

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН»

УТВЕРЖДАЮ
директор ИЯФ СО РАН,

академик _____ П.В.Логачев

«_____» _____ 2018 г.

ТЕОРИЯ И МЕТОДЫ ФИЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

Рабочая программа дисциплины

Направление подготовки

03.06.01 Физика и астрономия (уровень подготовки кадров высшей квалификации)

Общая трудоемкость дисциплины: 3 зачетные единицы – **108** часа.

Форма промежуточной аттестации: зачет

Виды деятельности:

Лекции	34	контактная работа обучающихся с преподавателем	34
Семинарские занятия			
Самостоятельная работа	70	занятия в активной и интерактивной форме	34
Консультации			
Зачеты	4	Экзамены	

Новосибирск- 2018

Программа курса «Теория и методы физических измерений» составлена в соответствии с требованиями федерального государственного стандарта высшего образования по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия (уровень подготовки кадров высшей квалификации).

Курс входит в набор вариативных дисциплин, направленных на формирование знаний и компетенций, определенных государственным стандартом и основной образовательной программой обучения в аспирантуре ИЯФ СО РАН. Курс является элективным (курсом по выбору). Целью дисциплины является обучение аспирантов теоретическим основам и современным достижениям методики измерения физических величин, а также знакомство с типичными методиками, применяемыми в экспериментальной физике элементарных частиц и физике плазмы.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: интерактивные лекции, самостоятельная работа студента, зачет.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

Текущий контроль: выступления на семинаре в течение семестра.

Промежуточный контроль: устный зачет по курсу.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов, в том числе 34 часа лекций.

Составитель:

к.ф.-м.н., А.В. Соколов

Рабочая программа

Содержание

1. Цели освоения дисциплины	4
2. Место дисциплины в структуре программы аспирантуры.....	4
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины	4
4. Структура и содержание дисциплины.....	4
5. Образовательные технологии.....	6
6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.....	7
7. Фонд оценочных средств для проведения аттестации по итогам освоения дисциплины.....	7
8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	8
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины	8

«Теория и методы физических измерений»

Рабочая программа дисциплины

1. Цели освоения дисциплины

Дисциплина «Теория и методы физических измерений» предназначена для детального обучения аспирантов теоретическим основам и современным достижениям методики измерения физических величин, а также знакомства с типичными методиками, применяемыми в экспериментальной физике элементарных частиц и физике плазмы.

2. Место дисциплины в структуре программы аспирантуры

Дисциплина «Теория и методы физических измерений» относится к вариативной части блока 1 «Дисциплины (модули)». Дисциплина является элективной (дисциплиной по выбору). Аспиранты, приступающие к изучению этой дисциплины, должны иметь общую базовую подготовку в рамках программы 5-6 лет обучения в ВУЗе по специальности физика, в том числе:

- иметь общее представление о размерности физических величин,
- обладать опытом представления размерности физических констант через фундаментальные,
- знать основные методики измерения физических величин,
- иметь опыт анализа и оценки точности измеренных физических величин.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

- 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);
- •Способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК-2);
- Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1);
- Способность к получению, критическому осмыслению и реферативному изложению научных результатов в области физики (в соответствии с направленностью подготовки) (ПК-2);

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

- **иметь представление** о фундаментальных физических константах и их возможной эволюции.
- **знать** как создаются и проводятся эксперименты по измерению физических констант (современные и прошлого столетия), где проходит передний фронт исследований; типичные методики, применяемые в экспериментальной физике элементарных частиц и физике плазмы.

4. Структура и содержание дисциплины

Дисциплина «Теория и методы физических измерений» представляет собой полугодовой курс, читаемый в аспирантуре ИЯФ СО РАН. Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)
			Всего	Аудиторные часы		Сам. работа в течение семестра (не включая период сессии)	
				Лекции (кол-во часов)	Семинары (кол-во часов)		
	ФФК. Основные определения. Система единиц	1	6	2		2	
	Универсальные постоянные и естественные системы единиц Производные единицы и стандарты. Принципиальные ограничения на точность измерений (физические пределы)	2	6	2		2	
	Методы измерения длины, времени, массы.	3	6	2		2	
	Методы измерения термодинамических величин.	4	6	2		2	
	Электромагнитные измерения. Стандарты частоты.	5	6	2		4	4
	Радиоспектроскопия (эффект Зеемана), ЯМР, томография.	6	6	2		4	
	Фундаментальные шумы в измерительных устройствах. Тепловой шум. Формула Найквиста. Теорема Каллена-Вельтона. Дробовой шум в электронных и оптических приборах	7	6	2		4	
	Квантовые эффекты в физических измерениях	8	6	2		6	
	Квантовые эталоны единиц физических величин (примеры).	9	6	2		6	

Эффект Джозефсона и сверхпроводящие квантовые интерферометры.							
Взаимодействие частиц с веществом.	10-11	12	4		8		
Методика регистрация частиц и радиоактивных излучений. Детекторы элементарных частиц.	12-13	12	4		8		
Дозиметрические измерения и их размерность. Нано технологии в измерительной технике	14	6	2		6		
Диагностика плазмы	15-16	12	4		8		
Экспериментальные установки ИЯФ	17	12	2		8		
Зачет по курсу							4
Всего		108	34		70		4

Содержание дисциплины:

1. Фундаментальные физические константы. Эталоны. Современное состояние. Производные физические величины. Таблица основных физических величин. Единица измерений физической величины. Основные единицы Международной системы СИ: метр, килограмм, секунда, ампер, градус Кельвина, канделла, моль. Методики измерений основных физических величин. Кратные единицы.
2. Измерительные приборы. Пьезоэлектрические преобразователи прямого и обратного действия. Фотоэлектрические, термоэлектрические и пироэлектрические преобразователи. Цветные пирометры. Активные и пассивные методы измерений. Ультразвуковые принципы измерений. Электрофизические принципы измерений. Спектрометрические методы измерений (ЯМР). Микроволновая и инфракрасная спектроскопия. Интерференционные методы измерений.
3. Взаимодействие частиц и излучений с веществом. Ионизационные потери, ядерное взаимодействие. Основные экспериментальные методики: трековые детекторы, сцинтилляционная и черенковская методики. Калориметрия. Идентификация частиц.
4. Шумы и помехи при измерении электрических, акустических и оптических величин. Фундаментальные шумы в измерительных устройствах. Тепловой шум. Формула Найквиста. Теорема Каллена-Вельтона. Дробовой шум в электронных и оптических приборах. Квантовые эффекты в физических измерениях.
5. Диагностика плазмы. Электрические и магнитные зонды. Регистрация потоков частиц. СВЧ-диагностика. Инжекторы пучков быстрых атомов. Активная и пассивная корпускулярные диагностики. Оптические методы диагностики плазмы. Интерферометрия. Спектроскопия. Пучково-эмиссионная спектроскопия. Лазерное рассеяние. Рентгеновские методы диагностики. Нейтронные измерения.
6. Настоящие и будущие проекты в ИЯФ.

5. Образовательные технологии

При проведении занятий используется мультимедийное оборудование. Лекции проводятся в малых группах (до 10 человек) в интерактивной форме в виде живого обсуждения: в любое время разрешается задавать вопросы как преподавателю, так и студенту, разрешаются полемические выступления, в том числе на следующем занятии, после дополнительной подготовки. Для проведения отдельных лекций могут привлекаться специалисты по тематике рассматриваемой лекции.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов поддерживается следующими методическими пособиями:

1. Онучин А. П. Экспериментальные методы ядерной физики: учебное пособие. / Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2010. 220 с

2. Логашенко И.Б. Методы анализа экспериментальных данных. Электронный лекционный курс / Новосибирск: НГУ, 2013.

Система контроля включает текущий (по ходу семестра) контроль освоения практического материала, а также зачет.

В качестве текущего контроля успеваемости используется контроль посещаемости.

Окончательная оценка работы студента в течение семестра происходит на зачете.

7. Фонд оценочных средств для проведения аттестации по итогам освоения дисциплины:

Контрольные вопросы для зачета:

Методы измерения времени, погрешности измерений, эталоны. Учет эффектов общей теории относительности (зависимость хода часов от ускорения и гравитации)

2. Измерение частот в радиодиапазоне. Стандарты частоты.

3. Методы и погрешности измерений координат, углов, длин. Мировые стандарты. и эталоны.

4. Методы измерения термодинамических величин

5. Радиоспектроскопия (эффект Зеемана, ядерный магнитный резонанс, томография).

6. Электромагнитные измерения (способы регистрации радиоизлучения, методы регистрации в оптическом диапазоне: фотодиоды, фотоумножители, черенковские детекторы).

7. Регистрация частиц и радиоактивных излучений (ионизационные камеры, газоразрядные счетчики, пропорциональные счетчики, стримерные и искровые камеры, полупроводниковые детекторы, сцинтилляционные счетчики, пузырьковые камеры, черенковские счетчики, ядерные фотоэмульсии).

8. Шумы и помехи при измерении электрических, акустических и оптических величин

9. Дифференциальные, интерферометрические и др. методы измерений

10. Нанотехнологии в измерительной технике

11. Дозиметрические измерения и дозиметрические единицы; коэффициенты, учитывающие влияние радиации на живые организмы, эквивалентная доза.

12. Системы единиц. Единая система единиц (СИ). Универсальные постоянные и естественные системы единиц. Производные единицы и стандарты.

13. Прямые, косвенные, статистические и динамические измерения. Оценки погрешностей косвенных измерений. Условные измерения. Проблема корреляций и уравнивание условных измерений. Принципиальные ограничения на точность измерений (физические пределы).

14. Методы измерений физических величин в исследуемой области физики*.

15. Основные принципы построения приборов для измерений физических величин в заданной области физики*.

16. Фундаментальные шумы в измерительных устройствах. Тепловой шум. Формула

Найквиста. Теорема Каллена-Вельтона. Дробовой шум в электронных и оптических приборах. Шумы $1/f$.

17. Квантовые эффекты в физических измерениях. Условия, когда классический подход становится неприменим. Соотношения неопределенности. Роль обратного флуктуационного влияния прибора. Стандартные квантовые пределы. Квантовые невозмущающие измерения. Квантовые эталоны единиц физических величин (примеры). Эффект Джозефсона и сверхпроводящие квантовые интерферометры.

- Измерение параметров пучков. Контактные датчики. Вторично-эмиссионные датчики. Ионизационные датчики. Лазерные измерители профиля пучков. Оптические датчики. Электростатические и магнитоиндукционные датчики. Обратная задача диагностики. Спектральный анализ и другие методы обработки данных.

- Сцинтилляционные счетчики. Счетчики полного поглощения (калориметры).

- Черенковские детекторы. Основные свойства черенковского излучения. Типы черенковских детекторов. Пороговые счетчики. Детекторы черенковских колец.

- Ионизационные камеры. Пропорциональные камеры. Счетчик Гейгера-Мюллера. Пропорциональные счетчики. Многопроволочные пропорциональные камеры. Дрейфовые камеры. Магнитные спектрометры.

- Полупроводниковые детекторы.

- Основные устройства современных универсальных детекторов для экспериментов по физике элементарных частиц и их назначение.

- Диагностика плазмы. Электрические и магнитные зонды. Регистрация потоков частиц. СВЧ-диагностика. Инжекторы пучков быстрых атомов. Активная и пассивная корпускулярные диагностики.

- Оптические методы диагностики плазмы. Интерферометрия. Спектроскопия. Пучково-эмиссионная спектроскопия. Лазерное рассеяние. Рентгеновские методы диагностики. Нейтронные измерения.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Список основной и дополнительной литературы:

Основная литература

1. Онучин А. П. Экспериментальные методы ядерной физики: учебное пособие. / Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2010. 220 с
2. Логашенко И.Б. Методы анализа экспериментальных данных. Электронный лекционный курс.

Дополнительная литература

1. К. Грунен, *Детекторы элементарных частиц, Сибирский хронограф, Новосибирск, 1999.*
2. Смалюк В. В. *Диагностика пучков заряженных частиц в ускорителях / Под ред. чл.-корр. РАН Н. С. Диканского. Новосибирск: Параллель, 2009. 294 с.*

Открытые интернет-ресурсы

3. Сивухин Д.В. УФН. 129 335 (1979)
4. Вайнберг С.//УФН. 1989. Т. 158. С. 639.
5. Каршенбойм С.Г. УФН Т. 175 (3) 271 (2005)
6. Розенталь И.Л. УФН Т. 131 239 (1980)
7. Окунь Л.Б. УФН. Т. 161 (9) 177 (1991)

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Лекционные занятия проводятся в аудитории, оборудованной мультимедийным проектором и компьютером, необходимых для презентации электронного варианта лекций и проведения компьютерных демонстраций.