

**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Московский физико-технический институт  
(национальный исследовательский университет)»**

**УТВЕРЖДЕНО**

**Директор физтех-школы  
электроники, фотоники и  
молекулярной физики**

**В.В. Иванов**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Физико-химические основы материаловедения в объектах культурного наследия
<b>по направлению:</b>	Материаловедение и технологии материалов
<b>профиль подготовки:</b>	Перспективные функциональные материалы Физтех-школа Электроники, Фотоники и Молекулярной Физики кафедра химической физики
<b>курс:</b>	1
<b>квалификация:</b>	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 1 (осенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 15 всего, в том числе:

лекции: 15 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 30 час.

Всего часов: 45, всего зач. ед.: 1

Программу составил: С.Л. Баженов, д-р физ.-мат. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры химической физики 27.05.2021

## Аннотация

Курс "Физико-химические основы материаловедения в объектах культурного наследия" предусматривает ознакомление обучающихся с основными принципами современных композиционных материалов, использованных в изобразительном искусстве при создании объектов культурного наследия.

### 1. Цели и задачи

#### Цель дисциплины

Цель курса – ознакомление обучающихся с основными принципами современных композиционных материалов, использованных в изобразительном искусстве при создании объектов культурного наследия.

#### Задачи дисциплины

формирование базовых знаний и представлений о принципах создания и использования композиционных материалов, использованных в изобразительном искусстве при создании объектов культурного наследия, техники проведения современных спектральных исследований, методов пробоподготовки и интерпретации полученных результатов, в том числе с использованием спектральных баз данных.

### 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований
	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты
ПК-3 Способен профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием (приборами и установками, специализированными пакетами прикладных программ) в области материаловедения и технологии материалов	ПК-3.1 Понимает принципы работы используемого оборудования (специализированных пакетов прикладных программ)
	ПК-3.2 Способен проводить эксперимент (моделирование) с использованием исследовательского оборудования (пакетов прикладных программ)
	ПК-3.3 Способен оценивать точность полученных экспериментальных (численных) результатов

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- теоретические основы науки о разрушении материалов;
- физические принципы создания волокнистых композитов;
- специфику технологии создания композиционных материалов;
- критерии оценки статистической значимости экспериментальных данных.

уметь:

- планировать стратегию использования композитов и материалов, использованных в изобразительном искусстве при создании объектов культурного наследия;
- готовить образцы для проведения механических исследований свойств композиционных армированных волокнистых материалов и тканей;
- обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные, полученные с помощью механических методов исследования материалов, в том числе волокнистых.

владеть:

- методологией выбора и использования материалов, используемых в объекте культурного наследия;
- способами работы с современными композиционными материалами, полимерами и клеями;
- способами интерпретации данных, полученных различными физико-химическими методами исследования строения вещества;
- основами науки о разрушении материалов.

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

##### 4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Введение в науку о материалах	1			2
2	Механические характеристики	2			4
3	Применение композиционных материалов	2			4
4	Механизмы деформирования и механизмы разрушения композитов	2			4
5	Концентраторы напряжения	2			4
6	Волокнистые композиты	2			2
7	Свойства и применение волокнистых композитов	2			2
8	Механизмы разрушения волокнистых композиционных материалов	1			4
9	Влияние пор на свойства композитов при сжатии и сдвиге	1			4
Итого часов		15			30
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		45 час., 1 зач.ед.			

##### 4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 1 (Осенний)

###### 1. Введение в науку о материалах

Классификация материалов – металлы, керамики, полимеры, композиты. Структура, представление о структурных уровнях. Атомный, микро-, мезо- и макроуровни структуры. Классификация композиционных материалов. Волокнистые и дисперсно-наполненные композиционные материалы

## 2. Механические характеристики

Модуль упругости, предел прочности, коэффициент Пуассона. Показатели эффективности материалов

## 3. Применение композиционных материалов

История разработки. Применение волокнистых композитов в космической технике, авиации, транспорте, спорттоварах и музыкальных инструментах.

## 4. Механизмы деформирования и механизмы разрушения композитов

Механизмы деформирования. Механизмы пластического течения – течение по полосам сдвига, крэйзинг, дислокации

## 5. Концентраторы напряжения

Критерий Гриффитса. Вязкость разрушения. Вязкость клеевого разрушения, прочность склейки и её применение для реставрации

## 6. Волокнистые композиты

Типы и свойства волокон: стеклянные, арамидные, борные, углеродные, карбид кремния, окись алюминия. Три типа матриц – полимерные, металлические, керамические, их особенности. Типы полимерных матриц, их характеристики. Углерод/углеродные композиты, область их применения.

## 7. Свойства и применение волокнистых композитов

Правило смесей в однонаправленных композиционных материалах. Распределение напряжения по длине волокна. Зависимость эффекта усиления от отношения длины волокна к его диаметру. Ориентация волокон. Возможные механизмы упрочнения композитов

## 8. Механизмы разрушения волокнистых композиционных материалов

Механизмы разрушения однонаправленных композиционных материалов при растяжении вдоль волокон. Накопление разрывов волокон. Статистическая теория прочности. Неэффективная длина волокон. Правило смесей. Разрушение при сжатии и изгибе.

## 9. Влияние пор на свойства композитов при сжатии и сдвиге

Когезионная прочность матрицы, адгезионная прочность границы раздела. Усталостная и длительная прочность материалов. Влияние температуры, усталости и влажности.

## **5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Учебная аудитория, снабженная доской, экраном, проектором.

## **6. Перечень рекомендуемой литературы**

Основная литература

1. Баженов С.Л., Берлин А.А., Ошмян В.Г., Кульков А.А. Полимерные композиционные материалы, 2009. Долгопрудный, Интеллект.
2. Ф.Мэттьюз, Р.Ролингз. Композитные Материалы. Механика и технология. Техносфера.М.2004г.
3. Углеродные волокна и композиты на их основе (ред. Э.Фитцер), М.Химия (1986).

#### Дополнительная литература

1. Композиционные материалы, т.5, «Разрушение и усталость», М., Мир, 1978
2. Сборник «Разрушение», т. 7, М., Мир, 1976
3. Л.Нильсен, Механические свойства полимеров и полимерных композитов, М., Химия, 1978
4. Кауш «Разрушение полимеров», М., Мир, 1981

### **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

<https://mipt.ru/science/labs/radiophotonics/obuchenie/lazery.php>

### **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

Не предусмотрено.

### **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Студент, изучающий дисциплину, должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике. В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения дисциплины, уметь применять полученные знания для решения различных задач.

Успешное освоение курса требует:

- посещения всех занятий, предусмотренных учебным планом по дисциплине;
- ведения конспекта занятий;
- напряжённой самостоятельной работы студента.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала, подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения;
- решение задач, предлагаемых студентам на занятиях;
- подготовку к выполнению заданий текущей и промежуточной аттестации.

Показателем владения материалом служит умение без конспекта отвечать на вопросы по темам дисциплины.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к преподавателю.

Возможен промежуточный контроль знаний студентов в виде решения задач в соответствии с тематикой занятий.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

<b>по направлению:</b>	Материаловедение и технологии материалов
<b>профиль подготовки:</b>	Перспективные функциональные материалы Физтех-школа Электроники, Фотоники и Молекулярной Физики кафедра химической физики
<b>курс:</b>	1
<b>квалификация:</b>	магистр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 1 (осенний) - Дифференцированный зачет	
<b>Разработчик:</b>	С.Л. Баженов, д-р физ.-мат. наук

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований
	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты
ПК-3 Способен профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием (приборами и установками, специализированными пакетами прикладных программ) в области материаловедения и технологии материалов	ПК-3.1 Понимает принципы работы используемого оборудования (специализированных пакетов прикладных программ)
	ПК-3.2 Способен проводить эксперимент (моделирование) с использованием исследовательского оборудования (пакетов прикладных программ)
	ПК-3.3 Способен оценивать точность полученных экспериментальных (численных) результатов

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Физико-химические основы материаловедения в объектах культурного наследия» обучающийся должен:

### знать:

- теоретические основы науки о разрушении материалов;
- физические принципы создания волокнистых композитов;
- специфику технологии создания композиционных материалов;
- критерии оценки статистической значимости экспериментальных данных.

### уметь:

- планировать стратегию использования композитов и материалов, использованных в изобразительном искусстве при создании объектов культурного наследия;
- готовить образцы для проведения механических исследований свойств композиционных армированных волокнистых материалов и тканей;
- обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные, полученные с помощью механических методов исследования материалов, в том числе волокнистых.

### владеть:

- методологией выбора и использования материалов, используемых в объекте культурного наследия;
- способами работы с современными композиционными материалами, полимерами и клеями;
- способами интерпретации данных, полученных различными физико-химическими методами исследования строения вещества;
- основами науки о разрушении материалов.

## 3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

С целью контроля освоения обучающимися учебного материала проводится устный опрос в начале занятия по теме прошлой лекции или в конце занятия по пройденной теме.

#### 4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Вопросы к дифференцированному зачету:

1. Полимеры. Особенности полимеров. Вязкость расплава полимеров. Металлы. Керамики. Полимеры. Композиционные материалы. Ковалентные связи. Ван-дер-Ваальсовское взаимодействие. Межмолекулярное и внутримолекулярное взаимодействие. Типы полимеров.
3. Реакция полимеризации. Радикальная полимеризация. Поликонденсация. Молекулярно-массовое распределение. Регулярность цепи. Сополимеризация. Блок-сополимеры. Разветвленные и сшитые полимеры. Полиэтилен. Полипропилен. Поливинилхлорид. Полистирол.
4. Моделирование формы макромолекул. Структура и конформация цепи. Метод случайных блужданий по кристаллической решетке.
5. Аморфные полимеры. Связь молекулярной массы и размера макромолекул. Сетка зацеплений макромолекул в расплавах полимеров. Зависимость вязкости течения от молекулярной массы.
6. Температура стеклования. Микроструктура аморфных полимеров.
7. Линейные полимеры. Термопласты. Фенольные смолы. Реакция поликонденсации. Эпоксидные смолы. Поперечное сшивание. Полиимиды.
8. Статистическая теория прочности. Неэффективная длина волокон. Правило смесей. Концентрация напряжения на соседних волокнах, отслаивание волокон от матрицы, расслаивание органических анизотропных волокон. Инициирование и распространение магистральной трещины. Расслоение и размотка композитов. Прочность при ударе, механизмы диссипации энергии.
9. Хрупкое разрушение. Вязкость разрушения. Вязкоупругие свойства. Линейные вязкоупругие модели. Модель Фойгта. Расчёт релаксации напряжения. Температурная зависимость вязкоупругих свойств. Ползучесть. Восстановление и ползучесть при циклическом нагружении.
10. Дифференциальная сканирующая калориметрия.
11. Напряжение. Деформация. Модуль упругости. Коэффициент Пуассона. Особенности механических характеристик полимеров.
12. Полосы сдвига. Ориентация полос. Крэйзинг. Образование пор.
13. Хрупкое разрушение. Вязкость разрушения. Вязкоупругие свойства.
14. Волокна. Стекловолоконные волокна. Производство стекловолоконных волокон. Борные волокна, волокна карбида кремния и другие специальные волокна. Углеродные волокна. Их структура и свойства. Органические волокна. СВМПЭ. Адгезия. Волокна, нити и жгуты. Тканые и вязаные материалы. Препреги. Гибридные композиты.
15. Методы формования композитов. Литье. Литье под давлением. Экструзия. Отверждение реактопластов. Напыление. Формование в открытых пресс-формах. Автоклавное формование. Прессование. Вакуумформование.
16. Влияние ориентации на свойства полимеров. Разрушение при продольном сжатии. Потеря устойчивости волокон. Истощение несущей способности волокон. Разрушение органопластика при повышенной температуре. Разрушение стеклопластика. Влияние пор. Наполненные композиты
17. Волокна. Стекловолоконные волокна. Производство стекловолоконных волокон. Борные волокна, волокна карбида кремния. Углеродные волокна. Арамидные волокна. СВМПЭ.
18. Адгезия.
19. Форма волокон. Волокна, нити и жгуты. Тканые и вязаные материалы. Препреги. Гибридные композиты.
20. Разрушение волокнистых композитов при растяжении. Продольное разрушение. Растрескивание. Истощение несущей способности волокон. Теория Розена. Неэффективная длина волокна. Растрескивание вблизи отверстия.
21. Продольный модуль упругости. Поперечный модуль упругости. Модуль сдвига. Влияние температуры.
22. Разрушение при продольном сжатии. Потеря устойчивости волокон. Истощение несущей способности волокон. Разрушение органопластика при повышенной температуре. Разрушение стеклопластика. Влияние пор.
23. Наполненные композиты.



## Критерии оценивания

Оценка отлично 10 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 9 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 8 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо 7 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо 6 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо 5 баллов - выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно 4 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно 3 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно 2 балла - выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно 1 балл - выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

## 5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

При проведении устного дифференцированного зачета обучающемуся предоставляется 1 час на подготовку. Опрос обучающегося не должен превышать одного астрономического часа.