакты, проводить презентации, выступать на научных конференциях.

Дисциплина преподается в 8 семестре четвертого курса. Общее количество часов для изучения дисциплины по специальности «Химия высоких энергий» – 60, аудиторных – 36 (лекции – 24, семинарские занятия – 10, УСР – 2); по специальности «Фундаментальная химия» – 106, аудиторных – 46 (лекции – 30, семинарские занятия – 10, УСР – 6).

Форма получения высшего образования – очная.

Форма текущей аттестации по учебной дисциплине по специальности «Химия высоких энергий» – зачет, по специальности «Фундаментальная химия» – экзамен.

## СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### **1. Общие особенности протекания твердофазных химических реакций.**

Лимитирующие стадии (диффузия, зародышеобразование, электронный и ионный транспорт). Количественные характеристики твердофазных реакций. Основные кинетические модели реакций; базовые приемы формально-кинетического анализа твердофазных реакций.

Общие понятия о потоках массы и зарядов; взаимосвязь между потоками и потенциалами.

Туннельные и активационные процессы переноса, их температурные зависимости.

### **2. Теория диффузионных процессов.**

Уравнение Фика для однородных твердых тел (диффузия из постоянного источника, из равномерно насыщенного тела, из слоя конечной толщины, из газовой фазы в твердое тело, в процессе эпитаксиального роста). Функция ошибок Гаусса, интеграл вероятностей.

Элементы флуктуационно-диссипационной теории; винеровский и марковский процессы; броуновское движение. Уравнение диффузии винеровского процесса; белый шум, корреляционная функция. Особенности диффузии в неоднородных твердых телах. Математическое описание диффузии в условиях внешних полей (механических, тепловых, электрических).

Кинетические модели процессов, лимитируемых химической реакцией и стадией зародышеобразования (уравнения сжимающейся сферы и уравнение Авраами-Ерофеева; подход Колмогорова).

Модели Яндера (анти-Яндера), Вагнера и их развитие.

### **3. Кинетика электронного переноса в твердофазных процессах.**

Адиабатические и неадиабатические процессы переноса, принцип Франка-Кондона, энергия реорганизации среды; фактор Ландау-Зинера. Методы расчета вероятности элементарного акта твердофазных и гетерогенных реакций.

Связь реакционной способности твердых тел с особенностями их зонного строения и состоянием фононной подсистемы.

Теория квазиуровней Ферми.

#### **4. Принципы операционного исчисления.**

Одностороннее преобразование Лапласа, системные функции, полюса и нули, собственные частоты; анализ устойчивости физико-химических систем в комплексной плоскости.

Устойчивость систем с обратными связями. Колебательные процессы. Решение уравнений диффузии с использованием преобразования Лапласа-Карсона. Учет флуктуации параметров в описании кинетики твердофазных и гетерогенных реакций.

#### **5. Математическое моделирование фазовых переходов.**

Термодинамика фазовых переходов в сегнетоэлектриках и ферромагнетиках.

Теория Ландау.

Фазовые переходы в перколяционных системах.

Гипотеза масштабной инвариантности (скейлинга).

Гидродинамический подход.

Критические точки и критические показатели. Обобщенная восприимчивость.

#### **6. Теоретические основы кинетического анализа твердофазных реакций**

Основные кинетические характеристики (скорость реакции, удельная скорость реакции, индукционный период, температура разложения, формы локализации твердофазной реакции и др.; понятие о макрокинетике твердофазных реакций). Кинетические кривые. Особенности кинетики реакций с участием твердых фаз. Сопоставление кинетических характеристик твердофазных и газофазных реакций. Модели зародышеобразования. Диффузионные модели (кинетические уравнения для диффузионно-контролируемых реакций). Кинетика твердофазных реакций в полидисперсных системах. Модели реакций, лимитируемых процессами на границе раздела фаз. Кинетические модели для реакций «цепного» типа (в частности, для реакций с резко ускоряющимся зародышеобразованием). Понятие о стадийности твердофазных реакций. Параллельные реакции. Последовательные твердофазные реакции (последовательность необратимых стадий, последовательность обратимых стадий, разветвленные последовательности, многостадийные последовательности). Кинетика сложных реакций.

Основные принципы анализа кинетических данных, полученных в неизотермических условиях.

Механизм важнейших твердофазных реакций. Физико-химические факторы, влияющие на механизм реакций с участием твердых тел.

### **7. Экспериментальные методы исследования кинетики твердофазных реакций**

Понятие о непрерывных и периодических методах исследования кинетики реакций с участием твердых тел. Изотермические и неизотермические методы. Дифракционные методы (методы рентгенографии и электронографии). Микроскопические методы (оптическая и электронная микроскопия). Анализ выделяющегося газа. Спектроскопические методы (инфракрасная спектроскопия, ядерный магнитный резонанс, электронный парамагнитный резонанс, рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия, мессбауэровская спектроскопия). Термические методы анализа (термогравиметрия, термогравиметрия по производной (дифференциальная термогравиметрия), дифференциальный термический анализ, дифференциальная сканирующая калориметрия). Газоаналитические методы (масс-спектрометрия, газовая хроматография).

### **8. Планирование кинетического исследования и интерпретация полученных результатов**

Приготовление образцов и их предварительная обработка. Постановка кинетических экспериментов. Влияние атмосферы на результаты кинетического анализа.

Основные кинетические уравнения, обычно используемые при анализе изотермических реакций с участием твердых веществ. Проверка адекватности описания изотермических кинетических данных теоретическими уравнениями. Выбор кинетического уравнения. Применение кинетических уравнений к описанию отдельных участков кривой «степень превращения - время». Интерпретация кинетических наблюдений. Влияние давления на скорость твердофазных реакций. Зависимость скорости реакции от температуры. Физический смысл и расчет значения аррениусовских параметров.

Сравнительный анализ результатов кинетического исследования, полученных с помощью изотермических и неизотермических методов исследования. Надежность кинетических параметров, полученных из данных неизотермических измерений.

## **9. Общая характеристика и кинетические параметры некоторых твердофазных реакций**

Особенности реакций разложения твердых веществ. Дегидратация кристаллогидратов. Реакции разложения бинарных соединений и гидроксидов. Разложение солей металлов. Разложение аммонийных солей. Разложение координационных соединений. Разложение твердых растворов и двойных солей.

Разложение твердых веществ, катализируемое твердой фазой.

Характеристика и механизмы реакций взаимодействия твердых веществ.

Особенности кинетики реакций в системе «газ - твердое тело». Кинетика реакций с нулевой начальной скоростью (восстановление оксидов металлов, окисление металлов, сульфидирование металлов и солей и др.). Кинетика реакций с ненулевой начальной скоростью (восстановление оксидов металлов, окисление солей, сульфидирование солей, металлов и оксидов, окисление металлов и сплавов).

Особенности кинетики реакций, локализованных на границе «твердое тело-жидкость». Кинетические закономерности и механизмы фотохимических и радиационно-химических превращений, а также сопряженных с ними термоиндуцированных реакций в твердотельных системах.

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА**  
(специальность 1-31 05 03 Химия высоких энергий)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские Занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Общие особенности протекания твердофазных химических реакций	2						
2	Основные кинетические модели реакций; базовые приемы формально-кинетического анализа твердофазных реакций.	2						
3	Теория диффузионных процессов	2						
4	Кинетика электронного переноса в твердофазных процессах	2						
5	Принципы операционного исчисления	2						
6	Математическое моделирование фазовых переходов	2						
7	Теоретические основы кинетического анализа твердофазных реакций	2						
8	Экспериментальные методы исследования кинетики твердофазных реакций	2		2				Экспресс-опрос

9	Экспериментальные методы исследования кинетики твердофазных реакций	2		2				Устный опрос
10	Планирование кинетического исследования и интерпретация полученных результатов	2		2				Устный опрос, письменное задание
11	Общая характеристика и кинетические параметры некоторых твердофазных реакций	2		2				Экспресс-опрос
12	Общая характеристика и кинетические параметры некоторых твердофазных реакций	2		2			2	Письменный опрос
	<b>Итого</b>	<b>24</b>		<b>10</b>			<b>2</b>	

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА**  
(специальность 1-31 05 04 Фундаментальная химия)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские Занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Общие особенности протекания твердофазных химических реакций	2						
2	Общие понятия о потоках массы и зарядов; взаимосвязь между потоками и потенциалами. Туннельные и активационные процессы переноса, их температурные зависимости.	2						
3	Теория диффузионных процессов	2						
4	Кинетика электронного переноса в твердофазных процессах	2						
5	Принципы операционного исчисления	2						
6	Принципы операционного исчисления	2						
7	Математическое моделирование фазовых переходов	2						
8	Математическое	2		2				Экспресс-

	моделирование фазовых переходов							опрос
9	Теоретические основы кинетического анализа твердофазных реакций	2		2				Доклад на семинаре
10	Теоретические основы кинетического анализа твердофазных реакций	2		2				Письменный опрос
11	Экспериментальные методы исследования кинетики твердофазных реакций	2		2				Экспресс-опрос
12	Экспериментальные методы исследования кинетики твердофазных реакций	2		2				Доклад на семинаре
13	Планирование кинетического исследования и интерпретация полученных результатов	2					2	Устный опрос
14	Общая характеристика и кинетические параметры некоторых твердофазных реакций	2					2	Контрольная работа
15	Общая характеристика и кинетические параметры некоторых твердофазных реакций	2					2	Письменный опрос
	<b>Итого</b>	<b>30</b>		<b>10</b>			<b>6</b>	

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### Рекомендуемая учебная литература

#### Основная:

1. Браун М., Доллимор Д., Галвей А. Реакции твердых тел. — М.: Мир, 1993. — 360 с.
2. Третьяков Ю.Д. Твердофазные реакции. — М.: Химия, 2008. — 360 с.
3. Продан Е.А. Неорганическая топохимия. — Мн.: Наука и техника, 1986. — 240 с.
4. Дельмон Б. Кинетика гетерогенных реакций. — М.: Мир, 1992. — 555 с.
5. Розовский А.Я. Гетерогенные химические реакции. — М.: Наука, 1980. — 323 с.
6. Барре П. Кинетика гетерогенных процессов. — М.: Мир, 1976. — 400 с.
7. Яцимирский К.Б. Кинетические методы анализа. — М.: Химия, 1967. — 200 с.
8. Экспериментальные методы химической кинетики / Под. ред. Н.М. Эмануэля, М.Г. Кузьмина. — М.: Издательство Московского университета, 1985. — 385 с.
9. Уэндландт У. Термические методы анализа. — М.: Мир, 1978. — 526 с.
10. Шестак Я. Теория термического анализа. — М.: Мир, 1987. — 456 с.
11. Химия твердого состояния / Под. ред. В.Гарнера. — М.: Издательство иностранной литературы, 1961. — 545 с.
12. Гилевич М.П., Покровский И.И. Химия твердого тела. — Мн.: Университетское, 1985. — 192 с.
13. Александров Л.Н. Кинетика образования и структуры твердых слоев. — Новоси-бирск: Наука (Сибирское отделение), 1972. — 228 с.
14. Болдырев В.В. Реакционная способность твердых веществ (на примере реакций тер-мического разложения). — Новосибирск.: Издательство Сибирского отделения РАН, 1997. — 303 с.

**Дополнительная:**

1. Погорелов А.Г. Обратные задачи нестационарной химической кинетики. — М.: Наука, 1998. — 392 с.
2. Рябых С.М. Химия твердого тела. — Кемерово. Издательство КемГУ. 1980. — 90 с.
3. Киперман С.Л. Введение в кинетику гетерогенных каталитических реакций. — М.: Наука, 1964. — 605 с.
4. Захарьевский М.С. Кинетика химических реакций. — Ленинград: Изд-во ЛГУ, 1959. — 167 с.
5. Шмид Р., Сапунов В.Н. Неформальная кинетика. — М.: Мир, 1985. — 263 с.
6. Будников П.П., Гинстлинг А.М. Реакции в смесях твердых веществ. — М: Госстрой-издат, 1961. — 424 с.
7. Гетерогенные реакции и реакционная способность / Под. ред. М.М. Павлюченко, И.Г. Тищенко. — Мн.: Издательство «Высшая школа», 1964. — 300 с.
8. A collection of invited papers on celebration of Volume 200 of *Thermochimica Acta* // *Thermochimica Acta* / Ed. by W.W.Wendlandt. — 1993. — Vol. 200. — 498 p.
9. Кинетика и механизм реакций в твердой фазе // Сборник научных трудов. — Кемерово: изд-во Кемеровского госуниверситета, 1982. — 223 с.
10. Кинетика и механизм химических реакций в твердом теле // Шестое Всесоюзное Сочещание по кинетике и механизму химических реакций в твердом теле: Расширенные тезисы докладов. Минск 10-13 сентября 1975 г. — Минск, 1975. — 405 с.
11. Башкиров Л.А., Паньков В.В. Механизм и кинетика образования ферритов. — Мн.: Наука и техника, 1988. — 262 с.
12. Диффузия, сорбция и фазовые превращения в процессах восстановления металлов / Под. ред. Н.В. Агеева. — М.: Наука, 1981. — 227 с.
13. Фаст Дж.Д. Взаимодействие металлов с газами. — М.: Metallurgia, 1975. — 350 с.

14. Кофстад П. Высокотемпературное окисление металлов. — М.: Мир, 1969. — 392 с.
15. Криохимия / Под. ред. М. Московиц, Г. Озина. — М.: Мир, 1979. — 595 с.

## **ПЕРЕЧЕНЬ ЗАДАНИЙ УПРАВЛЯЕМОЙ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

Тема: Общая характеристика и кинетические параметры некоторых твердофазных реакций

*Задание 1.* Описать стадии (включая скорость лимитирующие) основных процессов в твердой фазе.

*Задание 2.* Описать процессы, лимитируемые стадиями зародышеобразования, диффузии.

*Задание 3.* Предложить принципиальную схему решения обратной кинетической задачи при данном типе зародышеобразования.

Перечень средств диагностики:

1. Письменный опрос.

## **ПЕРЕЧЕНЬ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ СРЕДСТВ ДИАГНОСТИКИ**

1. Устный опрос в форматах экспресс-опроса, а также вопрос-ответ.
2. Подготовка короткого доклада с презентацией по оригинальной работе предоставленной преподавателем.
3. Письменная контрольная работы по теме «Общая характеристика и кинетические параметры некоторых твердофазных реакций».
4. Устный зачет по дисциплине (специальность «Химия высоких энергий»), устный экзамен по дисциплине (специальность «Фундаментальная химия»)

## **ТЕМАТИКА ДОКЛАДОВ НА СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЯХ**

1. Сопоставление кинетических особенностей твердофазных реакций и реакций в газовой фазе.
2. Теоретические модели реакций в твердой фазе.
3. Исследование кинетики твердофазных реакций и комплексный термический анализ.
4. Планирование и постановка кинетического эксперимента в случае твердофазных реакций.
5. Применение основных алгоритмов кинетического анализа к исследованию твердофазных реакций (на примере модельных реакций: термического разложения моно-аммиаката бромид лития, сульфида меди (II), кристаллогидратов дитионатов магния, кальция, стронция и бария, а также дегидратации смешанных гидроксидов).

## **МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ ИТОГОВОЙ ОЦЕНКИ**

Итоговая оценка формируется на основе:

1. Правил проведения аттестации (постановление МО №53 от 29.05.2012 г.);
2. Положения о рейтинговой системе БГУ (редакция 2015 г.);
3. Критериев оценки студентов (10 баллов).