

**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

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Методы прикладного физического анализа
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Физика перспективных технологий: электроника и квантовые технологии Физтех-школа Электроники, Фотоники и Молекулярной Физики кафедра физической электроники
курс:	4
квалификация:	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 7 (осенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 60 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 30 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 30 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Программу составил: В.П. Пономаренко, д-р физ.-мат. наук, профессор

Программа обсуждена на заседании кафедры физической электроники 29.05.2020

Аннотация

Курс "Методы прикладного физического анализа" предусматривает изучение методов прикладного физического анализа (на примере методологий, применяемых в научном направлении «Квантовая фотосенорика»).

Задачи курса:

- ознакомление с основными физическими материалами и методами их синтеза при создании устройств регистрации электромагнитного излучения
- изучение принципов создания современных фотосенсорных структур
- ознакомление с новым поколением фотонных матриц ИК-диапазона

Основное содержание курса изложено в следующих разделах:

1. 1. Оптические свойства атмосферы. Особенности пропускания и поглощения.
2. 2. Естественные и искусственные источники излучения. Небесный фон в видимой и ИК-областях спектра. Космический фон.
3. 3. Фотосенсорика. Принципы регистрации электромагнитного излучения.
4. 4. Фоточувствительный материалы. Система требований к параметрам. Твердые растворы, бинарные соединения, моноатомные полупроводники.
5. 5. Фоточувствительные структуры. Система параметров.
6. 6. Три поколения фотосенсорных устройств. Фотонные матрицы.
7. 7. Квантоворазмерные структуры.
8. 8. Многоспектральные фотонные матрицы
9. 9. Основные области применения

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- изучение методов прикладного физического анализа (на примере методологий, применяемых в научном направлении «Квантовая фотосенорика»).

Задачи дисциплины

- ознакомление с основными физическими материалами и методами их синтеза при создании устройств регистрации электромагнитного излучения;
- изучение принципов создания современных фотосенсорных структур;
- ознакомление с новым поколением фотонных матриц ИК-диапазона.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя этапы ее решения, действия по решению задачи
ПК-1 Способен планировать и проводить научные эксперименты (в избранной предметной области) и (или) теоретические (аналитические и имитационные) исследования	ПК-1.1 Владеет фундаментальными понятиями, законами и теориями современной физики
	ПК-1.4 Умеет строить математические модели для описания и исследования процессов и явлений в соответствующих научных областях
	ПК-1.8 Владеет навыками работы с современными языками программирования и программными пакетами для научных расчетов

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные подходы к созданию современных квантовых фотосенсорных устройств и методологию разработок в этой области;
- современный уровень разработок в этой области науки и техники;
- основные области применения квантовых фотосенсорных устройств в различных отраслях науки и техники;
- вклад основных отечественных и иностранных разработчиков в решение проблем квантовой фотосенсорики.

уметь:

- выбрать оптимальную структуру построения фотонной матрицы и спрогнозировать ее базовые параметры;
- выбрать оптимальный материал для построения фотонной матрицы;
- найти требуемый материал в литературных источниках и других базах данных.

владеть:

- основными теоретическими подходами к проектированию квантовых фотосенсорных устройств;
- навыками применения базовых знаний теории и методов математических и физических исследований при физическом проектировании квантовых фотосенсорных устройств.

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	Оптические свойства атмосферы.	2	2		4
2	Естественные и искусственные источники излучения.	4	4		4
3	Фотосенсорика. Принципы регистрации электромагнитного излучения.	4	4		2
4	Фоточувствительный материалы.	4	4		4
5	Фоточувствительные структуры.	4	4		4
6	Фотосенсорные устройства.	4	4		4
7	Квантоворазмерные структуры.	4	4		2
8	Фотонные матрицы.	2	2		2
9	Заключение.	2	2		4
Итого часов		30	30		30
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		90 час., 2 зач.ед.			

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

Семестр: 7 (Осенний)

1. Оптические свойства атмосферы.

Оптические свойства атмосферы. Особенности пропускания и поглощения.

2. Естественные и искусственные источники излучения.

Естественные и искусственные источники излучения. Небесный фон в видимой и ИК-областях спектра. Космический фон.

3. Фотосенсорика. Принципы регистрации электромагнитного излучения.

Фотосенсорика.

4. Фоточувствительный материалы.

Фоточувствительный материалы. Система требований к параметрам. Твердые растворы, бинарные соединения, моноатомные полупроводники.

5. Фоточувствительные структуры.

Фоточувствительные структуры. Система параметров.

6. Фотосенсорные устройства.

Три поколения фотосенсорных устройств. Фотонные матрицы.

7. Квантоворазмерные структуры.

Квантоворазмерные структуры. Особенности строения, применение.

8. Фотонные матрицы.

Квантоворазмерные структуры. Устройство и применение.

9. Заключение.

Основные области применения изделий фотосенсорики.

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

Необходимое оборудование для лекций и практических занятий: учебная аудитория, оснащенная компьютером и мультимедийным оборудованием (проектор, звуковая система).

Обеспечение самостоятельной работы: доступ в сеть Интернет, доступ к рекомендованной литературе.

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Филачев А.М., Таубкин И.И., Тришенков М.А. Твердотельная фотоэлектроника: фотодиоды. М., Изд. "Физматкнига", 2011г.
2. Рогальский А. Инфракрасные детекторы. Под ред. Войцеховского А.В.: Перевод с английского. Новосибирск, Изд. "Наука", 2003г.
3. Г.Крёмер. Квазиэлектрическое поле и разрывы зон. Обучение электронов новым фокусам (Нобелевская лекция). Успехи физических наук, т.172, №9, 2002, с.1087-1101; Алферов Ж.И. Двойные гетероструктуры: концепция и применения в физике, электронике и технологии (Нобелевская лекция). Успехи физических наук, т.172, №9, 2002, с.1068-1086
4. Пономаренко В.П., Филачев А.М. Инфракрасная техника и электронная оптика. Становление научных направлений. М., Изд. "Физматкнига", 2006г.

Дополнительная литература

1. Фотоприемники видимого и ИК диапазонов. Под ред. Р.Дж.Киеса: Перевод с английского. М., Изд. "Радио и связь", 1985г.
2. Стафеев В.И. Начальные этапы становления полупроводниковой электроники в СССР (К 60-летию открытия транзистора). ФТП, 44, №5, 2010, с.577-583

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

Не используются

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

мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций.

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

- 1) посещение всех лекций и семинаров, предусмотренных учебным планом; ведение конспектов занятий; активное участие в обсуждении лекций и семинаров;
- 2) важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультацией к преподавателю на лекции или к докладчику на семинаре.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Физика перспективных технологий: электроника и квантовые технологии Физтех-школа Электроники, Фотоники и Молекулярной Физики кафедра физической электроники
курс:	4
квалификация:	бакалавр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 7 (осенний) - Дифференцированный зачет	
Разработчик:	В.П. Пономаренко, д-р физ.-мат. наук, профессор

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя этапы ее решения, действия по решению задачи
ПК-1 Способен планировать и проводить научные эксперименты (в избранной предметной области) и (или) теоретические (аналитические и имитационные) исследования	ПК-1.1 Владеет фундаментальными понятиями, законами и теориями современной физики
	ПК-1.4 Умеет строить математические модели для описания и исследования процессов и явлений в соответствующих научных областях
	ПК-1.8 Владеет навыками работы с современными языками программирования и программными пакетами для научных расчетов

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Методы прикладного физического анализа» обучающийся должен:

знать:

- основные подходы к созданию современных квантовых фотосенсорных устройств и методологию разработок в этой области;
- современный уровень разработок в этой области науки и техники;
- основные области применения квантовых фотосенсорных устройств в различных отраслях науки и техники;
- вклад основных отечественных и иностранных разработчиков в решение проблем квантовой фотосенсорики.

уметь:

- выбрать оптимальную структуру построения фотонной матрицы и спрогнозировать ее базовые параметры;
- выбрать оптимальный материал для построения фотонной матрицы;
- найти требуемый материал в литературных источниках и других базах данных.

владеть:

- основными теоретическими подходами к проектированию квантовых фотосенсорных устройств;
- навыками применения базовых знаний теории и методов математических и физических исследований при физическом проектировании квантовых фотосенсорных устройств.

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

1. Основные виды взаимодействия электромагнитного излучения с веществом.
2. Прохождение излучения через земную атмосферу. Окна «прозрачности».
3. Определение фотонного сенсора.
4. Принципы создания твердотельных и вакуумных сенсоров. Фотонные двумерные матрицы.
5. Подходы к формированию требований к характеристикам фоточувствительных материалов.
6. Однокомпонентные, бинарные, тройные и многокомпонентные материалы и соединения. Интерполяционные схемы. Работы Горюновой Н.А. и Г.Велькера.

7. Твердые растворы теллуридов кадмия-ртути и арсенидов галлия-индия. Зонная структура и основные свойства. Основоположники направления.
8. Антимонид индия. Зонная структура и основные свойства. Основоположники направления.
9. Фотодиоды (гомопереход, гетероструктура, лавинные структуры, барьеры Шоттки).
10. Квантоворазмерные структуры (QWIP, кантовые нити и точки)
11. Система основных характеристик (обнаружительная способность, пороговая мощность, быстродействие)
12. Мировой рынок фотонных матриц. Основные достижения (обновляется ежегодно).

Критерии оценивания

10 баллов — (ПРЕВОСХОДНО):

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы, а также по основным вопросам, выходящим за ее пределы;
- точное использование научной терминологии (в том числе на иностранном языке), стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы;
- безупречное владение инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- выраженная способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы в нестандартной ситуации;
- полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку, использовать научные достижения других дисциплин;
- творческая самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, активное участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

9 баллов — (ОТЛИЧНО):

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы;
- точное использование научной терминологии (в том числе на иностранном языке), стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы в нестандартной ситуации в рамках учебной программы, полное усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку;
- самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, творческое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

8 баллов — (ПОЧТИ ОТЛИЧНО):

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем поставленным вопросам в объеме учебной программы;
- использование научной терминологии, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;
- владение инструментарием учебной дисциплины (методами комплексного анализа, техникой информационных технологий), умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач; способность самостоятельно решать сложные проблемы в рамках учебной программы;
- усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку с позиций государственной идеологии (по дисциплинам социально-гуманитарного цикла);
- активная самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, систематическое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

7 баллов — (ОЧЕНЬ ХОРОШО):

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы;

- использование научной терминологии (в том числе на иностранном языке), лингвистически и логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку;
- самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

6 баллов — (ХОРОШО):

- достаточно полные и систематизированные знания в объеме учебной программы;
- использование необходимой научной терминологии, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении учебных и профессиональных задач; способность самостоятельно применять типовые решения в рамках учебной программы;
- усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в базовых теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им сравнительную оценку; активная самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, периодическое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

5 баллов — (ПОЧТИ ХОРОШО):

- достаточные знания в объеме учебной программы;
- использование научной терминологии, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать выводы;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении учебных и профессиональных задач;
- способность самостоятельно применять типовые решения в рамках учебной программы;
- усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в базовых теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им сравнительную оценку;
- самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

4 балла — (УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО), ЗАЧТЕНО:

- достаточный объем знаний в рамках образовательного стандарта;
- усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- использование научной терминологии, стилистическое и логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении стандартных (типовых) задач;
- умение под руководством преподавателя решать стандартные (типовые) задачи;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им оценку;
- работа под руководством преподавателя на практических, лабораторных занятиях, допустимый уровень культуры исполнения заданий.

3 балла — (НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО), НЕЗАЧТЕНО:

- недостаточно полный объем знаний в рамках образовательного стандарта;
- знание части основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- использование научной терминологии, изложение ответа на вопросы с существенными лингвистическими и логическими ошибками;
- слабое владение инструментарием учебной дисциплины, некомпетентность в решении стандартных (типовых) задач;
- неумение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях изучаемой дисциплины;
- пассивность на практических и лабораторных занятиях, низкий уровень культуры исполнения заданий.

2 балла — (НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО):

- фрагментарные знания в рамках образовательного стандарта;
- знания отдельных литературных источников, рекомендованных учебной программой дисциплины;
- неумение использовать научную терминологию дисциплины, наличие в ответе грубых стилистических и логических ошибок;
- пассивность на практических и лабораторных занятиях, низкий уровень культуры исполнения заданий.

1 балл — (НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО):

- отсутствие знаний и компетенций в рамках образовательного стандарта или отказ от ответа.

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

При проведении дифференцированного зачета обучающемуся предоставляется 60 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету не должен превышать двух астрономических часов в устной и (или) письменной форме.