

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д. И. Менделеева»



«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебной работе

С.Н. Филатов

25 » 05 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Методы механохимии»

Направление подготовки 28.04.03 Наноматериалы

Магистерская программа «Химическая технология наноматериалов»

Квалификация «магистр»

РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО

На заседании Методической комиссии

Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

« 25 » мая 2021 г.

Председатель  Н.А. Макаров

Москва 2021

Программа составлена:

Старшим преподавателем кафедры наноматериалов и нанотехнологии Шарапаевым А.И.
и. о. заведующего кафедрой наноматериалов и нанотехнологии, проф., д.х.н. Королевой
М.Ю.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры наноматериалов и
нанотехнологии «28» апреля 2021 г., протокол №11.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **28.04.03 «Наноматериалы»**, рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой наноматериалов и нанотехнологии РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Дисциплина «Методы механохимии» относится к блоку обязательных дисциплин учебного плана, части определяемой участниками образовательных отношений. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области наноматериалов и нанотехнологий.

Цель дисциплины – приобретение студентами знаний о механохимических методах получения наноматериалов, механизмах механохимических реакции, о перспективных областях применения механохимических методов.

Задачи дисциплины – ознакомление студентов с механохимическими методами синтеза наночастиц и наноматериалов, с физико-химическими свойствами наноматериалов, получаемых с применением механохимических методов.

Дисциплина «Методы механохимии» преподается в 1 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Универсальных компетенций и индикаторов их достижения:

Наименование категории (группы) УК	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК
Системное и критическое мышление	УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий	УК-1.1. Осуществляет выбор информационных ресурсов для поиска информации в соответствии с поставленной учебной задачей.

Профессиональных компетенций и индикаторов их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский				
<p>– проведение самостоятельных научно-исследовательских работ в области нанотехнологий, требующих широкой фундаментальной междисциплинарной подготовки и владения навыками современных экспериментальных методов;</p> <p>– выработка новых теоретических подходов и принципов дизайна наносистем и наноматериалов с заданными свойствами;</p> <p>– разработка новых высокоэффективных методов создания современных</p>	<p>– основные типы наноматериалов: различной размерности (0, 1, 2, 3-мерные, фрактальные кластеры), природы (неорганические, органические, смешанные); агрегатного состояния (жидкие, твердые, смешанного типа (гели, суспензии и пр.));</p> <p>– все виды исследовательского, контрольного, аналитического и испытательного оборудования для изучения структуры и свойств наноматериалов;</p> <p>– компьютерное программное</p>	<p>ПК-2 Способен осуществлять разработку и корректировку технологических процессов получения наноструктурированных материалов</p>	<p>ПК-2.1 Знает методы получения наноструктурированных материалов</p> <p>ПК-2.2 Умеет проводить эксперимент по заданным методикам, обрабатывать и анализировать их результаты</p> <p>ПК-2.3 Владеет навыками формирования методик получения новых наноструктурированных материалов</p>	<p>Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки.</p> <p>Профессиональный стандарт «26.006 Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «8» сентября 2015 г. № 604н С Организация аналитического контроля этапов разработки наноструктурированных композиционных материалов с заданными свойствами (уровень квалификации – 7) D Управление методами и средствами</p>

<p>наносистем и наноматериалов; – способность к составлению методических документов при проведении научно-исследовательских и лабораторных работ; – участие в экспериментальной и технико-проектной оптимизации существующих наукоемких методик создания наносистем и наноматериалов для успешной конкуренции на рынке идей и технологий.</p>	<p>обеспечение для обработки экспериментальных данных по исследованию наноматериалов и наносистем; – отчеты по научной работе, научные публикации в российских и зарубежных изданиях; – аналитические обзоры в области производства и исследования наноматериалов.</p>			<p>проведения исследований и разработок наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 7) Профессиональный стандарт «40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «4» марта 2014 г. № 121н. В Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при исследовании самостоятельных тем (уровень квалификации – 7)</p>
---	--	--	--	---

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

Знать:

- классификацию методов механохимического получения наноматериалов, физико-химические основы механохимии;
- устройство и принцип работы основных приборов, используемых в механохимическом синтезе.

Уметь:

- корректно рассчитывать физико-химические (кинетические и термодинамические) параметры проведения механохимических процессов
- формулировать технические требования к проведению механохимического синтеза и получаемым продуктам.

Владеть:

- принципами проведения эксперимента и стандартными методиками механохимического получения наноматериалов;
- методами работы с научной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам механохимического получения наноматериалов

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	3	108	81
Контактная работа – аудиторные занятия:	0,94	34	25
в том числе в форме практической подготовки	0,22	8	6
Лекции	0,47	17	12
Практические занятия (ПЗ)	0,25	9	7
Лабораторные работы (ЛР)	0,22	8	6
в том числе в форме практической подготовки	0,22	8	6
Самостоятельная работа	2,06	74	56
Контактная самостоятельная работа	2,06	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		73,6	55,7
Вид контроля:	Зачет с оценкой		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов						
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг.	Лекции	Прак. зан.	Лаб. работы	в т.ч. в форме пр. подг.	Сам. работа
1.	Раздел 1. Механохимия и нанотехнология.	55	2	9	4	4	2	38
1.1	Механохимия твердого тела История механохимии.	12	-	2	-	-	-	10
1.2	Механическая активация. Теории и модели в механохимии. Термодинамика механохимии. Кинетика механохимических реакций.	17	-	3	-	-	-	14
1.3	Основные факторы, влияющие на эффективность механоактивации. Технологические аспекты механоактивации. Потребление энергии при механоактивации. Загрязнения при механоактивации. Температурные воздействия. Агломерация и агрегация. Оборудование для механоактивации.	16	2	4	4	4	2	14
2.	Раздел 2. Методы анализа наноматериалов в процессах механоактивации. Механохимическая переработка твердого тела. Механохимия в промышленности.	53	2	8	5	4	2	36
2.1	Методы анализа и идентификации наноматериалов в механохимии.	12	-	2	-	-	-	10

2.2	Механохимическая переработка твердого тела. Механохимическое восстановление. Механохимическая переработка твердого вещества в жидкости. Измельчение и выщелачивание, механохимическое выщелачивание.	17	-	3	2	-	-	12
2.3	Применения механохимии. Переработка полезных ископаемых. Добывающая металлургия. Химическая инженерия. Угольная промышленность. Строительная промышленность. Агрокультура. Фармацевтика. Переработка отходов.	24	2	3	3	4	2	14
	ИТОГО	108	6	17	9	8	6	74

4.2. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Механохимия и нанотехнология

Механохимия твердого тела. История механохимии.

Теории и модели в механохимии. Механическая активация. Термодинамика механохимии. Кинетика механохимических реакций.

Основные факторы, влияющие на эффективность механоактивации. Технологические аспекты механоактивации. Потребление энергии при механоактивации. Загрязнения при механоактивации. Температурные воздействия. Агломерация и агрегация. Оборудование для механоактивации. Вибрационные мельницы. Планетарные мельницы. Миксерные мельницы. Атриторы (шаровые мельницы).

Раздел 2. Методы анализа наноматериалов в процессах механоактивации. Механохимическая переработка твердого тела. Механохимия в промышленности.

Методы анализа и идентификации наноматериалов в механохимии. Инфракрасная спектроскопия. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия. Сканирующая электронная спектроскопия. Сканирующая туннельная спектроскопия. Атомно-силовая микроскопия. Трансмиссионная электронная микроскопия. Рентгеновская дифракция. Мессбауэровская спектроскопия. Электронный парамагнитный резонанс.

Механохимическая переработка твердого тела. Механохимическое восстановление. Механохимическая переработка твердого вещества в жидкости. Измельчение и выщелачивание, механохимическое выщелачивание.

Отдельные области применения механохимии. Переработка полезных ископаемых. Добывающая металлургия. Химическая инженерия. Угольная промышленность. Строительная промышленность. Агрокультура. Фармацевтика. Переработка отходов.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2
Знать:			
1	современные научные достижения и перспективные направления работ в области механохимии;	+	-
2	современные представления о механохимических процессах, протекающих при использовании наноматериалов;	+	+
3	механохимические способы управления свойствами наноматериалов, модификации наноматериалов;	+	+
Уметь:			
4	- корректно рассчитывать физико-химические (кинетические и термодинамические) параметры проведения механохимических процессов	+	+
5	- формулировать технические требования к проведению механохимического синтеза и получаемым продуктам.	+	+
Владеть:			
6	- принципами проведения эксперимента и стандартными методиками механохимического получения наноматериалов;	+	+
7	- методами работы с научной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам механохимического получения наноматериалов		
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие универсальные компетенции и индикаторы их достижения:			
	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения	
8	УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	- УК-1.1. Осуществляет выбор информационных ресурсов для поиска информации в соответствии с поставленной учебной задачей.	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:			
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения	
9	ПК-2 Способен осуществлять разработку и корректировку технологических процессов	ПК-2.1 Знает методы получения наноструктурированных материалов	+

10	получения наноструктурированных материалов	ПК-2.2 Умеет проводить эксперимент по заданным методикам, обрабатывать и анализировать их результаты	+	+
11		ПК-2.3 Владеет навыками формирования методик получения новых наноструктурированных материалов	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1	Расчет выбора шаров на размольный стакан и время измельчения в планетарном мельницы	4
2	2	Сухое и мокрое измельчение	2
3	2	Измельчение при высоких температурах и давлений	3

6.2. Лабораторные занятия

Лабораторные работы охватывают 2 раздела дисциплины. В практикум входит 2 работ, примерно по 4 ч на каждую работу. В зависимости от трудоемкости включенных в практикум работ их число может быть уменьшено. Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине «*Методы механохимии*», а также дает знания о приобретении навыков применения теоретических знаний в лабораторной работе.

Сдача лабораторной работы заключается в устном объяснении полученных результатов. Проводится контроль знаний, полученных при выполнении лабораторных работ. Максимальная оценка за первую и вторую лабораторную работу – по 10 баллов. Максимальная оценка - 20 баллов.

Примеры лабораторных работ и разделы, которые они охватывают

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Часы
1	1	Механохимический синтез наночастиц оксида железа	4
2	2	Механохимический синтез нанокompозитов оксида неодима-железа-бора	4

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Рабочей программой дисциплины «*Методы механохимии*» предусмотрена самостоятельная работа студента магистратуры в объеме 74 ч в 1 семестре. Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- участие в научном семинаре кафедры наноматериалов и нанотехнологии РХТУ им. Д.И. Менделеева;
- подготовку к сдаче зачета по дисциплине.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из

литературных источников, представленных в учебной программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Максимальная оценка – 40 баллов. Контрольная работа содержит 20 тестовых вопросов, по 2 баллов за каждый вопрос.

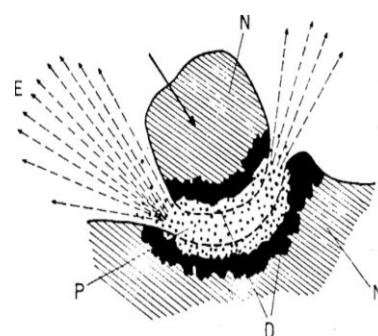
Вариант 1.

1. «Механохимия - это раздел химии, который занимается химическими и физико-химическими изменениями веществ всех состояний агрегации под воздействием механической энергии» кем основано вышеупомянутое определение?

А) В.Ф. Освальдом, Б) А.Л. Лавуазье В) Г.Х. Эрстедом, Г) М. Фарадеем

2. Приведенный ниже рисунок соответствует:

- А) Теорию горячих точек
- Б) Магма-плазменная модели
- В) Сферической модели
- Г) Триболюминесценция

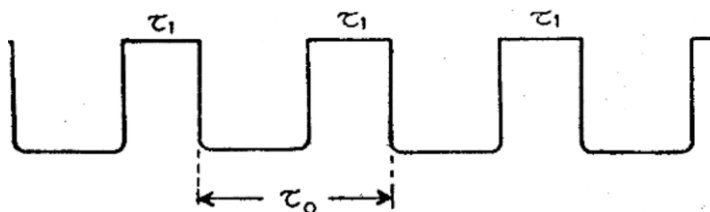


3. Механохимическая реакция между веществами протекает с образованием продуктов, если $\Delta G < 0$ энергия Гиббса оценивается как

- А) $\Delta G_{\text{реак}} = \Delta G_{\text{реак}}^{\circ} + RT \ln a_{AB} / (a_A a_B)$
- Б) $G_{\text{реак}} = \sum \Delta G_{\text{конечные продукты}} - \sum \Delta G_{\text{исходные продукты}}$
- В) $\Delta G = G_T^* - G_T$
- Г) $\Delta G = \Delta G_1^* + \Delta G_2^*$

4. Приведенный ниже рисунок соответствует:

- А) Теорию горячих точек
- Б) Магма-плазменная модели
- В) Сферической модели
- Г) Импульсной модели

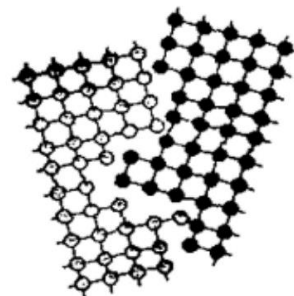


5. Укажите характерные особенности механохимических эффектов в кинетической модели?

- А) измельчение и помол
- Б) активация и дезактивация
- В) импульсное действие и локальный характер действия
- Г) возбуждения и расщепления связей

6. Приведенный ниже рисунок соответствует каким дефектам, возникающие при механической активации твердых?

- А) точечным
- Б) дислокацию
- В) границ зерна
- Г) аморфной области



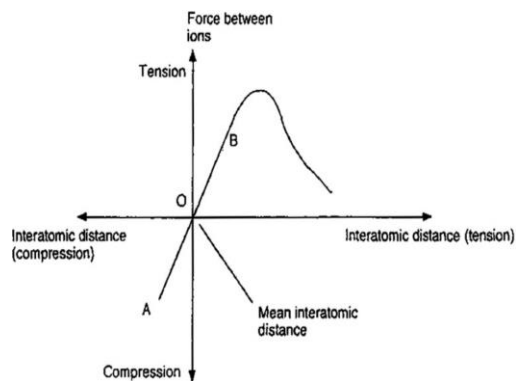
7. Каким уравнением может быть описан процесс формирования новой площади поверхности?

- А) $S_n = K_m \times S_n$
- Б) $S_n = K_m \times S_n (1 - \alpha)(1 - \varepsilon \alpha)$

$$B) S_n = K \left[t - \frac{1}{k} (1 - e^{-kt}) \right]$$

$$Г) S_n = S_{nm} (1 - e^{-kt})$$

8. Если кубическое твердое тело разбивается на более мелкие кубы, каждая из которых имеет $1/n$ стороны исходного куба, исходная длина края увеличивается ...
- A) n раз
 Б) n^2 раз
 В) n^3 раз
 Г) n^4 раз
9. Приведенный ниже рисунки участок за пределами точки В соответствует ...
- A) область пластической деформации
 Б) Модулю Юнга материала
 В) без изменения состояний
 Г) возбуждения и расщепления связей
10. Для возбуждения и расщепления связей, удельная энергия разрушения для металлов составляет ...
- A) 5 Джм⁻²
 Б) 50 Джм⁻²
 В) 500 Джм⁻²
 Г) 5000 Джм⁻²



8.2. Оценка лабораторных работ

Сдача лабораторной работы заключается в устном объяснении полученных результатов. Максимальная оценка за каждую лабораторную работу - 10 баллов.

8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (Зачет с оценкой)

Максимальное количество баллов за *зачет с оценкой* – 40 баллов. Билет для зачета с оценкой 20 тестовых вопросов. 1 вопрос – 2 балла.

Примеры тестовых вопросов

1. В чем основано модель теории горячих точек?
- A) это процесс переноса энергии, приводящий к выравниванию концентрации, реализующийся благодаря перемещениям (скачкам) отдельных частиц (атомов, молекул...) на расстояния большие по сравнению с межатомными,
 Б) при процессах трения в течение 10^{-4} – 10^{-3} с могут возникать температуры свыше 1000 К на поверхностях около 1 мкм² и что они представляют собой важную причину механически инициируемых реакций.
 В) большое количество энергии высвобождается в месте контакта сталкивающихся частиц. Эта энергия ответственна за формирование особого плазменного состояния, которое характеризуется испусканием довольно коротких временных фрагментов достаточно возбужденных фрагментов твердого вещества, электронов и фотонов,
 Г) что ударное напряжение сочетается с появлением разных видов. Это состояние ограничено очень маленькими пространствами и очень короткими временами и квалифицируется как трибоплазма
2. В случае, когда система находится в равновесии $\Delta G = 0$. При механохимической реакции $A_{твер} + B_{твер} = AB_{твер}$, энергия Гиббса оценивается как
- A) $\Delta G_{реак} = \Delta G_{реак}^0 + RT \ln a_{AB} / (a_A a_B)$
 Б) $G_{реак} = \Sigma \Delta G_{конечные продукты} - \Sigma \Delta G_{исходные продукты}$
 В) $\Delta G = G_T^* - G_T$
 Г) $\Delta G = \Delta G_1^* + \Delta G_2^*$

3. Кем впервые описано механохимическое восстановление в книге «О камнях или De Lapidibus», в котором дано предложение «родная киноварь натиралась уксусом в медной ступке с медным пестиком, дающим жидкий металл»?

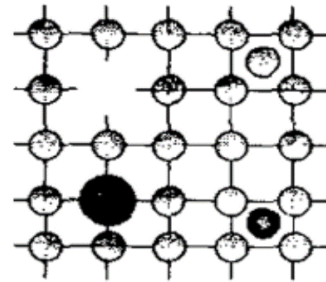
- А) Майкл Фарадей
- Б) Фрэнсис Бэкон
- В) Георгиус Агрикола
- Г) Теофраст Эрезский

4. Укажите характерные особенности механохимических эффектов в кинетической модели?

- А) импульсное действие и локальный характер действия
- Б) активация и дезактивация
- В) измельчение и помол
- Г) возбуждения и расщепления связей

5. Приведенный ниже рисунок соответствует каким дефектам, возникающие при механической активации твердых?

- А) аморфной области
- Б) дислокацию
- В) границ зерна
- Г) точечным



6. Скорость реакции в мельнице может быть оценена как

- А) $v = K_m x S_n (1 - \alpha)(1 - \varepsilon \alpha)$
- Б) $v = K_m x S_n$
- В) $S_n = S_{nm} (1 - e^{-kt})$
- Г) $v = K_m x S_{2nm}$

7. Если кубическое твердое тело разбивается на более мелкие кубы, каждая из которых имеет $1/n$ стороны исходного куба, удельная площадь поверхности увеличивается ...

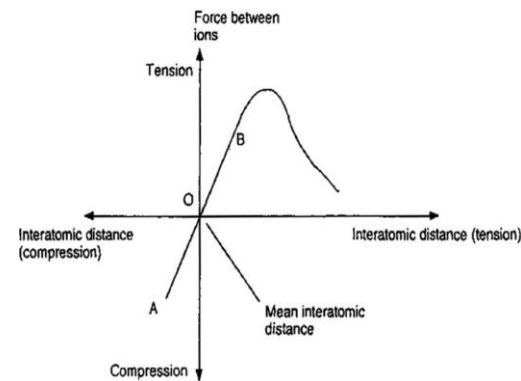
- А) n раз
- Б) n^2 раз
- В) n^3 раз
- Г) n^4 раз

8. Приведенный ниже рисунки АВ участок соответствует ...

- А) измельчение и помол
- Б) область пластической деформации
- В) Модулю Юнга материала
- Г) возбуждения и расщепления связей

9. Для возбуждения и расщепления связей, удельная энергия разрушения для хрупких твердых тел составляет ...

- А) 5 Джм⁻²
- Б) 50 Джм⁻²
- В) 500 Джм⁻²
- Г) 5000 Джм⁻²

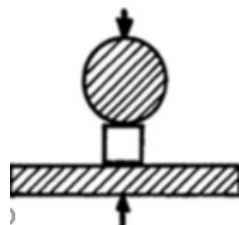


10. Укажите формулу Риттегера, необходимая энергия для уменьшения размера частиц.

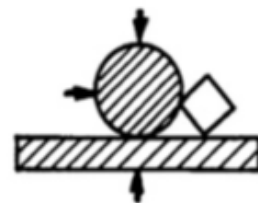
- А) $4E = C_B \left(\frac{1}{\sqrt{x_2}} - \frac{1}{\sqrt{x_1}} \right)$
- Б) $E = C_R \left(\frac{1}{x_2} - \frac{1}{x_1} \right)$
- В) $E = C_K \ln \left(\frac{x_1}{x_2} \right)$
- Г) $\frac{dE}{dx} = -C \frac{1}{x^2}$

11. Какой из основных типов напряжений в мельницах приведенный ниже рисунки?

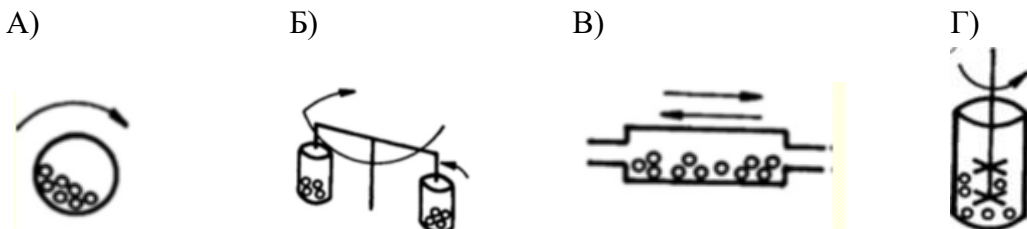
- А) сдвиг (истирание)
- Б) сжатие
- В) удар (удар)



- Г) удар (столкновение),
12. Какой из основных типов напряжений в мельницах приведенный ниже рисунки?
- А) сдвиг (истирание)
 Б) сжатие
 В) удар (удар)
 Г) удар (столкновение),



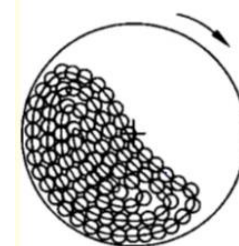
13. Укажите ниже приведенных рисунках эскиз шаровой мельницы.



14. Какой из основных типов напряжений проходит штифтовых мельницах
- А) сдвиг (истирание) Б) сжатие В) удар (удар) Г) удар (столкновение),

15. Укажите какой из типов движения в шаровых мельницах представлено ниже приведенной рисунки?

- А) каскадирование
 Б) падение или катаракта
 В) центробежное
 Г) Эксцентричное

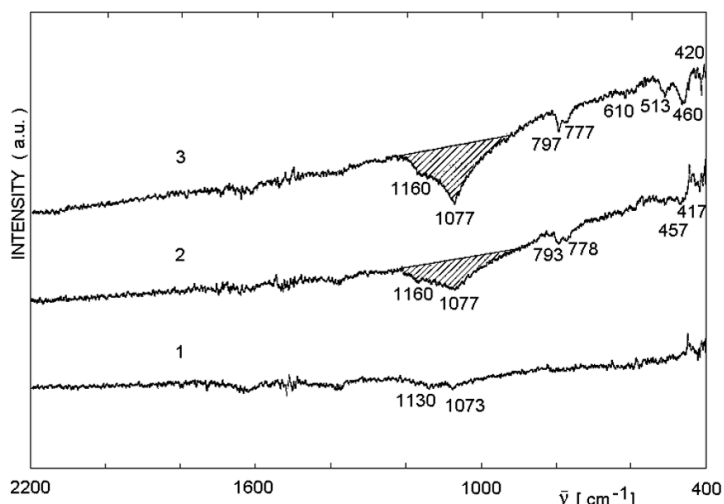


16. Как называется 12500 – 4000 cm^{-1} область ИК-спектроскопии?

- А) ближняя
 Б) средняя
 В) дальняя
 Г) мелькая

17. Ниже представленной ИК-спектра неактивированного сульфида свинца PbS содержит слабые полосы при 1130 и 1073 cm^{-1} , но началом механоактивации какая спектр фазы растет?

- А) PO_4^{3-}
 Б) NO_3^-
 В) CO_3^{2-}
 Г) SO_4^{2-}



18. Метод визуализации, при котором пучок электронов фокусируется на образце, в результате чего увеличенная версия появляется на флуоресцентном экране или слое фотопленки или может быть обнаружена камерой устройства с зарядовой парой (ПЗС).

- А) Привечающая электронная микроскопия
 Б) Сканирующая туннельная микроскопия
 В) Атомно силовая микроскопия
 Г) оптический микроскоп

19. Работа сканирующего туннельного микроскопа основана на:
- А) Дифракции рентгеновских лучей
 - Б) Эффекте туннелирования электронов через тонкий диэлектрический промежуток между проводящей поверхностью образца и сверхострой иглой
 - В) Просвечивании образца рентгеновскими лучами
 - Г) Просвечивании образца пучком электронов при ускоряющем напряжении 200-400 кВ
20. Что означает относящийся к созданию нанобъектов термин "Bottom up"?
- А) Диспергирование, уменьшение размера объекта
 - Б) Структурообразование, создание наноструктур из атомов и молекул
 - В) Создание наноструктурированного слоя на нижней поверхности объекта
 - Г) Создание наноструктурированного слоя осадительными методами

8.4. Структура и примеры билетов для итогового контроля (зачет с оценкой)

Зачет с оценкой по дисциплине «Методы механохимии» включает контрольные вопросы по всем разделам учебной программы дисциплины. Билет для зачета с оценкой состоит из 20 вопросов, относящихся к указанным разделам. Ответы на вопросы зачета с оценкой оцениваются из максимальной оценки 40 баллов по 2 балла за каждый вопрос.

Пример билета для зачета с оценкой:

«Утверждаю» Руководитель магистерской программы _____	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра наноматериалов и нанотехнологии
	28.04.03 «Наноматериалы»
	Магистерская программа – «Химическая технология наноматериалов»
	Методы механохимии
Билет № 1	
<p>1. В чем основано модель теории горячих точек?</p> <p>А) это процесс переноса энергии, приводящий к выравниванию концентрации, реализующийся благодаря перемещениям (скачкам) отдельных частиц (атомов, молекул...) на расстояния большие по сравнению с межатомными,</p> <p>Б) при процессах трения в течение 10^{-4}–10^{-3} с могут возникать температуры свыше 1000 К на поверхностях около 1 мкм^2 и что они представляют собой важную причину механически инициируемых реакций.</p> <p>В) большое количество энергии высвобождается в месте контакта сталкивающихся частиц. Эта энергия ответственна за формирование особого плазменного состояния, которое характеризуется испусканием довольно коротких временных фрагментов достаточно возбужденных фрагментов твердого вещества, электронов и фотонов,</p> <p>Г) что ударное напряжение сочетается с появлением разных видов. Это состояние ограничено очень маленькими пространствами и очень короткими временами и квалифицируется как трибоплазма</p> <p>2. В случае, когда система находится в равновесии $\Delta G = 0$. При механохимической реакции $A_{\text{твер}} + B_{\text{твер}} = AB_{\text{твер}}$, энергия Гиббса оценивается как</p> <p>А) $\Delta G_{\text{реак}} = \Delta G_{\text{реак}}^0 + RT \ln a_{AB} / (a_A a_B)$</p> <p>Б) $G_{\text{реак}} = \sum \Delta G_{\text{конечные продукты}} - \sum \Delta G_{\text{исходные продукты}}$</p> <p>В) $\Delta G = G_T^* - G_T$</p> <p>Г) $\Delta G = \Delta G_1^* + \Delta G_2^*$</p> <p>3. Кем впервые описан механохимическое восстановление в книге «О камнях или De Lapidibus», в котором дано предложение «родная киноварь натиралась уксусом в медной ступке с медным пестиком, дающим жидкий металл»?</p>	

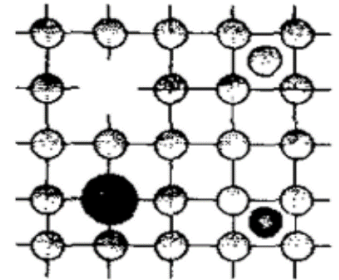
- А) Майкл Фарадей
- Б) Фрэнсис Бэкон
- В) Георгиус Агрикола
- Г) Феофраст Эрезский

4. Укажите характерные особенности механохимических эффектов в кинетической модели?

- А) импульсное действие и локальный характер действия
- Б) активация и дезактивация
- В) измельчение и помол
- Г) возбуждения и расщепления связей

5. Приведенный ниже рисунок соответствует каким дефектам, возникающие при механической активации твердых?

- А) аморфной области
- Б) дислокацию
- В) границ зерна
- Г) точечным



6. Скорость реакции в мельнице может быть оценена как

- А) $v = K_m \times S_n (1 - \alpha)(1 - \varepsilon \alpha)$
- Б) $v = K_m \times S_n$
- В) $S_n = S_{nm} (1 - e^{-kt})$
- Г) $v = K_m \times S_{2nm}$

7. Если кубическое твердое тело разбивается на более мелкие кубы, каждая из которых имеет 1/n стороны исходного куба, удельная площадь поверхности увеличивается ...

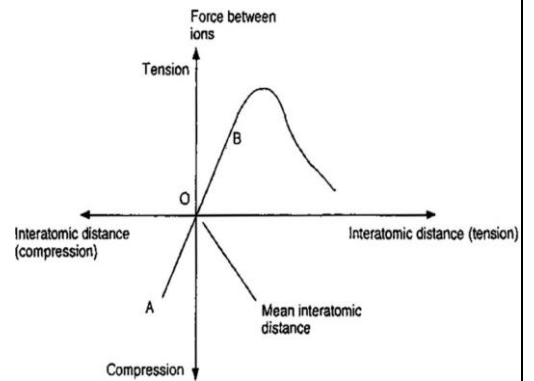
- А) n раз
- Б) n² раз
- В) n³ раз
- Г) n⁴ раз

8. Приведенный ниже рисунки АВ участок соответствует ...

- А) измельчение и помол
- Б) область пластической деформации
- В) Модулю Юнга материала
- Г) возбуждения и расщепления связей

9. Для возбуждения и расщепления связей, удельная энергия разрушения для хрупких твердых тел составляет ...

- А) 5 Джм⁻²
- Б) 50 Джм⁻²
- В) 500 Джм⁻²
- Г) 5000 Джм⁻²

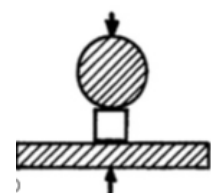


10. Укажите формулу Риттегера, необходимая энергия для уменьшения размера частиц.

- А) $4E = C_B (\frac{1}{\sqrt{x_2}} - \frac{1}{\sqrt{x_1}})$
- Б) $E = C_R (\frac{1}{x_2} - \frac{1}{x_1})$
- В) $E = C_K \ln(\frac{x_1}{x_2})$
- Г) $\frac{dE}{dx} = -C \frac{1}{x^n}$

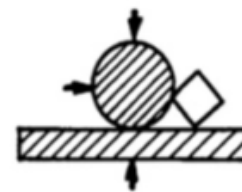
11. Какой из основных типов напряжений в мельницах приведенный ниже рисунки?

- А) сдвиг (истирание)
- Б) сжатие
- В) удар (удар)
- Г) удар (столкновение),



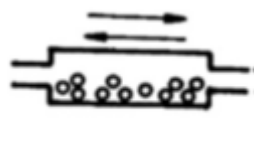
12. Какой из основных типов напряжений в мельницах приведенный ниже рисунки?

- А) сдвиг (истирание)
- Б) сжатие
- В) удар (удар)
- Г) удар (столкновение),



13. Укажите ниже приведенных рисунках эскиз шаровой мельницы.

- А)
- Б)
- В)
- Г)

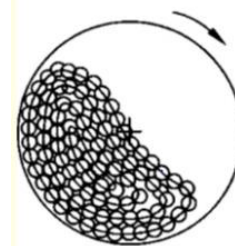


14. Какой из основных типов напряжений проходит штифтовых мельницах

- А) сдвиг (истирание)
- Б) сжатие
- В) удар (удар)
- Г) удар (столкновение),

15. Укажите какой из типов движения в шаровых мельницах представлено ниже приведенной рисунки?

- А) каскадирование
- Б) падение или катаракта
- В) центробежное
- Г) Эксцентричное

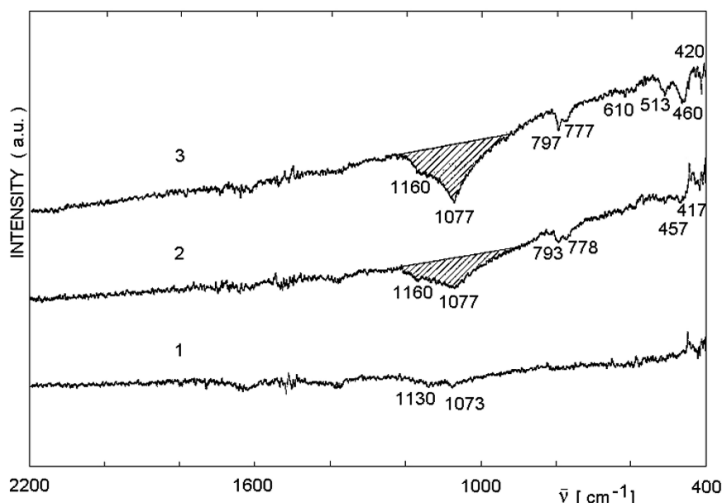


16. Как называется 12500 – 4000 cm^{-1} область ИК-спектроскопии?

- А) ближняя
- Б) средняя
- В) дальняя
- Г) мелькая

17. Ниже представленной ИК-спектра неактивированного сульфида свинца PbS содержит слабые полосы при 1130 и 1073 cm^{-1} , но началом механоактивации какая спектр фазы растет?

- А) PO_4^{3-}
- Б) NO_3^-
- В) CO_3^{2-} я
- Г) SO_4^{2-}



18. Метод визуализации, при котором пучок электронов фокусируется на образце, в результате чего увеличенная версия появляется на флуоресцентном экране или слое фотопленки или может быть обнаружена камерой устройства с зарядовой парой (ПЗС).

- А) Привечающая электронная микроскопия
- Б) Сканирующая туннельная микроскопия
- В) Атомно силовая микроскопия

- Г) оптический микроскоп
19. Работа сканирующего туннельного микроскопа основана на:
- А) Дифракции рентгеновских лучей
- Б) Эффекте туннелирования электронов через тонкий диэлектрический промежуток между проводящей поверхностью образца и сверхострой иглой
- В) Просвечивании образца рентгеновскими лучами
- Г) Просвечивании образца пучком электронов при ускоряющем напряжении 200-400 кВ
20. Что означает относящийся к созданию нанобъектов термин "Bottom up"?
- А) Диспергирование, уменьшение размера объекта
- Б) Структурообразование, создание наноструктур из атомов и молекул
- В) Создание наноструктурированного слоя на нижней поверхности объекта
- Г) Создание наноструктурированного слоя осадительными методами

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Юртов Е.В. Наноматериалы и наноструктуры. - М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева – 2010, т.1 - 124 с., т.2 – 148 с.
2. Юртов Е.В., Королева М.Ю. Процессы получения наночастиц и наноматериалов. – М.: РХТУ им. Д.И.Менделеева - 2010, - 152 с.
3. Рогов В. А. Технология конструкционных материалов. нанотехнологии 2-е изд., пер. и доп. Учебник для вузов. 2020 г.

Б. Дополнительная литература

1. Старостин, В. В. Материалы и методы нанотехнологий: учебное пособие. - 2-е изд. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. - 431 с.
2. Мурадова А.Г., Матвеева А.Г., Юртов Е.В., Бокштейн Б.С. Объемная и зернограничная диффузия. Методические указания по выполнению лабораторной работы, М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2018, 28 с.
3. Аверина Ю.М., Субчева Е.Н., Юртов Е.В., Зверева О.В. Композиционные материалы. Классификация, особенности свойств, применение и технологии получения. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2017, 128 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.

Научно-технические журналы:

1. Реферативный журнал «Химия» (РЖХ), ISSN 0486-2325
2. Журнал «Российские нанотехнологии», ISSN 1992-7223
3. Журнал «Наноиндустрия», ISSN 1993-8578
4. Журнал «Коллоидный журнал», ISSN 0023-2912
5. Журнал «Журнал физической химии», ISSN 0044-4537
6. Журнал «Мембраны и мембранные технологии» ISSN 2218-1172
7. Журнал «Химическая технология», ISSN 1684-5811
8. Журнал «Журнал неорганической химии», ISSN 0044-457X
9. «Успехи в химии и химической технологии», ISSN 1506-2017
10. ACS Nano Print Edition ISSN: 1936-0851, Web Edition ISSN: 1936-086X
- 11.
12. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, ISSN 0927-

13. Политематические базы данных (БД): США: CAPLUS; COMPENDEX; Великобритания: INSPEC; Франция: PASCAL.

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

1. Ресурсы ELSEVIER: www.sciencedirect.com.
2. Ресурсы ACS: <http://pubs.acs.org>
3. Ресурсы Springer: <http://www.springer.com/gp/products/journals>
4. Ресурсы RCS: <http://pubs.rsc.org/en/journals?key=title&value=all>
5. Ресурсы Wiley: <http://onlinelibrary.wiley.com/>
6. Сайт кафедры наноматериалов и нанотехнологии РХТУ им. Д.И.Менделеева <http://nano.muctr.ru/>
7. Сайт Роснано <http://www.rusnano.com/>
8. Сайт о нанотехнологиях в России <http://www.nanonewsnet.ru/>

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации учебной программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций – 4, (общее число слайдов – более 100);
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 40);
- банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 80).

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2021 составляет 1 716 243 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «Методы механохимии» проводятся в форме лекций, лабораторных работ, практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе

Лекционная учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью.

Учебная лаборатория, оснащенная следующим оборудованием:

- планетарная микромельница pulverisette 7 premium line;
- Zetasizer Nano ZS для измерения размеров, дзета-потенциала.

Библиотека, имеющая рабочие места, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

11.2. Учебно-наглядные пособия

Иллюстрации к разделам лекционного курса и практическим занятиям; образцы наноматериалов и изделий и продуктов с использованием наноматериалов.

11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; цифровые камеры; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса; рекламные проспекты с основными видами и характеристиками наноматериалов и изделий из них.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде по составу и свойствам наноматериалов; кафедральная библиотека электронных и печатных изданий.

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения

№ п.п.	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1.	Calculate Linux Desktop	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
2.	LibreOffice	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
3.	ABBYY FineReader	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
4.	7-Zip	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
5.	Google Chrome	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
6.	VLC Media Player	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
7.	Discord	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно

8.	Autodesk AutoCAD	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
9.	IntelliJ IDEA	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
10.	FreeCAD	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
11.	SMath Studio	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
12.	Corel Academic Site Standard	Контракт № 90-133ЭА/2021 от 07.09.2021	Лицензия для активации на рабочих станциях, покрывает все рабочие места в университете	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)
13.	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.	Контракт № 90-133ЭА/2021 от 07.09.2021	500 лицензий	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)
14.	GIMP	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
15.	OBS (Open Broadcaster Software) Studio	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММ

Наименование раздела	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Механохимия и нанотехнология	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - современные научные достижения и перспективные направления работ в области механохимии; - современные представления о механохимических процессах, протекающих при использовании наноматериалов; - механохимические способы управления свойствами наноматериалов, модификации наноматериалов; - прогнозирование развития функциональных наноматериалов на основе их физических и химических свойств. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – проводить анализ научно-технической информации, в области механохимии; – определять эффективные механохимические методы создания новых функциональных наноматериалов 	<p>Оценка за контрольную работу № 1.</p> <p>Оценка за выполнение лабораторных работ</p> <p>Оценка на зачете с оценкой</p>

Наименование раздела	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	<p>с комплексом заданных свойств для конкретных областей применения;</p> <ul style="list-style-type: none"> – применять теоретические знания по механохимии, свойств современных и перспективных наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в междисциплинарных областях. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками работы с научно-технической, справочной литературой и электронными ресурсами, затрагивающими фундаментальные и практические аспекты создания современных наноматериалов; - способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, выявлению проблем и формулированию подходов для решения исследовательских и практических задач в области нанотехнологии и наноматериалов. - методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам механохимии; - навыками нахождения и использования справочных литературных данных и компьютерных баз данных по составу, структуре и физико-химическим свойствам основных типов функциональных и конструкционных наноматериалов. 	
<p>Раздел 2. Методы анализа наноматериалов в процессах механоактивации. Механохимическая переработка твердого тела. Механохимия в промышленности.</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - современные научные достижения и перспективные направления работ в механохимии; - современные представления о физико-химических механизмах и процессах, протекающих при использовании механохимии; - физико-химические способы управления свойствами наноматериалов, модификации наноматериалов с помощью методами механохимии; - прогнозирование развития функциональных наноматериалов на основе их физических и химических свойств с помощью методами механохимии. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – проводить анализ научно-технической информации, в области с помощью 	<p>Оценка за контрольную работу № 2.</p> <p>Оценка за выполнение лабораторных работ</p> <p>Оценка на зачете с оценкой.</p>

Наименование раздела	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	<p>методами механохимии;</p> <ul style="list-style-type: none"> – определять эффективные с помощью методами механохимические методы создания новых функциональных наноматериалов с комплексом заданных свойств для конкретных областей применения; – применять теоретические знания механоактивационных свойств современных и перспективных наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в междисциплинарных областях. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками работы с научно-технической, справочной литературой и электронными ресурсами, затрагивающими фундаментальные и практические аспекты создания современных наноматериалов; - способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, выявлению проблем и формулированию подходов для решения исследовательских и практических задач в области мехпнохимии. - методами работы с научно-технической, справочной литературой и электронно-библиотечными ресурсами по теоретическим и технологическим аспектам механохимии; - навыками нахождения и использования справочных литературных данных и компьютерных баз данных. 	

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программ бакалавриата, программ специалитета, программ магистратуры в РХТУ им. Д.И. Менделеева, принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 30.10.2019, протокол № 3, введенным в действие приказом ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.11.2019 № 646А;

– Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

**Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Методы механохимии»
основной образовательной программы
28.04.03 «Нanomатериалы»**

код и наименование направления подготовки (специальности)

«Химическая технология наноматериалов»

наименование ООП

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.