

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»  
(Новосибирский государственный университет, НГУ)

**Физический факультет  
Кафедра нанокompозитных материалов**



ПТВЕРЖДАЮ  
Декан ФФ, д.ф.-м.н  
В.Е.Блинов  
2022 г.

**Рабочая программа дисциплины  
ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

направление подготовки: **03.04.02 Физика**  
направленность (профиль): **Общая и фундаментальная физика**

Форма обучения  
**Очная**

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	108	32	32		42				2	
Всего 108 часов / 3 зачётные единицы, из них: - контактная работа 66 часов										
Компетенции ПК-1										

Руководитель программы  
д.ф.-м.н.

И. Б. Логашенко

Новосибирск, 2022

## Содержание

Аннотация.....**Ошибка! Закладка не определена.**

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы. ....	3
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы. ....	3
3. Трудоёмкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу. ....	5
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий. ....	5
5. Перечень учебной литературы. ....	8
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся. ....	8
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.....	8
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине. ....	9
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	9
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине. ....	9

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

Цель освоения курса «Физическая химия композиционных материалов» сформировать у студентов определенную систему знаний, навыков и умений в постановке и решении задач, связанных с особенностью формирования структуры, комплекса упруго-прочностных и других свойств композиционных материалов и наноматериалов, а также особенности деформирования и разрушения композиционных материалов.

Указанная цель достигается за счет приобретения знаний в области: термодинамики поверхности, физико-химических принципов, методов и приемов, обеспечивающих возможность контролируемым образом создавать и модифицировать объекты, включением компонентов с размером, хотя бы по одному направлению до 100 нм; поверхностных явлений, происходящих под влиянием поверхности твердых тел различной природы при создании нано- и микроструктурированных композитов; размерных эффектов и фазовых переходов, кластерообразования и формирования наноструктур, формирования прочности композиционных материалов, выбора состава, разработки технологических процессов.

Задачи курса:

- *В рамках научно-исследовательской и расчетно-аналитической деятельности* - сформировать знания об основных физико-химических процессах на границах раздела в многофазных системах; научить определять основные физические и химические свойства компонентов и прогнозировать свойства гетерогенных систем по свойствам фаз, их объемному соотношению и характеру взаимодействия по границе раздела фаз;

- *в рамках производственной и проектно-технологической деятельности* - научить применять полученные знания о физико-химических процессах на границах раздела фаз для проектирования технологических процессов производства микроструктурированных и композиционных материалов

Дисциплина нацелена на формирование у обучающегося профессиональной компетенции:

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
<b>ПК-1</b> Способен использовать специализированные знания в области физики при решении поставленных задач в научно-исследовательской деятельности в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.	<p><b>ПК 1.1</b> Применяет специализированные знания в области физики при решении конкретных задач в области научных исследований в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.</p> <p><b>ПК 1.2</b> Выбирает наиболее эффективные методы решения конкретных задач в области научных исследований в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.</p>	<p><b>Знать</b> основные определения и термины, характеристики поверхности. Особенности межмолекулярного взаимодействия на поверхности (классификацию композиционных материалов как гетерогенных систем по природе и состоянию фаз и фазовой структуре; физико-химические закономерности формирования гетерофазных структур); Физико-химические процессы и поверхностные явления на границе твердое тело-жидкость, жидкость – жидкость, твердое тело-газ; роль поверхностных свойств и явлений в формировании стабилизации гетерофазных структур; теоретические основы адсорбционных моделей Генри, Поляни, Фрейндлиха, БЭТ; зародышеобразование, кластерообразование и формирование наноструктур. Физико-</p>

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
		<p>химические эффекты в тунельно-зондовой нанотехнологии. Само-сборка и самоорганизация;</p> <p><b>Уметь</b> осуществлять сбор, обработку, анализ и систематизацию научно-технической информации по теме исследований; изучать специальную литературу и другую научно-техническую информацию, достижения отечественной и зарубежной науки и техники в области нанотехнологии и наноматериалов; проводить экспериментальные исследования нанообъектов с целью создания на их основе новых материалов, приборов и технологий их получения; составлять описания проводимых исследований, готовить данные для составления отчетов, обзоров и другой документации; выполнять математическое моделирование наноструктур, приборов и технологических процессов с целью оптимизации их параметров.</p> <p><b>Владеть</b> навыками разработки состава композиционного материала под заданные условия эксплуатации определения условий совмещения компонентов, параметров технологического процесса получения образцов материала, прогнозирования механизмов разрушения и оценки срока службы композиционного материала.</p>

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Физическая химия композиционных материалов» является одной из дисциплин по выбору по направлению подготовки 03.04.02 Физика, направленность «Общая и фундаментальная физика». Дисциплина «Физическая химия композиционных материалов» развивает знания, умения и навыки, сформированные у обучающихся по результатам общей базовой подготовки в рамках программ бакалавриата. Дисциплина должна предшествовать выполнению магистерской диссертации т.к. дает магистранту необходимые знания и навыки для выполнения задач на современном уровне, связанных: с выполнением прикладных экспериментальных работ с целью созданию новых наноструктурированных композиционных материалов; обработка результатов прикладных экспериментальных работ по созданию новых наноструктурированных материалов и разработка новых методик на их основе.

**3. Трудоемкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.**

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	108	32	32		42				2	
Всего 108 часов / 3 зачётные единицы, из них: - контактная работа 66 часов										
Компетенции ПК-1										

Реализация дисциплины предусматривает практическую подготовку при проведении следующих видов занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью: лекции, практические занятия, самостоятельная работа студента и её контроль преподавателями с помощью заданий, дифференцированный зачет.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

Текущий контроль успеваемости: контрольные вопросы на знание материала предыдущей лекции, контрольная работа.

Промежуточная аттестация: дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость рабочей программы дисциплины составляет 3 зачетных единицы.

- занятия лекционного типа – 32 часа;
- практические занятия - 32 часа;
- самостоятельная работа в течение семестра, не включая период сессии – 42 часа;
- промежуточная аттестация (дифференцированный зачет) – 2 часа;

Объём контактной работы обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа, практические занятия, дифференцированный зачет) составляет 66 часов.

**4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий.**

Дисциплина «Физическая химия композиционных материалов» представляет собой полугодовой курс, читаемый в магистратуре физического факультета НГУ во втором семестре. Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 академических часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студен- тов и трудоёмкость (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)
			Всего	Аудиторные часы		Сам. работа во время занятий (не включая период сессии)	
				Лекции	Практические занятия		
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Терминология и основные понятия физикохимии композиционных материалов.	1	9	3	3	3	
2	Химические превращения полимеров. Физические и фазовые состояния и переходы.	2	9	3	3	3	
3	Классификация композиционных материалов как гетерогенных систем по природе и состоянию фаз и фазовой структуре.	3	7	2	2	3	
4	Композиты на основе металлических, керамических и полимерных матриц.	4	7	2	2	3	
5.	Роль поверхности и поверхностные эффекты. Реакции на поверхности. Адсорбция из растворов разной концентрации, из расплавов.	5	7	2	2	3	
6.	Влияние поверхности наполнителя на формирование свойств нанокompозитов. Адгезионная прочность.	6	7	2	2	3	
7	Дисперсные системы и нанокompозиты, принципы классификации.	7	7	2	2	3	
8	Теория перколяции. Полиструктурная теория. Кластеры в структуре композитов.	8	7	2	2	3	
9	Фрактально-кластерная модель структуры нанокompозитов.	9	7	2	2	3	
10	Варианты распределения наполнителей в объеме связующего и факторы влияющие на равномерность распределения.	10	7	2	2	3	
11	Расчет фрактальной размерности структуры.	11	7	2	2	3	
12	Анализ влияния структурных изменений на фрактальную размерность и свойства композиционного материала.	12	7	2	2	3	
13	Физико-химическое взаимодействие на границе раздела матрица-наполнитель (межфазное взаимодействие).	13-14	6	2	2	2	

14	Методы оценки адгезионного взаимодействия на границе раздела матрица-наполнитель. Анализ представленных результатов исследования.	15-16	6	2	2	2	
15	Поверхностная энергия и методы ее оценки, топология и неоднородность поверхности, поверхностные группы и поверхностная подвижность.	16	6	2	2	2	
17	Дифференцированный зачет	17	2				2
<b>Всего</b>			<b>108</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>42</b>	<b>2</b>

### Программа и основное содержание лекций (32 часа)

#### Тема 1. Физика и химия полимерных материалов.

1. Терминология и основные понятия физикохимии композиционных материалов. Классификация композиционных материалов. Надмолекулярная структура, конформации и гибкость полимеров.
2. Химические превращения полимеров. Физические и фазовые состояния и переходы. Гелеобразование и отверждение. Прочность полимерных материалов, механизмы и факторы ее определяющие.

#### Тема 2. Физико-химические, механические принципы формирования прочности композиционных материалов.

1. Классификация композиционных материалов как гетерогенных систем по природе и состоянию фаз и фазовой структуре. Физико-химические закономерности формирования гетерофазных структур. Анизотропия свойств.
2. Композиты на основе металлических, керамических и полимерных матриц. Принципы формирования прочности композиционных материалов. Линейная и нелинейная механики разрушения. Длительная прочность. Вязкость разрушения.
3. Методы модификации свойств полимерных композиционных материалов. Модификация поверхности наполнителей. Модификация связующего. Полиматричные структуры.
4. Физико-химические процессы, протекающие при реализации технологических процессов получения композиционных материалов. Отверждение в присутствии наполнителей. Оптимизация технологических параметров производства наполненных композиционных материалов.
5. Методы прогнозирования упругих и прочностных характеристик сложных систем. "Правило смесей" - практически применяемый подход по определению модуля упругости и прочности композиции, исходя из заданных характеристик компонентов, составляющих материал. Оценка значений верхней и нижней границе модуля упругости энергетическим методом.

### Программа практических занятий (32 часа)

#### Тема 1. Физикохимия поверхности. Поверхностные явления. Адгезионная прочность.

1. Роль поверхности и поверхностные эффекты. Реакции на поверхности. Адсорбция из растворов разной концентрации, из расплавов. Адсорбционные теории. Изотермы адсорбции Ленгмюра, изотермы БЭТ, полимолекулярная адсорбция. Оценка толщины адсорбционного слоя.
2. Влияние поверхности наполнителя на формирование свойств нанокompозитов. Физико-химическое взаимодействие на границе раздела матрица-наполнитель (межфазное взаимодействие). Адгезионная прочность.
3. Методы оценки адгезионного взаимодействия на границе раздела матрица-наполнитель. Анализ представленных результатов исследования.
4. Поверхностная энергия и методы ее оценки, топология и неоднородность поверхности, поверхностные группы и поверхностная подвижность. Характеристики поверхности ряда волокнистых и дисперсных наполнителей, применяемых в производстве композиционных материалов.

## **Тема 2. Кластерообразование и формирование наноструктур. Самоорганизация наноразмерных упорядоченных структур.**

1. Дисперсные системы и нанокompозиты, принципы классификации. Консолидированные материалы. Супрамолекулярные структуры.
2. Теория перколяции. Полиструктурная теория. Кластеры в структуре композитов. Самоорганизация и сборка. Зародышеобразование.
3. Фрактально-кластерная модель структуры нанокompозитов. Расчет фрактальной размерности структуры. Анализ влияния структурных изменений на фрактальную размерность и свойства композиционного материала.
4. Варианты распределения наполнителей в объеме связующего и факторы влияющие на равномерность распределения.
5. Исследование протекания в образцах. Расчет модуля упругости. Расчет прочности.

### **Самостоятельная работа студентов (42 часа)**

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Подготовка к практическим занятиям.	14
Подготовка к контрольным работам	14
Изучение теоретического материала, не освещаемого на лекциях	14

#### **5. Перечень учебной литературы.**

1. Ролдугин, В.И. Физикохимия поверхности. Долгопрудный : ИНТЕЛЛЕКТ, 2011 565 с. (34 экз)
2. Полимерные композиционные материалы: прочность и технология /С. Л. Баженов [и др.].- Долгопрудный: Интеллект, 2010, 2014.- 347 с. (1 экз)

#### **6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.**

Не используется.

#### **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.**

Для освоения дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.

#### **7.1 Современные профессиональные базы данных**

1. <http://bittu.org.ru/umkd>
2. <http://nano.msu.ru>
3. <http://viam.ru>
4. <http://www.nanometer.ru>
5. <http://www.rusnano.com>
6. Библиотека Российской академии наук (БАН) <http://www.rasl.ru/>
7. Российская государственная библиотека (РГБ) <http://www.rsl.ru/>



8. Научная библиотека Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова <http://www.nbmgu.ru>
9. Химический каталог <http://www.ximicat.com>

## **7.2. Информационные справочные системы**

Не используются.

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.**

Для обеспечения реализации дисциплины используются аудитории, оборудованные всем необходимым для чтения лекций (доска, экран, компьютер, мультимедийный проектор), в том числе стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office.

Использование специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины не требуется.

## **9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.**

Для реализации дисциплины используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), консультации, текущего контроля, промежуточной и итоговой аттестации.

2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся.

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГУ.

Для проведения занятий лекционного типа предлагаются следующие наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий:

- комплект лекций-презентаций по темам дисциплины.

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

## **10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.**

### **10.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине**

#### ***Текущий контроль***

Текущий контроль осуществляется в ходе семестра путем проведения опросов и контрольных работ. Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в виде дифференцированного зачета.

Освоение компетенций оценивается по пятибалльной шкале. Положительная оценка по дисциплине выставляется в том случае, если заявленная компетенция ПК-1 сформирована в части, относящейся к формированию способности использовать в профессиональной деятельности.

Объектом текущего контроля являются промежуточные результаты, обеспечивающие формирование конечных результатов междисциплинарного курса и конечные результаты учебной дисциплины по уровням освоения.

### ***Промежуточная аттестация***

Освоение компетенций оценивается согласно шкале оценки уровня сформированности компетенции. Положительная оценка по дисциплине выставляется в том случае, если заявленная компетенция ПК-1 сформирована не ниже порогового уровня.

Окончательная оценка работы студента в течение семестра происходит на дифференцированном зачете. Дифференцированный зачет проводится в конце семестра в экзаменационную сессию по билетам в устной форме. Вопросы билета подбираются таким образом, чтобы проверить уровень сформированности компетенции ПК-1.

Итоговый (промежуточный) контроль проводится в форме дифференцированного зачета.

Для текущего и итогового (промежуточного) контроля создается фонды оценочных средств (ФОС). ФОС включают в себя педагогические контрольно-измерительные материалы, предназначенные для определения соответствия (или несоответствия) индивидуальных образовательных достижений основным показателям результатов подготовки.

Оценка индивидуальной деятельности студентов по дисциплине складывается из следующих видов работ:

#### ***для текущего и семестрового рейтинга учитываются:***

- посещаемость, контрольные работы и активность студентов на практических занятиях от 0 до 100 баллов (удельный вес – 0,6);
- выполнение заданий по СРС – от 0 до 100 баллов, удельный вес – 0,4;

#### ***для итогового рейтинга по дисциплине учитываются:***

- семестровый рейтинг – от 0 до 100 баллов, удельный вес – 0,5;
- сдача Д/зачета – максимум 100 баллов, удельный вес – 0,5.

Рейтинг студента определяется по формуле:

$$R = \frac{\sum R_i p_i}{\sum p_i} ,$$

где R – итоговый рейтинг,  $R_i$  – оценка за  $i$ -ю контрольную точку (этап),  $p_i$  – удельный вес контрольной точки.

Суммирование проводится по всем контрольным точкам с начала семестра до момента вычисления рейтинга.

Связь рейтинга студента с итоговой оценкой по дисциплине:

<b>Баллы</b>	<b>Оценка</b>
0–24	"неудовлетворительно"
25–49	"удовлетворительно"
50–74	"хорошо"
75–100	"отлично"

Набранные баллы суммируются, и составлена таким образом, что текущий контроль охватывает все разделы курса.

Студент имеет право на апелляцию по каждой контрольной работе в течение 7 дней со дня

ее проведения (при условии, что работа находится у преподавателей). Все вопросы, связанные с изменением суммы баллов, решаются преподавателем, проверявшим задачу, а в спорных случаях – лектором. По истечению срока апелляции по данной контрольной точке баллы за нее не могут быть изменены.

Контрольные точки, не пройденные в срок по уважительной причине (при наличии медицинской справки), принимаются в течение недели после окончания действия справки без штрафа, а далее (в течение одной следующей недели) – со штрафом (см. выше). Все контрольные точки, не пройденные в срок (без уважительной причины), в виде исключения могут быть сданы в течение двух недель за пределами установленного срока (со штрафом).

Работа студента на практическом занятии оценивается преподавателем, поэтому студенту следует заранее прорабатывать материал к практическому занятию. Студент может получить баллы за быстрое и правильное решение задач на практическом занятии (по усмотрению преподавателя). Суммарное количество баллов за этот пункт выставляется преподавателем в конце семестра.

### Соответствие индикаторов и результатов освоения дисциплины

Таблица 10.1

Индикатор	Результат обучения по дисциплине	Оценочные средства
<b>ПК 1.1</b> Применяет специализированные знания в области физики при решении конкретных задач в области научных исследований в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.	<b>Знать</b> основные определения и термины, характеристики поверхности. Особенности межмолекулярного взаимодействия на поверхности (классификацию композиционных материалов как гетерогенных систем по природе и состоянию фаз и фазовой структуре; физико-химические закономерности формирования гетерофазных структур); Физико-химические процессы и поверхностные явления на границе твердое тело-жидкость, жидкость – жидкость, твердое тело-газ; роль поверхностных свойств и явлений в формировании и стабилизации гетерофазных структур; теоретические основы адсорбционных моделей Генри, Поляни, Фрейндлиха, БЭТ; зародышеобразование, кластерообразование и формирование наноструктур. Физико-химические эффекты в тунельно-зондовой нанотехнологии. Самосборка и самоорганизация.	Проведение контрольных работ, дифференцированный зачет
<b>ПК 1.2</b> Выбирает наиболее эффективные методы решения конкретных задач в области научных исследований в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.	<b>Уметь</b> осуществлять сбор, обработку, анализ и систематизацию научно-технической информации по теме исследований; изучать специальную литературу и другую научно-техническую информацию, достижения отечественной и зарубежной науки и техники в области нанотехнологии и наноматериалов; проводить экспериментальные исследования нанобъектов с целью создания на их основе новых материалов, приборов и технологий их получения; составлять описания	Проведение контрольных работ, дифференцированный зачет

	<p>проводимых исследований, готовить данные для составления отчетов, обзоров и другой документации; выполнять математическое моделирование наноструктур, приборов и технологических процессов с целью оптимизации их параметров.</p> <p><b>Владеть</b> навыками разработки состава композиционного материала под заданные условия эксплуатации, определения условий совмещения компонентов, параметров технологического процесса получения образцов материала, прогнозирования механизмов разрушения и оценки срока службы композиционного материала.</p>	
--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

## 10.2 Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине.

Таблица 10.2

Критерии оценивания результатов обучения	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Уровень освоения компетенции			
		Не сформирован (0 баллов)	Пороговый уровень (3 балла)	Базовый уровень (4 балла)	Продвинутый уровень (5 баллов)
1	2	3	4	5	6
Полнота знаний	ПК 1.1	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки.	Демонстрирует общие знания базовых понятий по темам/разделам дисциплины. Допускается значительное количество негрубых ошибок.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых/несущественных ошибок. Не отвечает на дополнительные вопросы.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Свободно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы.
Наличие умений	ПК 1.2	Отсутствие минимальных умений. Не умеет решать стандартные задачи. Имеют место грубые ошибки.	Продемонстрированы частично основные умения. Решены типовые задачи. Допущены негрубые ошибки.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания с негрубыми ошибками или с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания в полном объеме без недочетов и ошибок.
Наличие навыков (владение опытом)	ПК 1.2	Отсутствие владения материалом по темам/разделам дисциплины. Нет навыков в решении стандартных задач. Наличие грубых ошибок.	Имеется минимальный набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. Продемонстрированы знания по решению нестандартных задач.

### 10.3 Типовые контрольные задания и материалы, необходимые для оценки результатов обучения

Текущая самостоятельная работа студента (СРС) направлена на углубление и закрепление знаний студента, развитие практических умений, и включает:

- работу с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации;
- опережающую самостоятельную работу;
- изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- подготовку к практическим занятиям;
- подготовку к дифференцированному зачету.

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины должна учитывать непосредственную практическую направленность курса и предусматривает следующие виды работ:

а) Проработка лекционных занятий курса (работа с литературой в читальном зале библиотеки). Объем лекционных часов сравнительно мал, поэтому некоторые темы освещаются обзорно и студентам необходимо дополнительно проработать эти темы по указанной в программе литературе.

б) Доработка и защита практической работы. Учитывая прикладной характер дисциплины и необходимость организации дополнительного общения студентов с вычислительной техникой, СРС планируется при построении практической работы, путем введения ее защиты и дополнительных заданий, которые являются закрепляющим практическим заданием. Защита практического задания проводится в форме устного ответа на теоретические и практические вопросы по работе.

Основные материалы к изучению в рамках СРС по данному курсу – государственные стандарты РФ, Евросоюза и американские военные стандарты в соответствии со списком, выданным преподавателем.

По дополнительным темам, вынесенным на самостоятельную подготовку, оценка выполнения производится в соответствии с методическими материалами к СРС.

#### Перечень заданий для самостоятельной работы:

1. К 20 мл коллоидного раствора наночастиц PbSe в оболочках из олеиновой кислоты диаметром 5,4 нм (вместе с оболочкой) с концентрацией частиц  $4 \cdot 10^{-6}$  М добавили 1,6 мл коллоидного раствора наночастиц Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в оболочках из триоктилфосфина с концентрацией наночастиц  $5 \cdot 10^{-5}$  М, а затем медленно удалили растворитель. Какому структурному типу будет соответствовать упорядочение наночастиц в массиве? Какие структурные типы будут наблюдаться, если размер частиц Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> будет 6.8 ,8.3 ,12.0 нм? Указание: для решения этой задачи необходимо знать границу соотношений радиусов анионов и катионов для структурных типов с соответствующей стехиометрией. Их можно рассчитать самостоятельно, исходя из геометрических соображений, а можно найти в дополнительной литературе, например, в восьмой главе книги А. Веста «Химия твердого тела».

2. С помощью каких физических и физико-химических методов исследования можно изучать структуру упорядоченных массивов нано- и микрочастиц?

3. Какие существуют способы получить упорядоченные массивы одинаковых наночастиц или кластеров на подложках, в которых не нужно использовать медленное испарение коллоидного раствора частиц, стабилизированных органическими оболочками? В чем преимущества и недостатки этих методов? Используется ли при этом явление самоорганизации? Приведите хотя бы два примера, пользуясь информацией, предоставленной в Интернете, например, на сайте [www.nanometer.ru](http://www.nanometer.ru).

### Перечень вопросов к практическим заданиям:

1. Основные понятия и номенклатура полимеров. Особенности строения и классификация полимеров.
2. Особенности протекания реакции полимеризации и поликонденсации. Плюсы и минусы процессов.
3. Химические превращения полимеров: деструкция, сшивание, стабилизация.
4. Гибкость цепи полимера: конформация и конфигурация.
5. Надмолекулярная и топологическая структура полимеров.
6. Процессы релаксации. Спектр времен релаксации полимерных материалов.
7. Концепции прочности полимерных и полимерных композиционных материалов. Термофлуктуационная природа прочности.
8. Реологические свойства полимеров в вязкотекучем состоянии. Вязкость и динамические характеристики.
9. Физические свойства полимеров. Механические, теплофизические и электрические свойства. Взаимосвязь структура-свойства.
10. Терморезистивные связующие для композиционных материалов. Классификация. Свойства. Принципы выбора.
11. Термопластичные полимеры - в качестве связующих для композитов.
12. Металлические матрицы. Классификация. Свойства. Особенности взаимодействия на границе раздела.
13. Методы модификации свойств полимерных композиционных материалов.
14. Модификация поверхности наполнителей.
15. Полиматричные структуры.
16. Механизмы усиливающего действия наполнителей различной природы в полимерах.
17. Определение композиционного материала с позиции механики сплошных сред.
18. Технологические и конструктивные факторы, обеспечивающие совместную работу компонентов КМ.
19. Требования к материалу матрицы при формировании КМ.
20. Тензор напряжений. Виды напряженного состояния.
21. Правило смесей.
22. Особенности деформирования КМ.
23. Особенности строения и свойств полимерных композитов.
24. Основные положения теории вязкоупругости.
25. Анизотропия свойств КМ.
26. Основы прочности полимерных материалов.
27. Классификация КМ.
28. Функциональное назначение компонентов композиционного материала.
29. Влияние схемы армирования на свойства КМ.
30. Условия текучести для пластичных материалов.
31. Спектр времен релаксации. Тангенс угла механических потерь.
32. Динамический модуль упругости.
33. Поведение композитов во времени.
34. Длительная прочность композитов.
35. Линейная и нелинейная механика разрушения.
36. Отверждение в присутствии наполнителей.
37. Роль поверхности и поверхностные эффекты. Реакции на поверхности.
38. Адсорбция из растворов разной концентрации и расплавов.
39. Адсорбционные теории. Мономолекулярная и полимолекулярная адсорбции.
40. Изотермы Генри, Лэнгмюра и БЭТ. Оценка толщины адсорбционного слоя.

41. Перечислите факторы, определяющие равновесную термодинамическую работу адгезии  $W_a$  и адгезионную прочность  $\sigma$  в элементарной ячейке однонаправленного волокнистого композита. Укажите факторы, общие для  $W_a$  и  $\sigma$ .
42. Перечислите способы увеличения адгезионной прочности соединения «волокну-связующее» для систем с органическими и неорганическими волокнами. Укажите явление, принципиально отличающее процесс формирования адгезионного соединения связующих с органическими и неорганическими волокнами.
43. Изложите сущность метода избыточных величин Гиббса для описания термодинамики поверхностных явлений. Запишите аналог уравнения Гиббса-Гельмгольца для поверхностного слоя, используя метод Гиббса.
44. Укажите: 1) термодинамическое условие стабильного существования поверхности раздела фаз; 2) причины, по которым «силовая» трактовка удельной свободной поверхностной энергии некорректна для границ раздела «твердое тело-газ» и «твердое тело-жидкость».
45. Дайте определение работе адгезии и работе когезии. Сформулируйте термодинамические условия смачивания, несмачивания и растекания, используя понятия «работа адгезии» и «работа когезии».
46. Перечислите основные типы межмолекулярных сил, обеспечивающих взаимодействие незаряженных молекул. Объясните роль этих сил в адгезии фаз различной полярности.
47. Укажите причины адсорбции поверхностно-активных веществ (ПАВ) на границах раздела фаз различной полярности. Назовите основные характеристики ПАВ. Поясните, всегда ли адсорбция ПАВ приводит к снижению межфазной энергии границ раздела фаз.
48. Обсудите возможность нулевого значения равновесного краевого угла смачивания при нанесении капли жидкости на твердую поверхность: а) в среде воздуха; б) в условиях избирательного смачивания.
49. Укажите положительные и отрицательные стороны явления растекания жидкого связующего по поверхности волокна на начальной стадии формирования адгезионного соединения.
50. Перечислите методы определения работы адгезии жидкого связующего к волокну. Укажите условия применимости этих методов.
51. Перечислите методы определения работы адгезии отвержденного связующего к волокну. Укажите условия применимости этих методов.
52. Объясните влияние двойного электрического слоя, образующегося на поверхности раздела «адгезив-субстрат» на результаты измерения адгезионной прочности соединения при различных скоростях отслаивания адгезива от субстрата.
53. Дайте определение взаимодиффузии и самодиффузии. Укажите количественные характеристики этих явлений и взаимосвязь между ними.
54. Назовите модели, описывающие дырочный механизм диффузии. Перечислите постулаты, заложенные в их основы и перспективы развития этих моделей.
55. Назовите две основных группы методов определения адгезионной прочности полимерных композитов. Объясните причины влияния размеров экспериментальных образцов на результаты измерений адгезионной прочности. Укажите возможные причины, по которым не удается реализовать микромеханические испытания методом отрыва.

### Пример расчетного практического задания:

#### **Исследование протекания в образцах. Расчет модуля упругости. Расчет прочности**

**Цель работы:** ознакомить студентов с базовыми знаниями теории перколяции. Установить критическую долю объема сфер от общего объема системы, обеспечивающую протекание ( $V_{c1}$ ) и изменение модуля упругости КМ при различных объемных долях наполнителя ( $\Delta E_c$ ).

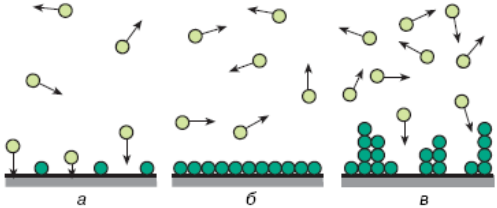
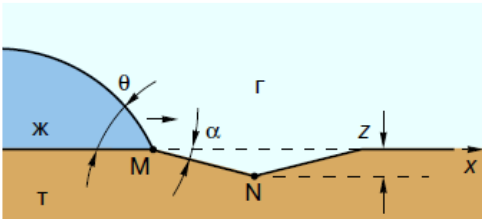
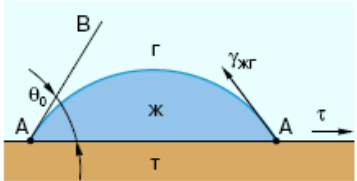
**Аппаратура и материалы:** смола эпоксидная ЭД-22, отвердитель изометилтетрогидрофталевый ангидрид изо-МГТФА, 2,4,6-трис-диметиламинометилфенол (УП-606/2), волластонит, образцы наполненных пластиков; технические весы с погрешностью взвешивания не более 0,01г;

сушильный шкаф с температурой до 200°C, обеспечивающий поддержание заданной температуры с погрешностью не более 2°C; штангенциркуль по ГОСТ 166-80, микроскоп.

### Условие протекания

Основное приложение теории протекания – критические явления в системах, состоящих из топологически неупорядоченных элементов. Такие явления обусловлены связностью большого числа элементов при условии, что связи между отдельными элементами носят случайный характер. Особенность данной теории заключается в том, что в ней отражена внутренняя взаимосвязь между физическими и геометрическими свойствами неупорядоченных систем. В приложении к проблеме наполнения полимеров наиболее специфичными являются две задачи теории протекания: по касающимся сферам и по перекрывающимся сферам

### Перечень вопросов и задач для дифференцированного зачета:

Вопрос	Рейтинг вопроса	Результат ответа
<p>1. Какой процесс характеризует данный рисунок? Классификация процесса по механизму а,б,в.</p> 	5	
<p>2. Понятие физической и химической адсорбции.</p>	5	
<p>3. Особенности адсорбции из растворов разной концентрации и расплавов</p>	10	
<p>4. Охарактеризуйте порядковый гистерезис смачивания. В чем его смысл?</p> 	5	
<p>5. Как называется представленный граничный контур? Запишите с его помощью фундаментальный закон смачивания.</p> 	10	
<p>6. Перечислите необходимые и достаточные условия для осуществления адгезионного взаимодействия.</p>	10	



7. Особенности отверждения полимера в присутствии наполнителя.	15	
8.Связь между адгезией и адгезионной прочностью. Адгезионная прочность – теоретическая и фактическая.	10	
9.Оцените влияние адгезии на способность композита работать на растяжение, сдвиг, сжатие.	10	
10. Как вы понимаете выражение – необходимо достижение оптимального взаимодействия на границе наполнитель-полимер.	15	
<b>Итоговый рейтинг</b>	<b>95</b>	

Форма билета дифференцированного зачета представлен на рисунке

<p><b>МИНОБРНАУКИ РОССИИ</b></p> <p><i>Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования</i></p> <p><b>«Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»</b> (Новосибирский государственный университет, НГУ)</p> <p><b>Физический факультет</b></p>
<p><b>БИЛЕТ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ЗАЧЕТА № _____</b></p> <p>1. ....</p> <p>2. ....</p> <p>3. ....</p> <p>Составитель _____ /Ф.И.О. преподавателя/ (подпись)</p> <p>«___» _____ 20__ г.</p>

Оценочные материалы по промежуточной аттестации, предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям СУОС, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

**Лист актуализации рабочей программы дисциплины  
«Физическая химия композиционных материалов»  
по направлению подготовки 03.04.02 Физика  
Профиль «Общая и фундаментальная физика»**

№	Характеристика внесенных изменений (с указанием пунктов документа)	Дата и № протокола Учёного совета ФФ НГУ	Подпись ответственного