ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ХИМИИ ТВЕРДОГО ТЕЛА И МЕХАНОХИМИИ
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ИХТТМ СО РАН)

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИХТТМ СО РАН
д.х.н. _____ А.П. Немудрый
«25» июня 2018 г.

Рабочая программа дисциплины

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА И МЕХАНОХИМИЯ

основной образовательной программы высшего образования –
программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре

Направление подготовки:
04.06.01 Химические науки

Направленность (профиль) подготовки:
«Химия твердого тела»

Новосибирск 2018

Рабочая программа дисциплины «Физико-химическая механика и механохимия» составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки (уровень подготовки кадров высшей квалификации).

ФГОС ВО введен в действие приказом Минобрнауки России от 30.07.2014 N 869.

Программа утверждена на заседании Ученого совета ИХТТМ СО РАН, протокол № 6 от 25 июня 2018 г.

Программу разработал:

доцент ИХТТМ СО РАН, канд. хим. наук, доцент Политов А.А.

Ответственный за образовательную программу

д.х.н., профессор О.И. Ломовский

1. Цели и задачи дисциплины

Целью освоения дисциплины является получение аспирантами фундаментальных знаний в области физико-химической механики и механохимии, приобретение умения анализировать наблюдения и экспериментальные данные, которые связаны с механическим воздействием на твердые и жидкие тела.

Задачи дисциплины:

- ознакомление аспирантов с основами физико-химической механики, моделями упругого, вязкого и пластичного твердого тела, измельчением твердых тел, механохимическими реакциями, механической активацией, механохимической модификацией;
- формирование у аспирантов представлений о коллоидных системах и нанохимии, физических процессах при механической обработке твердых тел, механохимических реакциях, влиянии дефектов на протекание твердофазных реакций;
- ознакомление аспирантов с экспериментальными методами в механохимии твердых веществ.

Данный курс знакомит аспирантов с основами физико-химической механики, моделями упругого, вязкого и пластичного твердого тела, измельчением твердых тел, механохимическими реакциями, механической активацией, механохимической модификацией. Рассматриваются коллоидные системы и нанохимия, физические процессы при механической обработке твердых тел, механохимические реакции в неорганических системах, механохимические реакции полимеров, твердое + газ, твердое + жидкость, твердое + твердое, влияние дефектов на протекание твердофазных реакций, экспериментальные методы в механохимии твердых веществ, мельницы, активаторы и другие устройства, предназначенные для механической обработки твердых тел, суспензий, паст, эмульсий.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Физико-химическая механика и механохимия» относится к вариативной части Блока 1 основной образовательной программы аспирантуры по направлению подготовки 04.06.01 «Химические науки», реализуемой в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте химии твердого тела и механохимии Сибирского отделения Российской академии наук (ИХТТМ СО РАН).

Дисциплина «Физико-химическая механика и механохимия» является составной частью модуля «Химия твердого тела» и направлена на подготовку к сдаче кандидатского экзамена; обязательна для освоения в 1-й – 2-й годы обучения.

Результаты освоения дисциплины «Физико-химическая механика и механохимия» используются в следующих разделах программы аспирантуры:

- Научно-производственная практика.
- Научные исследования.
- Государственная итоговая аттестация.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине «Физико-химическая механика и механохимия»:

Код компе-тенции	Содержание компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
Универсальные компетенции		

УК-1	Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.	**Знать** основные фундаментальные явления и эффекты, современное состояние, теоретические работы и результаты экспериментальных исследований в области физико-химической механики и механохимии.
УК-3	Готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач.	**Уметь** анализировать опубликованные в научных изданиях материалы в области физико-химической механики и механохимии, в том числе на английском языке.
УК-5	Способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития.	**Уметь** выбирать методы исследования, модифицировать существующие и разрабатывать новые методы исходя из задач конкретного исследования по выбранной теме в области физико-химической механики и механохимии.
Общепрофессиональные компетенции		
ОПК-1	Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий.	**Знать** основные методы проведения физико-химических экспериментов в области физико-химической механики и механохимии.
ОПК-2	Готовность организовать работу исследовательского коллектива в области химии и смежных наук.	**Уметь** формулировать и ставить задачи, возникающие в ходе научно-исследовательской деятельности в области физико-химической механики и механохимии.
ОПК-3	Готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования.	**Знать** обучающий материал в области физико-химической механики и механохимии всесторонне и глубоко, чтобы использовать его в своей преподавательской деятельности.
Профессиональные компетенции		
ПК-1	Владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области химии твердого тела, владение культурой научного исследования в области химии твердого тела, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий.	**Владеть** основами физико-химических методов исследования в области физико-химической механики и механохимии.
ПК-2	Способность к разработке новых методов исследования и их	**Уметь** выбирать экспериментальные методы, необходимые для получения

	применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области химии твердого тела с учетом правил соблюдения авторских прав.	конкретной информации в области физико-химической механики и механохимии.
ПК-3	Способность к самостоятельной (в том числе руководящей) научно-исследовательской деятельности, требующей широкой фундаментальной подготовки в современных направлениях развития химии твердого тела, глубокой специализированной подготовки в выбранном направлении, владения навыками современных методов исследования.	**Владеть** навыками современных методов исследования в области физико-химической механики и механохимии.
ПК-4	Владение фундаментальными знаниями в основных разделах химии твердого тела, включая проблемы строения и реакционной способности твердых веществ, методы синтеза различных классов твердофазных соединений, методы исследования свойств твердофазных веществ и материалов; владение техникой экспериментальных исследований; умение использовать информационно-поисковые системы в области химии твердого тела.	**Знать** основы физико-химической механики; механизмы разрушения и измельчения твердых тел разной природы; процессы и явления, которые происходят в твердых и жидких телах при их механической обработке; основные механизмы химических превращений при механической обработке твердых тел.
ПК-5	Наличие опыта профессионального участия в научных дискуссиях, умение представлять полученные в исследованиях результаты в виде докладов, отчетов и научных публикаций в рецензируемых российских и международных изданиях.	**Владеть** навыками грамотной интерпретации процессов, происходящих при механической обработке твердых и жидких тел.

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

Объем дисциплины составляет 3 зачетные единицы, всего108 академических часов, из которых 48 часов составляет контактная работа аспиранта с преподавателем (36 часов - занятия лекционного типа, включая мероприятия текущего контроля успеваемости, 10 часов - групповые консультации, 2 часа - мероприятия промежуточной аттестации), 60 часов составляет самостоятельная работа аспиранта.

4.1. Объем и структура дисциплины:

Таблица 4.1

Показатель объема дисциплины и вид деятельности		Семестр
		2
	Объем дисциплины в зачетных единицах	3
	Объем дисциплины в часах	108
	Всего занятий в контактной форме, час	48
	Лекции, час.	36
	Аттестация, час	2
	Консультации, час.	10
	Самостоятельная работа, час.	60
	Вид аттестации	Дифференцированный зачет

4.2. Содержание дисциплины:

Таблица 4.2

Наименование разделов (тем) дисциплины	Количество часов				Контроль
	Лекции	**Сам. работа**	**Консульт.**	**Экзамен**	
Механохимическая реакция, механическая активация, механохимическая модификация. Особенности механохимических превращений. Основы коллоидной химии, физико-химические явления на поверхности порошков. Золи и гели. Пленки и пасты.	8	14	2		Опрос по ходу лекций
Основы физико-химической механики. Ньютоновские, неньютоновские, бингамовские и дилатантные жидкости. Модели, описывающие эти жидкости. Измельчение твердых тел.	8	14	2		Опрос по ходу лекций
Физико-химические явления при деформации твердых и жидких тел. Импульс температур и давлений, массоперенос, эмиссия явления.	10	16	2		Опрос по ходу лекций
Механизмы механохимических реакций в ковалентных и ионных твердых телах, в молекулярных соединениях и в металлических системах. Примеры механохимических реакций.	10	16	2		Опрос по ходу лекций
			2	2	**Диф. зачет**
Итого	**36**	**60**	**10**	**2**	**72 часа**

Рабочий план.

Лекции
Механохимическая реакция, механическая активация, механохимическая модификация. Особенности механохимических превращений. Типы дисперсных систем.
Капиллярные явления, описание поверхностного слоя, пены, детергенты, пленки.
Когезия, адгезия, смачивание, адсорбция.

Двойной электрический слой, устойчивость коллоидных систем.
Физико-химическая механика. Единый подход к описанию твердых и жидких тел. Модели Максвелла и Кельвина.
Реологические свойства ньютоновских, неньтоновских, бингамовских, дилатантных и псевдопластичеких жидкостей.
Развитие деформации во времени для различных механических моделей, описывающих твердые и жидкие тела. Динамика развития деформации.
Измельчение твердых тел. Кривая σ–ε для твердых тел. Хрупкое и вязкое разрушение.
Эффект Ребиндера. Роль поверхностно-активных веществ в деформации и разрушении твердых тел и диспергировании жидкостей.
Физические процессы при механической обработке твердых тел. Эмиссионные явления.
Классические эксперименты, выполненные при механической обработке твердых и жидких тел и в механохимии.
Модели, описывающие процессы при механической обработке твердых и жидких тел. Ультразвуковая обработка и кавитация.
Механохимические процессы реакции в неорганических системах.
Механохимические процессы и реакции в полимерах.
Механохимические процессы и реакции в ковалентных кристаллах и стеклах.
Механохимические процессы и реакции в системе твердое + жидкость. Реакции при ультразвуковом воздействии.
Механохимические процессы и реакции в металлических системах. Механическое сплавление, механические сплавы.
Мельницы, активаторы и другие устройства для механической обработки твердых тел, паст, суспензий и эмульсий.

Программа курса лекций.

I. Механохимия и элементы коллоидной химии

Введение. Механохимическая реакция, механическая активация, механохимическая модификация. Особенности механохимических превращений и «парадоксы» механохмических реакций. Типы дисперсных систем и классификация дисперсных систем по размеру частиц. Коллоидные системы и нанохимия. Предмет и объекты коллоидной химии. Суспензии, эмульсии, пасты.

Уравнение Лапласа и капиллярные эффекты. Уравнение Томсона (Кельвина), пересыщение и зародышеобразование. Поверхностная энергия и ее связь с энергией сублимации (уравнение Стефана). Методы термодинамического описания поверхностно слоя. Уравнение адсорбции Гиббса. Понятие о детергентах, пенах, смазках, пленках.

Когезия и адгезия. Смачивание и уравнение Юнга. Уравнение адсорбции Лэнгмюра и уравнение адсорбции Брунауэра, Эммета, Теллера (БЭТ). Определение удельной поверхности твердых тел методом адсорбции газов и красителей из растворов.

Двойной электрический слой, правило Фаянса-Панета и правило Кёна. Строение двойного электрического слоя, ζ - потенциал. Теория Дерягина-Ландау-Фервея-Овербека (ДЛФО) и взаимодействие коллоидных частиц по теории ДЛФО. Устойчивость коллоидных систем и коагуляция. Структурированные коллоидные системы и тиксотропия.

II. Физико-химическая механика и измельчение твердых тел

Физико-химическая механика. Единый подход к описанию механического воздействия на твердые и жидкие тела. Модели упругого, вязкого и пластичного твердого тела. Модель Максвелла и время релаксация механических напряжений. Модель Кельвина и время релаксации деформации твердообразных тел. Модели описания механического поведения жидкостей и твердых тел.

Реологические кривые ньютоновских, неньтоновских, бингамовских, делатантных и псевдопластичеких жидкостей. Особенности их поведения при перемешивании. Выделение тепла при течении жидкостей. Вязкость флюидов и ее экспериментальное определение.

Развитие деформации во времени для различных механических моделей, описывающих твердые и жидкие тела. Модели Максвелла, Кельвина, Бингама, Бюргера. Кинетика развития деформации. Псевдопластические жидкости и жидкости с памятью. Модели, объясняющие псевдопластическое поведение жидкостей.

Измельчение твердых тел. Кривая $\sigma-\varepsilon$ для твердых тел. Хрупкое разрушение и критерий разрушения Гриффитса. Дислокационные механизмы разрушения. Вязкое (пластическое) разрушение твердых тел. Вязко-хрупкий переход разрушения. Закон хрупкого измельчения Кирпичева – Кика. Измельчение с учетом пластической деформации и трения. Агрегация и дезагрегация при измельчении. Равновесие Хюттига.

Эффект Ребиндера и его объяснение. Роль поверхностно-активных веществ в деформации и разрушении твердых тел и диспергировании жидкостей. Самопроизвольное диспергирование. Получение наноразмерных частиц физическими и химическими методами. Влияние дисперсности на температуру плавления и др. физические свойства.

III. Физические процессы при механической обработке твердых тел

Упругая и пластическая деформация. Разрушение (образование поверхности, оборванные связи). Локальное повышение температуры и давления. Массоперенос между твердыми телами, внедрение примесей, аморфизация. Статическая электризация, электростатические разряды. Эмиссия электронов, фотонов и компонентов решетки.

Эксперименты, подтверждающие увеличение температуры при хрупком разрушении, пластической деформации и трении. Эксперименты, подтверждающие локальное повышение давления при механической обработке твердых тел. Эксперименты, позволяющие исследовать влияние высоких давлений на электронные свойства и структуру твердых тел.

Модель «магма – плазма» Тиссена. Модель “hot spot” Боудена - Тейбора. Численная оценка повышения температуры при соударении твердых тел в приближении модели Герца. Дислокационные механизмы повышения температуры.

IV. Механохимические реакции в различных системах

Механохимические реакции в неорганических системах на примере механохимических превращений в нитратах, оксалатах, персульфате калия, оксиде цинка и др. Роль кинетических факторов в механохимических реакциях. Роль электронных процессов в механохимических реакциях и влияние донорно–акцепторных добавок на механохимические превращения.

Механохимические реакции полимеров. Влияние упругих напряжений на долговечность полимеров и скорость их деструкции (уравнение Журкова). Автоионизационный механизм разрыва связи (модель Закревского). Фононный механизм разрыва связи в полимерах при их механической обработке. Механохимические превращения в экструдерах.

Механохимические реакции в ковалентных твердых телах и теория короткоживущих активных центров (модель Шёна - Бутягина). Механохимические реакции твердое + газ на примере кварца. Энергетический выход механохимических реакций. Доза подведенной механической энергии как характеристика мельниц.

Время жизни возбужденных активных состояний, возникающих при механической обработке твердых тел. Влияние дефектов на протекание твердофазных реакций. Механохимические реакции и механическая активация твердых тел, сходство и различие.

Механическое сплавление металлов и механические сплавы. Реакции твердое + твердое на примере медь + серебро, алюминий + углерод и др. Металлические клеи.

Керамический синтез.

Механохимические реакции твердое + жидкость. Карбидизация железа при его механической обработке в жидких органических средах. Ультразвуковой метод инициирования химических реакций. Аналогия механохимических процессов и процессов, протекающих при ультразвуковой обработке суспензий.

Мельницы, активаторы и другие устройства, предназначенные для механической обработки твердых тел, суспензий, паст, эмульсий. Активаторы со свободным и стесненным ударом. Мельницы и активаторы для механической обработки полимеров, минерального сырья. Выбор активатора для проведения механохимических превращений в различных твердых телах.

5. Самостоятельная работа обучающихся.

Таблица 5.1

Виды работ	***Количество часов***
Работа с конспектами лекций; изучение обязательной и дополнительной литературы; подготовка к текущему и промежуточному контролю знаний.	60

6. Образовательные технологии.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса:

- Лекции;
- Демонстрационные опыты;
- Разбор и обсуждение оригинальных статей на русском и английском языках;
- Самостоятельная работа аспиранта.

Лекции – это основная форма обучения. Часть каждой лекции проводится в интерактивной форме, что позволяет осуществлять постоянный контроль за качеством усвоения лекционного материала и успеваемостью аспирантов.

Демонстрационные опыты – вспомогательная форма обучения. Такие опыты, как демонстрация зависимости механизма разрушения от времени механической релаксации – времени Максвелловской релаксации («глупая резинка»), деформации дилатантных жидкостей (песчаный «бронежилет»), влияния природы материала трущихся тел на температуру в зоне трения (материалы - полимер, металл или стекло), различия в истечении неньютоновских и ньютоновских жидкостей и другие эксперименты позволяют лучше запоминать лекционный материал, расширяют кругозор аспиранта и способствуют пониманию специфики изучаемой дисциплины.

Разбор и обсуждение оригинальных статей на русском и английском языках по лекционному курсу проводится в течение семестра индивидуально с каждым аспирантом. Выбирается одна классическая статья, в которой изложены важные результаты, излагаемые в лекциях и оказавшие большое влияние на развитие физико-химической механики или механохимии. Вторая статья - написанная в последние годы и отражающая современные взгляды на механохимию. Как правило, одна статья на русском, другая - на английском языке. Приветствуются статьи, принесенные аспирантами, которые относятся, с одной стороны, к лекционному материалу, а с другой - к диссертационной работе.

7. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

7.1. Формы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

Текущий контроль осуществляется на лекциях в форме устного контрольного опроса. Цель устного контрольного опроса - оценка самостоятельной работы аспирантов по вопросам тем теоретического содержания.

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в виде дифференцированного зачета. Дифференцированный зачет оценивается по пятибалльной шкале. Дифференцированный зачет проходит в устной форме по билетам. Вопросы к зачету отражают основные темы курса. В каждом билете по три вопроса. Третий вопрос – 2 статьи по теме курса на русском и английском языках. Перед зачетом проводится консультация. Программа курса и список литературы доступны на сайте www.solid.nsc.ru.

7.2. Критерии оценивания.

Таблица 7.2

Оценка	Критерии оценки
Отлично	Аспирант строит ответ логично в соответствии с планом, обнаруживает глубокое знание теоретических вопросов. Уверенно отвечает на дополнительные вопросы. При ответе грамотно использует научную лексику.
Хорошо	Аспирант строит ответ в соответствии с планом, обнаруживает хорошее знание теоретических вопросов. Ответ содержит ряд несущественных неточностей. Наблюдается некоторая неуверенность или неточность при ответе на дополнительные вопросы. Речь грамотная с использованием научной лексики.
Удовлетворительно	Ответ аспиранта недостаточно логически выстроен, обнаруживается слабость в развернутом раскрытии теоретических вопросов, хотя основные понятия раскрываются правильно. Наблюдается сильная степень неуверенности при ответе на дополнительные вопросы. Научная лексика используется ограниченно.
Неудовлетворительно	Аспирант не может раскрыть содержание основных понятий и теорий. Проявляет стремление подменить научное обоснование проблемы рассуждением бытового плана. Ответ содержит ряд серьезных неточностей. Преобладает бытовая лексика. Аспирант не способен выполнить практическое задание.

7.3. Контролирующие материалы.

Билеты к дифференцированному зачету по курсу
«Физико-химическая механика и механохимия»

Билет № 1.

1. Механохимическая реакция, механическая активация, механохимическая модификация. Особенности механохимических превращений и примеры «парадоксальных» механохимических реакций.

2. Модель «магма – плазма» Тиссена. Модель “hot spot” Боудена - Тейбора. Численная оценка повышения температуры при соударении твердых тел в приближении

модели Герца. Дислокационные механизмы повышения температуры.

Билет № 2.

1. Типы дисперсных систем и классификация дисперсных систем по размеру частиц. Коллоидные системы и нанохимия. Предмет и объекты коллоидной химии. Суспензии, эмульсии, пасты.

2. Измельчение с учетом пластической деформации и трения. Агрегация и дезагрегация при измельчении. Равновесие Хюттига. Эффект Ребиндера и его объяснение. Роль поверхностно-активных веществ в деформации и разрушении твердых тел и диспергировании жидкостей.

Билет № 3.

1. Уравнение Лапласа и капиллярные эффекты. Уравнение Томсона (Кельвина), пересыщение и зародышеобразование.

2. Реологические кривые для ньютоновских, неньтоновских, бингамовских, делатантных и псевдопластичеких жидкостей. Особенности их поведения при перемешивании. Выделение тепла при течении жидкостей

Билет № 4.

1. Поверхностная энергия и ее связь с энергией сублимации (уравнение Стефана).

Методы термодинамического описания поверхностно слоя Гиббса. Понятие о детергентах, пенах, смазках, пленках. Пленки Лэнгмюра – Блоджетт.

2. Роль кинетических факторов в механохимических реакциях. Роль электронных процессов в механохимических реакциях и влияние донорно – акцепторных добавок на механохимические превращения

Билет № 5.

1. Когезия и адгезия. Смачивание и уравнение Юнга. Уравнение адсорбции Лэнгмюра и уравнение адсорбции Брунауэра, Эммета, Теллера (БЭТ). Определение удельной поверхности твердых тел методом низкотемпературной адсорбции (десорбции) газов.

2. Измельчение твердых тел. Кривая $\sigma-\varepsilon$ для твердых тел. Хрупкое разрушение и критерий разрушения Гриффитса. Дислокационные механизмы разрушения. Вязкое (пластическое) разрушение твердых тел. Вязко-хрупкий переход разрушения. Закон хрупкого измельчения Кирпичева – Кика

Билет № 6.

1. Двойной электрический слой, Строение двойного электрического слоя, ζ - потенциал. Теория Дерягина-Ландау-Фервея-Овербека (ДЛФО). Устойчивость коллоидных систем и коагуляция.

2. Влияние упругих напряжений на долговечность полимеров и скорость их деструкции (уравнение Журкова). Механохимические превращения в полимерах. Механохимические превращения в экструдерах.

Билет № 7.

1. Физико-химическая механика и единый подход к описанию механического воздействия на твердые и жидкие тела. Модели упругого, вязкого и пластичного твердого тела. Модель Максвелла и время релаксация механических напряжений.

2. Автоионизационный механизм разрыва связи (модель Закревского). Фононный механизм разрыва связи в полимерах при их механической обработке.

Билет № 8.

1. Реологические кривые ньютоновских, неньтоновских, бингамовских, делатантных и псевдопластичеких жидкостей. Особенности их поведения при перемешивании. Уравнение Ньютона для течения жидкостей. Выделение тепла при течении жидкостей.

2. Модель Кельвина и время релаксации деформации твердообразных тел. Модели описания механического поведения жидкостей и твердых тел.

Билет № 9.

1. Развитие деформации во времени для различных механических моделей, описывающих твердые и жидкие тела. Модели Максвелла, Кельвина, Бингама, Бюргера. Кинетика развития деформации. Псевдопластические жидкости и жидкости с памятью.

2. Физические процессы при механической обработке твердых тел. Упругая и пластическая деформация. Разрушение (образование поверхности, оборванные связи). Локальное повышение температуры и давления.

Билет № 10.

1. Уравнение адсорбции Гиббса. Определение удельной поверхности методом сорбции красителей из раствора. Поверхностно-активные и поверхностно-инактивные вещества.

2. Механохимические реакции в ковалентных твердых телах и теория короткоживущих активных центров (модель Шёна - Бутягина). Механохимические реакции твердое + газ (на примере кварца, карбида кремния, кремния).

Билет № 11.

1. Самопроизвольное диспергирование. Получение наноразмерных частиц физическими и химическими методами. Влияние дисперсности на температуру плавления.

2. Энергетический выход механохимических реакций как характеристика механохимических процессов. Доза подведенной и механической энергии мощность дозы.

Билет № 12.

1. Массоперенос между твердыми телами, внедрение примесей, аморфизация. Статическая электризация, электростатические разряды. Эмиссия электронов, фотонов и компонентов решетки.

2. Дефекты, возникающие при механической обработке твердых тел. Время жизни возбужденных активных состояний и неравновесных дефектов. Механохимические реакции и механическая активация твердых тел, сходство и различие. Влияние дефектов на протекание твердофазных реакций.

Билет № 13.

1. Роль электронных процессов в механохимических реакциях и влияние донорно – акцепторных добавок на механохимические превращения. Радиационные, термические и механические ряды устойчивости солей.

2. Физико-химические процессы при ультразвуковой обработке жидких сред и суспензий. Кавитация. Энергетический выход химических реакций при обработке ультразвуком.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Основная литература:

1. Щукин Е.Д., Перцев А.В., Амелина Е.А. *Коллоидная химия.* М.: Высшая школа. 2004. (http://www.studmed.ru/download/schukin-ed-percov-av-amelina-ea-kolloidnaya-himiya_caa496d5c9b.html)
2. Шрамм Г. *Основы практической реологии и реометрии.* М.: Колосс, 2003 (https://b-ok.cc/book/570110/4af47b) .
3. Сергеев Г.Б. *Нанохимия.* М.: Университет, 2007 (https://b-ok.cc/book/2079321/0d8181)
4. Аввакумов Е.Г. *Механические методы активации химических процессов.* Новосибирск: Наука, 1984 (https://b-ok.cc/book/2388826/de159c)

8.2. Дополнительная литература:

1. Фридрихсберг Д.А. *Курс коллоидной химии.* Л.: Химия, 1974.
2. Воюцкий С.С. *Курс коллоидной химии.* М.: Высшая школа, 1978.
3. Круглицкий Н.Н. *Основы физико-химической механики.* Т. 1 - 3. Киев: Вища школа, 1975.

4. Адамсон А. *Физическая химия поверхностей.* М.: Мир, 1979.
5. Каргин В.А., Слонимский Г.Л. *Краткие очерки по физикохимии полимеров.* М.: Химия. 1967.
6. Петров Ю.И. *Кластеры и малые частицы.* М.: Наука, 1986.
7. Ферри Дж. *Вязкоупругие свойства полимеров.* М.: Инлит, 1963.
8. Хайнике Г. *Трибохимия.* М.: Мир, 1987 (https://b-ok.cc/book/2338668/5590df) .
9. Барамбойм Н.К. Механохимия высокомолекулярных соединений. М.: Химия, 1978.
10. Ходаков Г. С. *Физика измельчения.* М.: Наука, 1972 (https://b-ok.cc/book/643056/2495cf) .
11. Регель В. Р., Слуцкер А.И., Томашевский Э.Е. *Кинетическая природа прочности твердых тел.* М.: Наука, 1974 (https://b-ok.cc/dl/2164679/952d48).
12. Боуден Ф.П., Тейбор Д. *Трение и смазка твердых тел.* М.: Машиностроение, 1968.
13. Болдырев В.В. *Экспериментальные методы в механохимии твердых неорганических веществ.* Новосибирск: Наука, 1983.
14. Болдырев В.В. *Реакционная способность твердых веществ.* Новосибирск: Наука. 1997.
15. Болдырев В.В. *О кинетических факторах, определяющих специфику механохимических процессов в неорганических системах* // Кинетика и катализ. – 1972. – Т. 13, вып. 6. – С. 1411 – 1421.
16. Болдырев В.В., Аввакумов Е.Г. *Механохимия неорганических веществ.* // Успехи химии. – 1971. – Т. XL. Вып. 10. – С. 1835 – 1856.
17. Бутягин П.Ю. *Разупорядочение структуры и механохимические реакции в твердых телах.* // Успехи химии. – 1984. – Т. LIII, вып. 11. – С. 1769 – 1789.
18. Зархин Л.С. и др. *Механодеструкция полимеров. Метод молекулярной динамики.* // Успехи химии. - 1989. Т. LVII, вып. 4 С. 644 – 662.
19. Стрелецкий А.Н. и др. *Кинетика механохимического синтеза карбида алюминия* // Коллоидный журнал. - 2006. - Т. 68, № 4, С 513 – 524.
20. Дубинская А.М. *Превращение органических веществ под действием механических напряжений.* // Успехи химии. – 1999. Т. – 68, вып. 8. – С. 708 – 724.
21. Butyagin P.Yu., Pavlychev I.K. *Determination of energy yield of mechanochemical reactions.* // Reactivity of solids. – 1986. – V. – 1. C. 361 – 372.
22. Закревский В.А., Пахотин В.А. *Автоионизационный механизм разрыва химических связей в макромолекулах.* // Высокомолекулярные соединения. – 1981. – Т. 23. - № 3. С. 658 – 662.
23. Радциг В.А., Политов А.А. *Парамагнитные центры в продуктах механической обработки персульфата калия* // Кинетика и катализ. 1985. – Т . XXVI, вып. 1. С. 42 – 50.
24. Gerasimov K.B., Boldyrev V.V. *On mechanism of new phase formation during mechanical alloying of Ag – Cu, Al – Ge, Fe – Sn.* // Material Research Bulletin. – 1996. – V. 32, No 10. – P. 1297 – 1305. https://doi.org/10.1016/0025-5408(96)00114-6
25. Yong-Soon Kwon, JI-Soon Kim, Dong-Wook Choi, K.B. Gerasimov, S.S. Avramchuk. *Mechanically driven decomposition of intermetallics.* // J. Mater. Science. – 2004. – V. 39. P. 5233 – 5216.
26. Suryanarayana C. *Mechanical alloying and milling.* // Progress in Materials Science. - 2001. V. – 46. - P 1 – 184. https://doi.org/10.1016/S0079-6425(99)00010-9
27. Прут Э.В., Зеленецкий А.Н. *Химическая модификация и смешение полимеров в экструдере-реакторе.* // Успехи химии. - 2001. - Т. 70. - С. 72 - 87.

8.3. Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

1. MS Windows 7.
2. Офисный пакет LibreOffice.
3. Антивирусная программа Dr.Web.

4. Программа просмотра файлов PDF Acrobat Reader.
5. Интернет–браузеры Mozilla Firefox, Google Chrome, Opera.

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

- Научная электронная библиотека elibrary.ru (http://elibrary.ru);
- Реферативно-библиографическая и наукометрическая (библиометрическая) база данных Web of Science http://apps.webofknowledge.com/UA_GeneralSearch_input.do?product=UA&search_mode=GeneralSearch&SID=N1ueGpOv8ndHm2xXVE2&preferencesSaved=
- Реферативно-библиографическая и наукометрическая (библиометрическая) база данных Scopus https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic
- SCIRUS - бесплатная поисковая система издательства Elsevier, ориентированная на поиск научной информации (www.scirus.com);
- Полнотекстовая база данных ScienceDirect – ведущая информационная платформа Elsevier для ученых, преподавателей, студентов (https://www.sciencedirect.com);
- Google Scholar – полнотекстовый поиск в научных источниках – журналах, тезисах, книгах (https://scholar.google.ru);
- DOAJ – Directory of Open Access Journal – каталог журналов открытого доступа (www.doaj.org);
- Электронные ресурсы удаленного доступа ГПНТБ России http://www.gpntb.ru/elektronnye-resursy-udalennogo-dostupa.html
- Электронные каталоги и базы данных ГПНТБ СО РАН http://webirbis.spsl.nsc.ru/irbis64r_01/cgi/cgiirbis_64.exe?C21COM=F&I21DBN=CAT&P21DBN=CAT
- Электронная библиотека ГПНТБ СО РАН http://www.spsl.nsc.ru/win/nelbib/index-new1.html.
- Электронные ресурсы НГУ http://fen.nsu.ru/posob/htt/xtt_reactivity_1.pdf

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

- Ноутбук, медиа-проектор, экран.
- Доска и набор цветных фломастеров.
- Программное обеспечение для демонстрации слайд-презентаций.
- Лабораторное оборудование для демонстрационных экспериментов.

10. Язык преподавания.

Дисциплина преподается на русском языке.