

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский
государственный университет»
(Новосибирский государственный университет, НГУ)**

Физический Факультет



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Прецизионные измерения в физическом эксперименте

направление подготовки: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Форма обучения: очная

Семестр	Общий объем	Лекции	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)				
			Лабораторные занятия	Практические занятия	Консультации в период занятий	Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем	Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
8	36	16		2		16				2	

Всего 36 часов / 1 зачётная единица, из них:
- контактная работа 20 часов

Компетенции ОПК-5

Ответственный за образовательную программу

д.ф.-м.н., проф.

С. В. Цыбуля

Новосибирск, 2023

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	3
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы	3
3. Трудоемкость дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося	4
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий.....	5
5. Перечень учебной литературы	7
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся..	8
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины	8
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	8
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	8
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.....	9
Приложение 1 Аннотация по дисциплине	
Приложение 2 Лист актуализации рабочей программы дисциплины «Прецизионные измерения в физическом эксперименте»	

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с установленными в программе индикаторами достижения компетенций

Цель дисциплины – обучению основным принципам проведения эксперимента, проверки достоверности полученных данных, обработки экспериментальных показаний. Современные исследования, которые проводятся на установках в ходе получения экспериментальных данных, как правило, обладают уникальными особенностями, которыми могут быть точность полученных данных, сложность эксперимента, невозможность многократного повторения и многое другое. Несмотря на то, что каждый эксперимент уникален, все равно можно выделить общие действия при любом из них. Сюда можно отнести подготовку к эксперименту, монтаж схемы эксперимента с измерительным оборудование, получение экспериментальных данных, их обработка, анализ и подтверждение успеха проведенного эксперимента. Данный курс на примере конкретных задач и установок должен ознакомить с общими этапами проведения эксперимента и получения данных.

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-5. Способен участвовать в проведении фундаментальных и прикладных исследований и разработок, самостоятельно осваивать новые теоретические, в том числе математические, методы исследований и работать на современной экспериментальной научно-исследовательской, измерительно-аналитической и технологической аппаратуре	ОПК - 5.1. Применяет различные способы решения поставленных задач в области научных исследований и прикладных разработок. ОПК – 5.2. Применяет основные приемы, возможности и правила работы со стандартным и специализированным оборудованием при решении профессиональных задач, в том числе измерительно-аналитической и технологической аппаратурой.	Знать понятие экспериментальных данных, точность, погрешность, системы координат, принципы прецизионной выставки, вакуумные измерения, температурные измерения, принципы синхронизации времени. Уметь собирать и обрабатывать экспериментальные данные, анализировать ошибки, выбирать схему эксперимента, ориентироваться в наиболее часто используемых оборудованиях для измерения электрических сигналов.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Программа дисциплины «Прецизионные измерения в физическом эксперименте» составлена в соответствии с требованиями ФГОС по направлению подготовки 03.03.01 Прикладная математика и физика, а также задачами, стоящими перед Новосибирским государственным университетом по реализации Программы развития НГУ. Дисциплина реализуется на физическом факультете Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования Новосибирский национальный исследовательский государственный университет (НГУ). Дисциплина изучается студентами четвертого курса физического факультета.

Для обучения «Прецизионные измерения в физическом эксперименте» предшествуют дисциплины, читаемые на 1-3 курсах. Среди таких дисциплин можно перечислить: Основы математического анализа (1-й курс), Основы программирования (1-й курс), Компьютерное моделирование физических явлений (2-й курс), Радиоэлектроника (2-й курс), Электромагнетизм и оптика (2-й курс), Прикладная электродинамика (3 курс), Технические средства автоматизации научных исследований (3-й курс), Вакуумные технологии (3-й курс).

При проведении курса «Прецизионные измерения в физическом эксперименте» будут изучаться понятия точности измерения, погрешности, магнитные и электрические измерения, линейные преобразования координат, вакуумные измерения, принципы синхронизации времени и др.

3. Трудоемкость дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося

Трудоемкость дисциплины – 1 з.е. (36 ч)

Форма промежуточной аттестации: 8 семестр –дифференцированный зачет

№	Вид деятельности	Semestr
		6
1	Лекции, ч	16
2	Практические занятия, ч	2
4	Занятия в контактной форме, ч, из них	20
5	из них аудиторных занятий, ч	18
6	в электронной форме, ч	-
7	консультаций, час.	
8	промежуточная аттестация, ч	2
9	Самостоятельная работа, час.	16
10	Всего, ч	36

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, самостоятельная работа студента и её контроль преподавателями с помощью заданий, дифференцированный зачет.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

- текущий контроль успеваемости: ответы на контрольные вопросы;
- аттестация: дифференцированный зачет.

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

№ п/п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоёмкость (в часах)							Контактная работа обучающегося с преподавателем	Промежуточная аттестация (в часах)
			Всего	Аудиторные часы			Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Самостоятельная работа, не включая период сессии			
Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Восьмой семестр											
1	Основные определения метрологии.	1	2	1			1				
2	Измерение и преобразование координат	1	2	1			1				.
3	Магнитные и электрические измерения.	2	4	2			2				
4	Вакуумные измерения.	3	2	1			1				
5	Температурные измерения.	3	2	1			1				
6	Временные измерения	4	4	2			2				
7	Принципы и точности детектирующих систем на основе рентгеновских детекторов	5	4	2			2				
8	Энергетические измерения	6	5	2	1		2				
9	Проведение эксперимента на основе типового	7-8	9	4	1		4				

	синхротронного эксперимента.								
10	Дифференцированный зачет								2
Всего за 1 семестр		36	16	2		16			2

Лекции (16 часов)

Таблица 4.1

Наименование темы и их содержание	Объем, час
Основные определения метрологии. Первичный и вторичный стандарты, прослеживаемость, точность, погрешность, воспроизводимость, средства измерения, поверка, методики выполнения измерений, аттестация, сертификация	1
Измерение и преобразование координат Измерения координат, линейных перемещений и вращений. Координатные приводы, гониометрические головки, энкодеры, лазерные интерферометрические методики	1
Магнитные и электрические измерения. Приборы для магнитных и электрических измерений, принципы действия приборов, особенности измерений	2
Вакуумные измерения. Классификация глубины вакуума, принципы действия вакуумных датчиков для разных диапазонов. Принципы действия вакуумных насосов, примеры вакуумных систем.	1
Температурные измерения. Типы устройств нагрева и охлаждения, криостаты, принципы работы температурных датчиков	1
Временные измерения Измерения времени, синхронизация событий	2
Принципы и точности детектирующих систем на основе рентгеновских детекторов Регистрация рентгеновского излучения. Классификация рентгеновских детекторов по принципу действия, точечные и координатно-чувствительные детекторы, основные характеристики детекторов: чувствительность, точность, уровень шума, динамический диапазон, квантовая эффективность, мертвое время, быстродействие. Особенности регистрации рентгеновского излучения мягкого и ультрамягкого диапазона.	2
Энергетические измерения Регистрация электронов и других видов излучения. Анализаторы энергии электронов. Детекторы.	2
Проведение эксперимента на основе типового синхротронного эксперимента.	4

Шаги проведения типового синхротронного эксперимента. Типовой состав экспериментальной станции: устройство генерации, фронтенд, затворы, щели, оптика, мониторы положения и интенсивности пучка, монохроматор, окружение образца, детекторы. Подготовка к эксперименту, юстировка, калибровка, проведение эксперимента (на примере экспериментов по дифракции, спектроскопии, томографии), системы автоматизации эксперимента, учет точности измерений в обработке данных	

Самостоятельная работа студентов (16 ч)

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Изучение теоретического материала, не освещаемого на лекциях	16
Подготовка к зачету	

5. Перечень учебной литературы

- Орлов, Валерий Александрович. Лазерные системы и методы измерения малых перемещений и скоростей и их применение в физических экспериментах : учебное пособие : [для студентов Физического факультета НГУ : в 2 ч.] / В.А. Орлов ; Федер. агентство по образованию, Новосиб. гос. ун-т, Физ. фак., Каф. квантовой электроники. Новосибирск : Редакционно-издательский центр НГУ, 2008-2012. ; 20 см.
- Серебренникова, Наталья Всеволодовна. Вольтамперометрия : учеб. пособие / Н. В. Серебренникова. Кемерово : КемГУ, 1987. 75 с. : ил.
- Афанасьев, Владимир Александрович. Оптические измерения : [учебник для оптических специальностей вузов] / В. А. Афанасьев. 3-е изд., перераб. и доп. Москва : Высшая школа, 1981. 229 с. : ил. ; 22 см
- Грановский, Валерий Анатольевич. Методы обработки экспериментальных данных при измерениях. Ленинград : Энергоатомиздат, 1990. 287, [1] с. : ил. ; 20 см. ISBN 5-283-04480-7.
- Зайдель, Александр Наталиевич. Ошибки измерений физических величин : учебное пособие : [для студентов университетов и высших технических учебных заведений] / А.Н. Зайдель. Изд. 3-е, стер. Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2009. 106, [2] с. : ил. ; 20 см. (Учебники для вузов, Специальная литература) . ISBN 978-5-8114-0643-2.
- Гилев, Сергей Данилович. Обработка результатов физических измерений : Метод.указания / Новосиб.гос.ун-т ; Специализир.учеб.-науч.центр,Каф.физики. Новосибирск : НГУ, 1992. 26 с. : ил

6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся

- Фаддеев, Михаил Андреевич. Элементарная обработка результатов эксперимента : учеб. пособие [для вузов] / М.А. Фаддеев. Санкт-Петербург [и

- др.] : Лань, 2008. 117 с. : ил. ; 21 см. (Учебники для вузов. Специальная литература) . ISBN 978-5-8114-0817-7.
2. Лбов, Геннадий Сергеевич. Анализ данных и знаний : учебное пособие : [для студентов старших курсов] / Г.С. Лбов ; Федер. агентство по образованию, Новосиб. гос. ун-т, Мех.-мат. фак. Новосибирск : Редакционно-издательский центр НГУ, 2010. 107 с. ; 20 см. ISBN 978-5-94356-907-4.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

7.1 Ресурсы сети Интернет

Для освоения дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.

7.2 Современные профессиональные базы данных:

Не используются

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

8.1 Перечень программного обеспечения

- 1) Программное обеспечение (ПО): ОС Windows (лицензионное ПО) или ОС Linux (свободное ПО).
- 2) Microsoft office (лицензионное ПО) или OpenOffice/LibreOffice (свободное ПО).
- 3) Браузер Google Chrome (свободное ПО).

8.2 Информационные справочные системы

Не используются.

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для реализации дисциплины используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной и итоговой аттестации.
2. Помещения для практических занятий с измерительным оборудованием.
3. Помещения для самостоятельной работы обучающихся.

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для практической работы должны быть оборудованными наглядными лабораторными стендами для анализа прикладных задач электродинамики. В качестве таких стендов могут использовать как оборудование лабораторных практикумов, так и компьютерные классы с программами по моделированию.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГУ.

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Перечень результатов обучения по дисциплине и индикаторов их достижения представлен в разделе 1.

10.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Текущий контроль успеваемости

Текущий контроль осуществляется контролем посещаемости, выборочным опросом.

Промежуточная аттестация

Освоение компетенций оценивается согласно шкале оценки уровня сформированности компетенции. Положительная оценка по дисциплине выставляется в том случае, если заявленная компетенция ОПК-5 сформирована не ниже порогового уровня в части формирования способности использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов прикладной электродинамики. Вывод об уровне сформированности компетенции принимается преподавателем.

Окончательная оценка работы студента в течение семестра происходит на дифференцированном зачёте. Он проводится в конце семестра. Положительная итоговая оценка по промежуточной аттестации может быть получена студентом ответе на вопросы преподавателя. При ответе на основной вопрос и дополнительный присваивается оценка «отлично», только на основной вопрос – «хорошо», неудовлетворительный ответ на основной вопрос, но ответ на дополнительный вопрос – «удовлетворительно», при невозможности ответа ни на один вопрос – «неудовлетворительно».

Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине

Критерии оценивания результатов обучения	Шкала оценивания
Выполнение заданий: Студент отвечает на основной вопрос и дополнительный, при этом он; <ul style="list-style-type: none">• свободно применяет полученные знания;• свободно ориентируется в современных принципах проведения экспериментов;	<i>Отлично</i>

<ul style="list-style-type: none"> • при ответах на контрольные вопросы правильно понимает их сущность, дает точное определение и истолкование основных понятий, использует специальную терминологию дисциплины. <p>Дифференцированный зачет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – самостоятельность, осмысленность, структурированность, логичность и аргументированность изложения материала, отсутствие затруднений в объяснении процессов и явлений, а также при формулировке собственных суждений, – точность и корректность применения терминов и понятий, – наличие исчерпывающих ответов на дополнительные вопросы. <p>При изложении ответа на вопрос(ы) преподавателя обучающийся мог допустить непринципиальные неточности.</p>	
<p>Выполнение заданий:</p> <p>Студент полностью и развернуто отвечает на основной вопрос, но затрудняется давать такой же развернутый ответ на дополнительный вопрос</p> <p>Дифференцированный зачет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – самостоятельность, осмысленность, структурированность, логичность и аргументированность изложения материала, наличие затруднений в объяснении отдельных процессов и явления, а также при формулировке собственных суждений, – точность и корректность применения терминов и понятий при наличии незначительных ошибок, – наличие полного ответа на основной вопросы с возможным присутствием ошибок при ответе на дополнительный вопрос. 	Хорошо
<p>Выполнение заданий:</p> <p>Студен не дает развернутый ответ на основной вопрос, но отвечает на следующий поставленный вопрос.</p> <p>Дифференцированный зачет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – теоретический и фактический материал в слабой степени подкреплен ссылками на научную литературу и источники, – частичное понимание и неполное изложение причинно-следственных связей, – самостоятельность и осмысленность в изложении материала, наличие ошибок в логике и аргументации, в объяснении процессов и явлений, а также затруднений при формулировке собственных суждений, – корректность применения терминов и понятий, при наличии незначительных ошибок, – невозможность ответа на основной вопрос, но ответ на дополнительный вопрос с незначительными ошибками. 	Удовлетворительно
<p>Выполнение заданий:</p> <p>Студент не может ответить ни на основной вопрос, ни на дополнительные</p> <p>Дифференцированный зачет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – фрагментарное и недостаточное представление теоретического и фактического материала, не подкрепленное ссылками на научную литературу и источники, – непонимание причинно-следственных связей, – отсутствие осмысленности, структурированности, логичности и аргументированности в изложении материала, – грубые ошибки в применении терминов и понятий, – отсутствие ответов на вопросы. 	Неудовлетворительно

Типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

Примерные вопросы к дифференцированному зачету

1. Основные определения метрологии, понятия точности и погрешности, виды погрешностей
2. Принципы действия магнитных и электрических полей, способы их измерений.
3. Понятие системы координат, перемещения систем координат, координатные приводы.
4. Принципы работы лазерных интерферометров.
5. Классификация глубины вакуума, принципы действия вакуумных датчиков для разных диапазонов, насосов, измерения вакуума
6. Типы устройств нагрева и охлаждения, криостатов
7. Принципы работы температурных датчиков.
8. Методы синхронизации временных событий.
9. Классификация рентгеновских детекторов по принципу действия, точечные и координатно-чувствительные детекторы.
10. Основные характеристики детекторов: чувствительность, точность, уровень шума, динамический диапазон, квантовая эффективность, мертвое время, быстродействие.
11. Регистрация электронов и других видов излучения.
12. Анализаторы энергии электронов.
13. Шаги проведения типового синхротронного эксперимента. Типовой состав экспериментальной станции синхротронного эксперимента
14. Подготовка к эксперименту на примере экспериментов по дифракции.

Аннотация
к рабочей программе дисциплины
«Прецизионные измерения в физическом эксперименте»
Направление: 03.03.01 Прикладная математика и физика

Программа дисциплины «Прецизионные измерения в физическом эксперименте» составлена в соответствии с требованиями ФГОС по направлению подготовки 03.03.01 Прикладная математика и физика, а также задачами, стоящими перед Новосибирским государственным университетом по реализации Программы развития НГУ. Дисциплина реализуется на физическом факультете Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования Новосибирский национальный исследовательский государственный университет (НГУ). Дисциплина изучается студентами четвертого курса физического факультета.

Цель дисциплины – обучению основным принципам проведения эксперимента, проверки достоверности полученных данных, обработки экспериментальных показаний. Современные исследования, которые проводятся на установках в ходе получения экспериментальных данных, как правило, обладают уникальными особенностями, которыми могут быть точность полученных данных, сложность эксперимента, невозможность многократного повторения и многое другое. Несмотря на то, что каждый эксперимент уникален, все равно можно выделить общие действия при любом из них. Сюда можно отнести подготовку к эксперименту, монтаж схемы эксперимента с измерительным оборудованием, получение экспериментальных данных, их обработка, анализ и подтверждение успеха проведенного эксперимента. Данный курс на примере конкретных задач и установок должен ознакомить с общими этапами проведения эксперимента и получения данных.

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-5. Способен участвовать в проведении фундаментальных и прикладных исследований и разработок, самостоятельно осваивать новые теоретические, в том числе математические, методы исследований и работать на современной экспериментальной научно-исследовательской, измерительно-аналитической и технологической аппаратуре	ОПК - 5.1. Применяет различные способы решения поставленных задач в области научных исследований и прикладных разработок. ОПК – 5.2. Применяет основные приемы, возможности и правила работы со стандартным и специализированным оборудованием при решении профессиональных задач, в том числе измерительно-аналитической и технологической аппаратурой.	Знать понятие экспериментальных данных, точность, погрешность, системы координат, принципы прецизионной выставки, вакуумные измерения, температурные измерения, принципы синхронизации времени. Уметь получать и обрабатывать экспериментальные данные, анализировать ошибки, выбирать схему эксперимента, ориентироваться в наиболее часто используемых

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
		оборудованиях для измерения электрических сигналов.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:
Текущий контроль успеваемости осуществляется контролем посещаемости, выборочным опросом.

Промежуточная аттестация: зачёт.

Общая трудоемкость рабочей программы дисциплины составляет 1 зачётные единицы / 36 академических часов.

Лист актуализации рабочей программы дисциплины «Прецизионные измерения в физическом эксперименте»