

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования

**МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ**  
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

«УТВЕРЖДАЮ»

Ректор МАИ

\_\_\_\_\_ А.Н. Геращенко

**Программа**  
**краткосрочного повышения квалификации преподавателей и научных работников**  
**высшей школы по направлению**  
**«Функциональные наноматериалы космической техники»**  
на базе учебного курса  
**«Физические основы наноструктур космической техники»**

Цель: ознакомление слушателей ФПК с основными физическими принципами, которые могут быть положены в основу создания новых наноматериалов, на базе основ физики конденсированного состояния, квантовой физики, физических основ воздействия лазерного излучения на вещество с различными физическими свойствами.

Категория слушателей: преподаватели и научные работники высшей школы

Срок обучения: 24 часа

Форма обучения: с частичным отрывом от работы

Режим занятий: 8 часов в день

**Требования к уровню освоения учебного курса**

Преподаватели и научные работники должны:

- Знать:
  - область применения физических принципов, которые могут быть положены в основу создания новых наноматериалов;
- Иметь навыки:
  - сбора, систематизации и анализа научно-технической и другой профессиональной информации в предметной области, включать приобретенные знания в уже имеющуюся систему знаний и применять эти знания в самостоятельных методических разработках;
  - переносить полученные знания о смежные предметные области и к использованию этих знаний для построения междисциплинарных методических разработок.
- Иметь представление:
  - о теоретических основах воздействия лазерного излучения на вещество с различными физическими свойствами.

- о методах моделирования пучка лазерного излучения
- о методах моделирования воздействия лазерного излучения на среды различной физической природы

### **Цели и задачи изучения дисциплины**

Цель изучения дисциплины — ознакомление преподавателей и научных работников (слушателей ФПК) с основными физическими принципами, которые могут быть положены в основу создания новых наноматериалов, на базе основ физики конденсированного состояния, квантовой физики, физических основ воздействия лазерного излучения на вещество с различными физическими свойствами.

После изучения курса «**Физические основы наноструктур космической техники**» слушатель ФПК должен знать и уметь использовать:

- физику кристаллического состояния, включая тепловые, электрические и магнитные свойства;
- иметь представление о теоретических основах и современных проблемах физики конденсированного состояния;
- иметь представление о взаимодействии лазерного излучения с материалами различной физической природы, о возможностях его применения для модификации на наноуровне физических свойств материалов и о методах математического моделирования этих процессов.

Курс «**Физические основы наноструктур космической техники**» включает в себя элементы фундаментальной научной дисциплины «Физика», которая является базовой при подготовке специалистов в области материаловедения, в том числе получения наноматериалов. Рассматриваются разделы физики: основы физики конденсированного состояния, а также основы радиационно-кондуктивного теплопереноса при взаимодействии высокоинтенсивного когерентного излучения с веществом.

Основой усвоения слушателями ФПК данного курса являются знания, полученные ранее при изучении общей физики, химии и математики и дисциплин специализации физического профиля. В своей теоретической части (лекции), курс дает представление о теоретических возможностях применения основных принципов физики к современным нано технологиям.

Цели курса достигаются в процессе дистанционного изучения с лекций и выполнения лабораторных работ очного практикума.

Курс объемом **24 часа** (лекции – 10 ч., СРС – 8 ч. Лабораторные работы 6 ч.). В качестве зачетной работы слушатели пишут реферат. Виды аттестации: очный теоретический зачет.

## Содержание дисциплины

Лекции могут быть представлены и изучены слушателями ФПК дистанционным образом, задания лабораторного практикума выполняются очно.

### Лекции

**Лекция 1 . Квантовый подход при изучении физики конденсированного состояния. Основы квантовой оптики.**

Тепловое излучение: Закон Кирхгофа. Формула Планка. Закон Стефана – Больцмана. Законы смещения и излучения Вина. Квантовые свойства света.

**Лекция 2. Фазы и фазовые переходы. Элементы кристаллографии.**

Классификация фазовых переходов. Теория Ландау. Типы симметрии в кристаллических структурах. Классификация твердых тел по характеру сил связи и типам кристаллических структур. Несовершенство и дефекты кристаллической решетки.

**Лекция 3. Элементы статистической физики конденсированного состояния. Зонная теория твердых тел.**

Вырожденные и невырожденные коллективы, их связь с классической и квантовой статистикой. Модель газа свободных и независимых электронов и бозонов. Распределение Ферми-Дирака. Вырожденные Ферми и Бозе газы. Формула Планка для излучения абсолютно черного тела.

Зоны Бриллюэна. Уравнение Шредингера в периодическом потенциале. Металлы, полупроводники, диэлектрики с точки зрения зонной теории.

**Лекция 4. Элементарные возбуждения в твердых телах. Динамика кристаллической решетки.**

Классификация элементарных возбуждений в кристаллах. Концепция квазичастиц. Квантовый характер колебаний кристаллической решетки. Импульс и энергия фононов. Теплоемкость твердого тела. Области низких и высоких температур. Теплоемкость электронного газа.

Электрические свойства конденсированных сред. Понятие о теории сверхпроводимости Бардина-Купера-Шриффера (БКШ-теория). Образование электронных пар Купера.

## Методические рекомендации по реализации учебной программы

На дистанционную и очную части учебного курса отводится по 12 часов соответственно. Полное содержание лекций в электронной дистанционной части учебного курса находится на сайте [www.nanoobr.ru](http://www.nanoobr.ru). Для контроля степени освоения теоретической части учебного курса (лекций) используются **тестовые вопросы** для самопроверки и **контрольные вопросы**.

### Тестовые вопросы к курсу

«Физические основы наноструктур космической техники»

**Лекция 1: Квантовый подход при изучении физики конденсированного состояния. Основы квантовой оптики.**

1. Тепловое излучение является?

- А) Неравновесным
- В) Равновесным

- Б) Когерентным
- Г) Солнечным

Ответ:

2. Длина волны в спектре излучения абсолютно черного тела с ростом температуры?

- А) Уменьшается
- В) Увеличивается

- Б) Не зависит от температуры
- Г) Не изменяется

Ответ:

3. Рассеяние фотона рентгеновского диапазона на свободном электроны - эффект?

- А) Джозефсона
- В) Комптона

- Б) Шоттки
- Г) Фотоэффект

Ответ:

4. Когерентным является излучение?

- А) Солнца
- В) Лазера

- Б) Нагретого тела
- Г) Люминисцентное

Ответ:

## **Лекция 2: Фазы и фазовые переходы. Элементы кристаллографии.**

1. Фазовые переходы первого рода сопровождаются?

- А) Постоянством температуры без подвода (отвода) тепла
- В) Выделением (поглощением) тепла и постоянством температуры

- Б) Выделением (поглощением) тепла и ростом температуры
- Г) Выделением (поглощением) тепла и понижением температуры

Ответ:

2. При фазовых переходах второго рода?

- А) Новая фаза возникает сразу по всему объему
- В) Новая фаза занимает часть объема старой фазы

- Б) Новая фаза образуется в виде зародышей и пузырьков
- Г) Старая фаза сохраняется

Ответ:

3. Анизотропия физических свойств характерна для?

- А) Ионных кристаллов
- В) Поликристаллов

- Б) Всех кристаллов
- Г) Монокристаллов

Ответ:

4. Дефектом по Шоттки называется?

- А) Дислокация
- В) Вакансия без расположенного вблизи междоузельного атома

- Б) Любая вакансия
- Г) Примесь

Ответ:

### Лекция 3: Элементы статистической физики конденсированного состояния. Зонная теория твердых тел.

1. Частица с полуцелым спином является?

- А) Бозоном  
В) Фермионом
- Б) Микрочастицей  
Г) Макрочастицей

Ответ:

2. Вероятность заполнения электронами уровня Ферми равна?

- А)  $\frac{1}{2}$   
В) 1
- Б)  $\frac{1}{10}$   
Г) 0

Ответ:

3. Валентная зона в металле заполнена электронами?

- А) Частично  
В) Полностью
- Б) Также как зона проводимости  
Г) Также как запрещенная зона

Ответ:

4. Запрещенная зона в диэлектрике?

- А) Больше 3 Эв  
В) Меньше 3 Эв
- Б) Отсутствует  
Г) Свободна

Ответ:

### Лекция 4: Элементарные возбуждения в твердых телах. Динамика кристаллической решетки.

1. Фонон в отличие от фотона является?

- А) Частицей  
В) Квазичастицей
- Б) Макрочастицей  
Г) Микрочастицей

Ответ:

2. Электропроводность полупроводника с увеличением температуры?

- А) Растет нелинейно  
В) Растет линейно
- Б) Уменьшается нелинейно  
Г) Не изменяется

Ответ:

3. Суть эффекта Мейснера?

- А) Внутри сверхпроводника магнитное поле отсутствует  
В) Внутри сверхпроводника магнитное поле растет линейно
- Б) Внутри сверхпроводника магнитное поле уменьшается нелинейно  
Г) Внутри сверхпроводника магнитное поле не изменяется

Ответ:

4. Куперовская пара это?

- А) Фермион  
В) Бозон
- Б) Экситон  
Г) Электрон

Ответ:

### Контрольные вопросы

**для проверки материала в количестве 18 вопросов**

- 1) Что называется тепловым излучением?
- 2) Каковы основные физические законы теплового излучения ?
- 3) В чем состоит корпускулярно-волновой дуализм света? Квантовая природа света.?
- 4) В чем состоит гипотеза Планка? Что описывает формула Планка?
- 5) Как классифицируются фазовые переходы ?
- 6) Приведите примеры фазовых переходов второго рода?
- 7) Идея теории Ландау?
- 8) Как классифицируются твердые тела по характеру сил связи и типам кристаллических структур?
- 9) Распределение Ферми-Дирака. Вырожденные и невырожденные коллективы. Вырожденные Ферми и Бозе газы?
- 10) Уравнение Шредингера в периодическом потенциале.
- 11) Чем отличаются металлы, диэлектрики и полупроводники с точки зрения зонной теории?
- 12) В чем состоит концепция квазичастиц для описания элементарных возбуждений в кристаллах?
- 13) Чем отличается фононный газ от фотонного газа?
- 14) Что такое экситон?
- 15) Чем отличаются классическая теория (закон Дюлонга-Пти) и квантовые (Эйнштейна и Дебая) теории теплоемкости твердых тел?
- 16) Как объясняется зависимость электропроводности твердых тел от температуры?
- 17) Что такое эффект Джозефсона?
- 18) В чем состоят основные положения теории сверхпроводимости Бардина-Купера-Шриффера (БКШ-теории)?

**Темы рефератов:**

- 1. Основы квантовой оптики**
- 2. Постановка задачи переноса излучения.**
- 3. Фазы и фазовые переходы.**
- 4. Элементы кристаллографии.**
- 5. Элементы статистической физики конденсированного состояния.**
- 6. Зонная теория твердых тел.**
- 7. Элементарные возбуждения в твердых телах. Динамика кристаллической решетки.**
- 8. Сверхпроводимость.**

**Учебно-тематический план**

№	Название учебного курса и лекций	Всего, час.	в том числе (указать часы)			Форма контроля
			Дистанционные лекции	Самостоятельная работа.	Очный практикум	

			(самостоятельное изучение, дистанционное общение с преподавателем, вопросы-ответы через email, форум, чат и др.)	Подготовка ответов на контрольные вопросы	или другое практическое задание	
	<b>«Физические основы наноструктур космической техники»</b>	24 ч.	10 ч.	2 ч.	12 ч.	Тестовые и контрольные вопросы  Реферат
1.	<b>Лекция1:</b> Квантовый подход при изучении физики конденсированного состояния. Основы квантовой оптики.		2,5 ч.	0,5ч.		
2.	<b>Лекция2:</b> Фазы и фазовые переходы. Элементы кристаллографии		2,5 ч.	0,5ч.		
3.	<b>Лекция3:</b> Элементы статистической физики конденсированного состояния. Зонная теория твердых тел.		2,5 ч.	0,5ч.		
4.	<b>Лекция4:</b> Элементарные возбуждения в твердых телах. Динамика кристаллической решетки.		2,5 ч.	0,5ч.		
Итоговый контроль				Тестовые и контрольные вопросы	Реферат	Зачет

### ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ (12ч.)

Очная (экспериментальная) часть учебного курса заключается в изучении

основных принципов квантовой физики и физики твердого тела. Основные задания на лабораторный практикум слушатель может выбрать из приведенного ниже перечня. Каждый слушатель может выполнить очно 3 лабораторные работы по 4 часа.

В перечне работы имеют двойную нумерацию, например, №1-120. Здесь первая цифра 1- порядковый номер из перечня, 120 – номер в учебном пособии [15,16] .

#### **Перечень лабораторных работ:**

- 1..Лабораторная работа №1-120. Исследование энергетической светимости абсолютно черного тела.
- 2..Лабораторная работа №2-122. Изучение законов внешнего фотоэффекта.
3. Лабораторная работа №3- 124. Спектральный анализ сплавов.
- 4..Лабораторная работа №4-127. Определение постоянной Планка.
5. Лабораторная работа №5-136. Исследование внутреннего фотоэффекта.
- 6Лабораторная работа №6-132. Исследование полупроводникового диода.
- 7..Лабораторная работа №7-133. Исследование кристаллического триода, включенного по схеме с общей базой.
- 8..Лабораторная работа № 8-134. Исследование кристаллического триода, включенного по схеме с общим эмиттером.
- 9..Лабораторная работа №9-135. Исследование электропроводности полупроводников.
- 10..Лабораторная работа №10-137. Исследование вентильного фотоэффекта.
11. Лабораторная работа №11-170. Применение эффекта Холла.

В конце заочной части учебного курса слушатели готовят отчеты по **темам контрольных рефератов**, которые используются для контроля степени усвоения всего учебного курса. Контроль знаний осуществляется очной сдачей теоретического зачета.

#### **Учебная и методическая литература.**

1. Лифшиц Е.М., Питаевский Л.П. Теоретическая физика т.9. Статистическая физика ч.2. Теория конденсированного состояния, т.9. -М.: Наука, 2000.
2. Зеегер К. Физика полупроводников.- М.:Мир,1977.
3. Майер Дж., Гипперт-Майер М. Статистическая механика. - М.: Мир, 1980.
4. 4. Елифанов Г.И. Физика твердого тела. –М., Наука, 2001.
5. Пайерлс Р Сюрпризы в теоретической физике –М.,Наука, 1988.
- 6.Физика твердого тела. Учебное пособие для технических университетов/ Под ред.И.К.Верещагина.-. М.: Издательский дом МФО, 1998.
- 7.Воронов В.К., Подоплелов А.В. Современная физика: Учебное пособие.- М.КомКнига,2005.-512 с.
8. Бондарев Б.В., Спириин Г.Г. Курс общей физики. - М.:Высш.шк.,2005.



9. **Тарасов В.Е.** Квантовая механика: Лекции по основам теории: Учеб. пособие - М.: Вузовская книга, 2000.
10. **Савельев И.В.** Курс общей физики. - М.: Наука., 1985.
11. **Иродов И.Е.** Квантовая физика. Основные законы - М.: Лаборатория Базовых Знаний , 2003.
12. **Иродов И.Е.** Физика макросистем. Основные законы - М.: Лаборатория Базовых Знаний , 2003.
13. **Суханов А.Д.** Лекции по квантовой физике: Учебное пособие.- М. Высш.шк., 1991..
14. **Анисимов В.М., Лаушкина Л.А., Третьякова О.Н.** Физика в задачах/под ред. О.Н.Третьяковой - М.: Вузовская книга, 2002.
15. **Анисимов В.М., Солохина Г.Э.** Лабораторные работы по физике: часть 2. Электричество. Оптика. Атомная физика. Физика твердого тела/ под. ред. Г.Г. Спирина. – М.: Изд-во МАИ, 2003.
16. **Анисимов В.М., Данилова И.Н., Пронина В.С., Солохина Г.Э.** Лабораторные работы по физике: часть 2. Электричество. Оптика. Атомная физика. Физика твердого тела/ под. ред. Г.Г. Спирина. – М.: Изд-во МАИ, 2008.
17. **Анисимов В.М., Третьякова О.Н.** Практический курс физики. Основы квантовой физики/ под ред. Г.Г. Спирина.- М.: Изд-во МАИ, 2007.
18. **Мартыненко Т.П., Одинцова Г.А., Пронина В.С., Соколова Е.Ю.** Практический курс физики. Квантовая физика. Элементы физики твердого тела и ядерной физики/ под ред. Г.Г. Спирина.- М.: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 2008.

#### **Технические и другие средства обучения**

- Учебный сайт кафедры физики МАИ для системы дистанционного обучения [kaf801.ru](http://kaf801.ru).

Программу составил

Профессор каф.801 Третьякова О.Н.