

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе  
Российской академии наук

УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора Института по научной работе

 П.Н. Брунков

«03» 01 2020 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ  
**АВТОМАТИЗАЦИЯ ФИЗИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА**  
основной образовательной программы подготовки  
научно-педагогических кадров в аспирантуре  
по направлению 03.06.01 Физика и астрономия

Профиль 01.04.05 Оптика

Квалификация:

Исследователь. Преподаватель-исследователь.

Принято Ученым советом

Протокол №4 от 29.03.2019

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

2020 г.



Рабочая программа составлена на основании федеральных государственных образовательных стандартов основных образовательных программ высшего образования подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению 03.06.01 Физика и астрономия, профиль 01.04.05 Оптика

## **1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Целью и задачами изучения дисциплины является ознакомление аспирантов с принципами автоматизации физического эксперимента (АФЭ), применяемыми в технической физике. Аспиранты должны получить знания основ аппаратных и программных средств, применяемых при автоматизации экспериментов, познакомиться с современными методами разработки и конструирования радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) и создания прикладного программного обеспечения физического эксперимента. В процессе обучения аспиранты принимают активное участие в создании конкретной системы автоматизации физического эксперимента.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП**

- 2.1. Учебная дисциплина «Автоматизация физического эксперимента» входит в вариативную часть ООП как дисциплина по выбору.
- 2.2. Данная программа строится на преемственности программ в системе высшего образования и предназначена для аспирантов ФТИ им. А.Ф. Иоффе, прошедших обучение по программе подготовки магистров, прослушавших соответствующие курсы и имеющих по ним положительные оценки. Она основывается на положениях, отраженных в учебных программах указанных уровней.
- 2.3. Дисциплина «Автоматизация физического эксперимента» необходима при подготовке выпускной квалификационной работы аспиранта и подготовке к сдаче кандидатского экзамена.

## **3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Процесс изучения дисциплины «Автоматизация физического эксперимента» направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ООП по направлению подготовки «Физическая электроника»:

### ***3.1. Универсальные компетенции:***

- способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1).

### ***3.2. Общепрофессиональные компетенции:***

- способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1).

### ***3.3. Профессиональные компетенции:***

- способность формулировать задачи экспериментальных исследований, планировать и реализовывать постановку экспериментов, направленных на решение поставленных задач (ПК-1);

- способность проводить самостоятельные исследования, владеть современными методами оптической спектроскопии (ПК-2);

- способность принимать участие в разработке новых методов и методических подходов в научных исследованиях в области оптики (ПК-3).

По окончании изучения дисциплины аспиранты должны будут:

**знать:**

- основные принципы построения систем автоматизации физического эксперимента;
- основные методы разработки и конструирования радиоэлектронной аппаратуры, представляющей аппаратную часть систем автоматизации;
- основные методы разработки программного обеспечения систем автоматизации;

**уметь:**

- разрабатывать структурные и функциональные схемы систем автоматизации конкретных физических экспериментов;
- разрабатывать электрические принципиальные схемы радиоэлектронной аппаратуры, входящей в состав системы автоматизации;
- конструировать радиоэлектронную аппаратуру, входящую в состав системы автоматизации;
- разрабатывать программное обеспечение систем, обеспечивающих автоматизацию физического эксперимента;

**владеть опытом:**

- создания систем автоматизации физического эксперимента.

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Приводимая ниже таблица показывает распределение учебного времени, отводимого на освоение основных разделов курса, согласно учебному плану на 2 году обучения.

##### 4.2. Разделы дисциплины и виды занятий

Наименование разделов и тем	Трудоемкость (в ЗЕТ)	Объем работы (в часах)	Всего учебных занятий (в часах)			
			лекции	Лаб. / практ	самостоятельная работа	контроль
1	2	3	4	5	6	7
<b>Раздел 1. Введение</b>						
Тема 1.1 Этапы разработки систем автоматизации		3,5	0,5		3	

физического эксперимента (АФЭ).						
Тема 1.2. Этапы разработки радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) и программного обеспечения для систем ФЭ.		3,5	0,5		3	
Всего по разделу		7	1		6	
<b>Раздел 2. РАЭ съёма и кодирования информации с детекторов</b>						
Тема 2.1. Устройства съёма, усиления и формирования сигналов с детекторов.		6,5	0,5		6	
Тема 2.2. Методы аналогового преобразования сигналов. Задачи амплитудной селекции.		6,5	0,5		6	
Тема 2.3. Кодирование временной и амплитудной информации.		8	1		7	
Тема 2.4. РАЭ для получения пространственной информации с позиционно-чувствительных детекторов.		8	1		7	
Тема 2.5. Разработка цифровых устройств на микросхемах гибкой логики. Основы проектирования цифровых устройств в рамках пакета Quartus II.		7	1		6	
Всего по разделу		36	4		32	

<b>Раздел 3. Магистрально-модульные системы.</b>						
Тема 3.1. Основы построения магистрально-модульных систем. Автоматизированные рабочие станции.		7	1		6	
Тема 3.2. Организация однокрейтовых и многокрейтовых систем. Системы команд.		7	1		6	
Тема 3.3. Системы на линии с ЭВМ. Организация последовательного и параллельного интерфейса передачи данных.		7	1		6	
Тема 3.4. Развитие электронных модульных микропроцессорных систем для автоматизации физического эксперимента. Применение микропроцессоров в системах сбора и обработки информации.		7	1		6	
Всего по разделу		28	4		24	
<b>Раздел 4. Конструирование РАЭ.</b>						
Тема 4.1. Требования к конструкции РЭА для физического эксперимента.		3,5	0,5		3	
Тема 4.2. Создание электронных схем и топологии печатных плат в среде автоматического проектирования радиоэлектронных устройств.		3,5	0,5		3	
Всего по разделу		7	1		6	

Раздел 5. Программное обеспечение АФЭ.						
Тема 5.1. Структура программного обеспечения системы АФЭ по управлению, сбору и обработке данных.		3,5	0,5		3	
Тема 5.2. Система команд чтения, записи и управления модулей на магистрали крейта.		3,5	0,5		3	
Тема 5.3. Разработка программного обеспечения для передачи данных по последовательному интерфейсу.		3,5	0,5		3	
Тема 5.4. Разработка программного обеспечения для передачи данных по параллельному интерфейсу.		3,5	0,5		3	
Всего по разделу		14	2		12	
Раздел 6. Заключение.						
Тема 6.1. Примеры автоматизации физических экспериментов в лабораториях ФТИ им. А.Ф.Иоффе, ПИЯФ им. Б.П.Константинова, Радиевого института им. В.Г.Хлопина и других научных-исследовательских центрах, в том числе и зарубежных.		7	1		6	
Тема 6.2. Представление самостоятельных разработок систем АФЭ.		15	1		8	
Всего по разделу		16	2		14	
<b>Всего по дисциплине</b>		<b>108</b>	<b>14</b>		<b>94</b>	<b>зачет</b>

#### 4.4. Содержание разделов дисциплины.

##### Раздел 1. Введение.

Основные задачи курса. Этапы разработки систем автоматизации физического эксперимента. Понятие однопараметрических и многопараметрических систем АФЭ. Этапы разработки РЭА и программного обеспечения для систем АФЭ.

##### Раздел 2. РАЭ съёма и кодирования информации с детекторов.

Устройства съёма, усиления и формирования сигналов с детекторов. Методы аналогового преобразования сигналов. Задачи амплитудной селекции. Устройства временной селекции. Устройства счета событий. Кодирование временной и амплитудной информации. РАЭ для получения пространственной информации с позиционно-чувствительных детекторов.

Методы автоматической стабилизации параметров спектрометрических трактов. Кодирование информации в многодетекторных системах. Устройства промежуточного хранения информации в аналоговой и цифровой форме. Разработка цифровых устройств на микросхемах гибкой логики. Основы проектирования цифровых устройств в рамках пакета Quartus II.

##### Раздел 3. Магистрально-модульные системы.

Основы построения магистрально-модульных систем. Автоматизированные рабочие станции. Стандарты на электрические и механические параметры систем. Системы команд. Система на линии с ЭВМ. Организация однокрейтовых и многокрейтовых систем. Организация параллельного и последовательного интерфейса передачи данных. Развитие

электронных модульных микропроцессорных систем для автоматизации физического эксперимента. Применение микропроцессоров на различных уровнях в системах сбора и обработки информации.

#### **Раздел 4. Конструирование РАЭ.**

Требования к конструкции РЭА для космофизического эксперимента. Система автоматического проектирования радиоэлектронных устройств PCAD 2004. Создание электронных схем. Разработка топологии печатных плат. Подготовка конструкторской документации.

#### **Раздел 5. Программное обеспечение АФЭ.**

Структура программного обеспечения системы АФЭ, обеспечивающая управление, сбор и обработку данных. Система команд чтения, записи и управления модулей на магистрали крейта. Разработка программного обеспечения для передачи данных по последовательному и параллельному интерфейсам.

#### **Раздел 6. Заключение**

Примеры автоматизации физических экспериментов в лабораториях ФТИ им. А.Ф.Иоффе, ПИЯФ им. Б.П.Константинова, Радиевого института им. В.Г. Хлопина и крупных международных научно-исследовательских центрах.

### **5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Технология процесса обучения по дисциплине «Автоматизация физического эксперимента» включает в себя следующие образовательные мероприятия:

- а) аудиторные занятия (лекционно-семинарская форма обучения);
- б) самостоятельная работа студентов;
- г) контрольные мероприятия в процессе обучения и по его окончанию;
- д) экзамен по окончании изучения дисциплины.

В учебном процессе используются как активные, так и интерактивные формы проведения занятий: дискуссия, метод поиска быстрых решений в группе, мозговой штурм.

Аудиторные занятия проводятся в интерактивной форме с использованием мультимедийного обеспечения (ноутбук, проектор) и технологии проблемного обучения.

Презентации позволяют качественно иллюстрировать практические занятия схемами, формулами, чертежами, рисунками. Кроме того, презентации позволяют четко структурировать материал занятия.

Электронная презентация позволяет отобразить процессы в динамике, что позволяет улучшить восприятие материала.

Самостоятельная работа организована в соответствии с технологией проблемного обучения и предполагает следующие формы активности:

- самостоятельная проработка учебно-проблемных задач, выполняемая с привлечением основной и дополнительной литературы;
- поиск научно-технической информации в открытых источниках с целью анализа и выявления ключевых особенностей.

Основные аспекты применяемой технологии проблемного обучения:

- постановка проблемных задач отвечает целям освоения дисциплины «Автоматизация физического эксперимента» и формирует необходимые компетенции;
- решаемые проблемные задачи стимулируют познавательную деятельность и научно-исследовательскую активность аспирантов.

### **6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И**

## **ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

Цель контроля - получение информации о результатах обучения и степени их соответствия результатам обучения.

### **6.1. Текущий контроль**

Текущий контроль успеваемости, т.е. проверка усвоения учебного материала, регулярно осуществляемая на протяжении семестра. Текущий контроль знаний аспирантов организован как выступление на семинарах.

Текущая самостоятельная работа аспиранта направлена на углубление и закрепление знаний, и развитие практических умений.

### **6.2. Перечень контрольных вопросов для зачета**

1. Этапы разработки систем автоматизации физического эксперимента.
2. Однопараметрические и многопараметрические системы АФЭ.
3. Этапы разработки РЭА и программного обеспечения для систем АФЭ.
4. Устройства съёма, усиления и формирования сигналов с детекторов.
5. Методы аналогового преобразования сигналов.
6. Устройства временной селекции и устройства счета событий.
7. Кодирование временной и амплитудной информации.
8. РАЭ для получения пространственной информации с позиционно-чувствительных детекторов.
9. Автоматическая стабилизация параметров спектрометрических установок.
10. Кодирование информации в многодетекторных системах.
11. Устройства промежуточного хранения информации в аналоговой и цифровой форме.
12. Разработка цифровых устройств на микросхемах гибкой логики. Основы проектирования цифровых устройств в рамках пакета Quartus II.
13. Магистрально-модульные системы.
14. Организация последовательного и параллельного интерфейса передачи данных на компьютер.
15. Применение микропроцессоров на уровнях управления параметрами, сбора и обработки информации. Программирование микропроцессоров.
16. Среда автоматического проектирования радиоэлектронных устройств. Создание электронных схем. Разработка топологии печатных плат.
17. Примеры автоматизации физических экспериментов.
18. Структура программного обеспечения системы АФЭ.

### **6.3. Промежуточная аттестация**

Промежуточная аттестация завершает изучение дисциплины «Автоматизация физического эксперимента». Форма аттестации – экзамен в письменной или устной форме. Экзамен проводится в 6 семестре.

Экзаменационный билет состоит из 2 теоретических вопросов и 5 тестовых заданий, тематика которых представлена в программе кандидатского экзамена.

На экзамене аспирант должен продемонстрировать высокий научный уровень и научные знания по дисциплине “Автоматизация физического эксперимента”.

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **7.1. Основная литература**

1. Певчев, Ю. Ф. Автоматизация физического эксперимента: Учеб. пособие для физ. спец. Вузов М.: Энергоатомиздат, 1986. – 367 с
2. Александр Лопаткин. P-CAD2004/ Санкт – Петербург. "БХВ – Петербург" - 2006. 545с.
3. Антонов А.П. Язык описания цифровых устройств. Altera HDL. – М. – РадиоСофт. 2002. – 202с.
4. [www/nucphys.sinp.msu.ru/electronics/](http://www/nucphys.sinp.msu.ru/electronics/)Проект кафедры общей ядерной физики физического факультета МГУ при поддержке НИИЯФ МГУ.

### **7.2. Дополнительная литература**

1. Архангельский Ф. Я. Справочное пособие. М.: ООО" Бином-Пресс". – 2004.- 1024с.
2. П. А. Бутырин, Т. А. Васьковская, В. В. Каратаев, С. В. Материнкин Автоматизация физических исследований и эксперимента компьютерные измерения и виртуальные приборы на основе LabVIEW7 - ДМК пресс. 2005. – 164 с.
3. Бойко В.И., Гуожий А.Н. Схемотехника электронных устройств. Аналоговые и импульсные устройства. М.: "Радиософт"– 2004. – 496с.
4. Минеев Л. И., Хромова Л.А. АВТОМАТИЗАЦИЯ ФИЗИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА В ЛАБОРАТОРНОМ ПРАКТИКУМЕ. Альманах современной науки и образования, № 6 (25) 2009 121с.

### **7.3. Интернет-ресурсы**

Отечественные журналы:

1. Известия вузов. Материалы электронной техники ((<http://met.misis.ru/index.php/jour>); доступ с 2012 по текущий год)
2. Квантовая электроника (<http://www.quantum-electron.ru/pa.phtml?page=onlcont>; доступ с 1971 по 2012)
3. Микроэлектроника ([http://elibrary.ru/title\\_about.asp?id=7900](http://elibrary.ru/title_about.asp?id=7900); доступ с 2007 по текущий год)

Отечественные журналы в переводе:

1. Quantum Electronics (<http://iopscience.iop.org/1063-7818/>; доступ с 1971 по текущий год)
2. Russian Microelectronics (<http://link.springer.com/journal/1118>; доступ с 2009 по текущий год)

Иностранные журналы:

Advanced Electronic Materials  
(<http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1002/%28ISSN%292199-160X>; доступ с 2015 года)

1. IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering (<http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1002/%28ISSN%291931-4981>; доступ с 2006 по текущий год)
2. Journal of Electronic Materials (<http://link.springer.com/journal/11664>; доступ с 1972 по текущий год)
3. Microelectronic Engineering (<http://www.sciencedirect.com/science/journal/01679317>; доступ с 2006 по текущий год)
4. Microelectronics Journal (<http://www.sciencedirect.com/science/journal/00262692>; доступ с 2006 по текущий год)



5. Microwave Journal (<http://www.microwavejournal.com/publications/>; доступ с 2002 по текущий год)
6. Nature Photonics (<http://www.nature.com/nphoton/index.html>; доступ с 2007 по текущий год)
7. Opto-Electronics Review (<http://link.springer.com/journal/11772>; доступ с 2006 по 2014)
8. Progress in Quantum Electronics (<http://www.sciencedirect.com/science/journal/00796727>; доступ с 2006 по текущий год)
9. Solid-State Electronics (<http://www.sciencedirect.com/science/journal/00381101>; доступ с 2006 по текущий год)

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

1. Лекционная аудитория
2. Мультимедийный проектор
3. Персональный компьютер
4. Компьютерный класс
5. Учебная лаборатория и стенды для проведения практических занятий.
6. Научные лаборатории, в которых находятся действующие системы автоматизации различных физических экспериментов.