



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФГБОУ ВО «ИГУ»
Кафедра общей и космической физики



УТВЕРЖДАЮ

Декан физического факультета

/ Н.М. Буднев

14 апреля 2025 г.

Рабочая программа дисциплины

Наименование дисциплины: **2.1.2.3 Приборы и методы экспериментальной физики**

Научная специальность: **1.3.2 Приборы и методы экспериментальной физики**

Форма обучения: **очная**

Согласовано с УМК:

физического факультета

Протокол № 50 от «22» апреля 2025 г.

Председатель: д.ф.-м.н., профессор
_____ Н.М. Буднев

Рекомендовано кафедрой:

общей и космической физики

Протокол № 8
от «24» марта 2025 г.

Зав.кафедрой д.ф.-м.н., профессор

_____ Паперный В.Л.

Иркутск 2025 г.

Содержание

1. Цели и задачи дисциплины (модуля)	3
2. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля):	3
3. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы	4
4. Содержание дисциплины (модуля).....	4
<i>4.1. Содержание разделов и тем дисциплины (модуля)</i>	<i>4</i>
<i>4.2 Разделы и темы дисциплин (модулей) и виды занятий</i>	<i>5</i>
5. Примерная тематика рефератов (при наличии)	6
6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля):	7
<i>а) основная литература</i>	<i>7</i>
<i>б) дополнительная литература.....</i>	<i>7</i>
7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля):	8
8. Образовательные технологии:.....	8
9. Фонды оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.....	9

1. Цели и задачи дисциплины (модуля)

Курс «Приборы и методы экспериментальной физики» является важной частью универсальной базы для изучения специальных дисциплин, вооружает аспирантов необходимыми знаниями для решения теоретических и прикладных аспектов научных задач, знакомит с синтезом первоначально несвязанных идей и подходов, расширение и углубление знаний о современном состоянии и тенденциях развития в области приборов и методов экспериментальной физики.

Основная **цель** курса – Изучение физических явлений и процессов, которые могут быть использованы для создания принципиально новых приборов и методов экспериментальной физики.

Для достижения данной цели ставятся **задачи**:

- знакомство с основными методами исследований, применяемыми в физике космоса, астрономии и астрофизике;
- исследование фундаментальных ограничений на точность измерений;
- изучение методов математической обработки экспериментальных результатов;
- разработка и создание научной аппаратуры и приборов для экспериментальных исследований в различных областях физики.

2. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля):

Дисциплина «Приборы и методы экспериментальной физики» является профильной для программы аспирантуры по специальности 1.3.2 Приборы и методы экспериментальной физики, и изучается аспирантами на четвёртом году обучения аттестацией в форме экзамена.

В результате изучения курса «Приборы и методы экспериментальной физики» аспирант должен:

Знать:

- основные понятия астрофизики;
- особенности астрономических наблюдений;
- принципы моделирования физических явлений и процессов;
- основы организации средств автоматизации физического эксперимента;
- основные алгоритмы обработки экспериментальных данных;

Уметь:

- применять полученные знания для интерпретации физических процессов;
- применять знания основных радиофизики, методов физических измерений, использовать современные приборы для решения научных задач.

Владеть:

- навыками использовать приборы и методы физических измерений.

3. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов / зачетных единиц	Курсы			
		1	2	3	4
Аудиторные занятия (всего)	2				2
В том числе:					
Лекции					2
Практические занятия (ПЗ)					
Семинары (С)					
Лабораторные работы (ЛР)					
Самостоятельная работа (всего)	70				70
В том числе:	-			-	-
Расчетно-графические работы					
Реферат (при наличии)					
Решение задач	70				70
Контактная работа во время промежуточной аттестации	4				4
Вид промежуточной аттестации (зачет, <u>экзамен</u>)	32				32
Общая трудоемкость часы	108				108
зачетные единицы	3				

4. Содержание дисциплины (модуля)

4.1. Содержание разделов и тем дисциплины (модуля)

1. Методы измерения основных физических величин
 - 1.1. Методы измерения времени
 - 1.2. Погрешности измерений
 - 1.3. Методы измерения координат, углов, длин; термодинамических величин, температуры контактными и бесконтактными методами;
 - 1.4. Спектроскопия
2. Оптические измерения, спектроскопия
 - 2.1. Интерферометры Майкельсона и Фабри-Перо
 - 2.2. Счетчики единичных фотонов. Фотоумножители, лавинные фотодетекторы.
 - 2.3. Разрешающая способность оптических приборов. Критерий Релея.
 - 2.4. ПЗС-камеры
3. Регистрация элементарных частиц.
 - 3.1. Регистрация частиц и радиоактивных излучений
 - 3.2. Ионизационные камеры, газоразрядные счетчики, пропорциональные счетчики, стримерные и искровые камеры

- 3.3. Полупроводниковые детекторы, сцинтилляционные счетчики, пузырьковые камеры, черенковские счетчики, ядерные фотоэмульсии
4. Приборы для лабораторных измерений
- 4.1. Методы получения высокого вакуума.
- 4.2. Регистрация частиц и радиоактивных излучений
- 4.3. Шумы и помехи при измерении электрических, акустических и оптических величин.
- 4.4. Фундаментальные пределы чувствительности
5. Особенности астрономических наблюдений
- 5.1. Основные задачи наблюдательной астрономии
- 5.2. Пропускание света земной атмосферой
- 5.3. Точечные и протяженные источники излучения
- 5.4. Оптические наблюдения
- 5.5. Радиоастрономические наблюдения
- 5.6. Рентгеновские детекторы и телескопы
- 5.7. Поляризационные наблюдения
6. Критерии точности измерений
- 6.1. Оценка параметров случайных величин.
- 6.2. Корреляционная функция случайного процесса
7. Методы анализа физических измерений
- 7.1. Цифровая обработка сигнала.
- 7.2. Цифровые фильтры
- 7.3. Аналитическая аппроксимация результатов измерений
- 7.4. Фурье-анализ
- 7.5. Анализ сигналов на основе вейвлет-преобразования
- 7.6. Обратные задачи при анализе результатов измерений и методы их решения
8. Автоматизация эксперимента
- 8.1. Преобразование аналоговых сигналов в цифровые и обратно
- 8.2. Контроль процессов измерений в реальном времени. Физические ограничения быстройдействия
- 8.3. Программно-аппаратные среды для комплексного управления и обработка результатов физического эксперимента на примере LabView, MatLab
- 8.4. Использование ПЛИС
9. Численное моделирование физических экспериментов
- 9.1. Методы численного моделирования физических процессов
- 9.2. Применение пакетов моделирования (ROOT, Geant4, CORSIKA MatLab, Comsol)

4.2 Разделы и темы дисциплин (модулей) и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела	Виды занятий в часах					
		Лекц.	Практ. зан.	Семин	Лаб. зан.	СРС	Всего
1.	Методы измерения основных физических величин	0,2				8	8,2
2.	Оптические измерения, спектроскопия	0,2				8	8,2
3.	Регистрация элементарных частиц	0,2				6	6,2
4.	Приборы для лабораторных измерений	0,2				8	8,2

5.	Особенности астрономических наблюдений	0,4				8	8,4
6.	Критерии точности измерений	0,2				8	8,2
7.	Методы анализа физических измерений	0,2				8	8,2
8.	Автоматизация эксперимента	0,2				8	8,2
9.	Численное моделирование физических экспериментов	0,2				8	8,2

5. Примерная тематика рефератов (при наличии)

Рефераты не предусмотрены.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля):

Программой предусмотрено использование современных образовательных технологий: информационные (лекции и презентации в Power Point), проектные (мультимедийные, использование документальных видеоматериалов).

а) основная литература

- 1) Онучин, А. П. Экспериментальные методы ядерной физики : учебник / А. П. Онучин. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2010. - 221 с. ; нет. - URL: <http://rucont.ru/efd/205776>. - ЭБС "Рукопт". - неогранич. доступ. - ISBN 978-5-7782-1232-9
- 2) Мурзин, В. С. Астрофизика космических лучей [Текст : Электронный ресурс] : учеб. пособие для вузов / В. С. Мурзин. - Москва : Логос, 2007. - 487 с. ; нет. - (Классический университетский учебник). - Режим доступа: ЭБС "Рукопт". - Неогранич. доступ.
- 3) Экспериментальная ядерная физика [Электронный ресурс] : учебник : в 3 т. - Электрон. текстовые дан. - ЭБС "Лань". - неогранич. доступ. – Т. 1 : Физика атомного ядра / К. Н. Мухин. - Москва : Лань, 2009. - 336 с. : ил. -). - ISBN 978-5-8114-0740-8
- 4) Сотникова, Раиса Тимофеевна. Введение в гелиофизику [Текст] : учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. подгот. ВПО 011200 - Физика / Р. Т. Сотникова, В. Г. Файнштейн ; рец.: В. Н. Обридко, А. Г. Тлатов ; Иркутский гос. ун-т, СО РАН, Ин-т солн.-земной физики. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2013. - 256 с. : ил. ; 20 см. - (Солнечно-земная физика). - Библиогр.: с. 205-208. - ISBN 978-5-9624-0821-7. – (5 экз.)

б) дополнительная литература

- 1) Пергамент, Михаил Иосифович. Методы исследований в экспериментальной физике : учеб. пособие / М. И. Пергамент. - М. : Интеллект, 2010. - 300 с. : ил. ; 21 см. - (Физтехковский учебник). - Библиогр. в конце глав. - ISBN 978-5-91559-026-6
- 2) Автоматизация физических исследований и эксперимента: компьютерные измерения и виртуальные приборы на основе LabVIEW 7 (30 лекций) : Учеб. пособие для студ. вузов / П. А. Бутырин [и др.] ; Моск. энерг. ин-т. - М. : ДМК Пресс, 2005. - 264 с. : ил., табл. ; 23 см. - (National instruments). - ISBN 5-94074-084-7
- 3) Засов А.В. Общая астрофизика [Текст] : учеб. пособие для студ. вузов / А. В. Засов, К. А. Постнов ; Московский гос. ун-т им. М. В. Ломоносова, Физ. фак., Гос. астроном. ин-т им. П. К. Штернберга. - Фрязино : Век 2, 2006. - 493 с. ; 21 см. - Библиогр.: с. 485-486.- Предм. указ.: с. 487-493. - ISBN 5-85099-169-7. – (2 экз.)

в) программное обеспечение стандартные средства редактирования и демонстрации текста и презентаций, средства работы в сети Интернет.

г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

- Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU, более 10 полнотекстовых версий научных журналов по тематике курса
- Информационная система доступа к российским физическим журналам и обзорам ВИНИТИ (<http://www.viniti.ru>)
- Архив научных журналов JSTOR (<http://www.jstor.org>)
- ЭЧЗ «Библиотек» <https://isu.bibliotech.ru/>
- ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com/>
- ЭБС «Рукопт» <http://rucont.ru>
- ЭБС «Айбукс» <http://ibooks.ru>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля):

Методическим оформлением курса является использование современных образовательных технологий: информационных (лекции и презентации в Power Point), проектных (мультимедиа, видео, документальные фильмы), дистанционных. Внедрение глобальной компьютерной сети в образовательный процесс позволяет обеспечить доступность Интернет-ресурсов.

Материалы: научные статьи и монографии из рецензируемых журналов, рассматривающие современные подходы и исследования в области звездной астрономии и гелиофизики.

8. Образовательные технологии:

Задачи изложения и изучения дисциплины реализуются в следующих формах деятельности:

- **лекции**, нацеленные на получение необходимой информации, и ее использование при решении задач;
- **консультации** – еженедельно для всех желающих аспирантов;
- **самостоятельная внеаудиторная работа** направлена на приобретение навыков самостоятельного решения задач по дисциплине;
- **текущий контроль** за деятельностью аспирантов осуществляется на лекционных и занятиях и во время консультаций в виде самостоятельных работ

9. Фонды оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Оценочные средства для входного контроля

Для изучения данного курса студент должен владеть основами физики и теоретической физики, уметь пользоваться стандартными поисковыми сервисами сети Интернет. Входной контроль умений и знаний не проводится.

План самостоятельной работы студентов

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
1.	Все темы	Решение задач по данной теме	§§ 1-2 Приложения, все задачи	Основная литература	10
2.	Оптические измерения, спектроскопия	Выполнение работы научно-исследовательской направленности	Обработать наблюдения Солнца и звезд в режиме On-line и IT-технологий	Основная литература	10
3.	Регистрация элементарных частиц	Подготовка научного доклада	Сделать презентацию	Вся литература из программы курса	10
4	Особенности астрономических наблюдений	Подготовка научного доклада	Сделать презентацию	Вся литература из программы курса	10
5	ВСЕ ТЕМЫ	Подготовка к экзамену	Повторить все разделы курса	Основная литература: 1 - 3	30

Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

К современному специалисту общество предъявляет достаточно широкий перечень требований, среди которых немаловажное значение имеет наличие у выпускников определенных способностей и умения самостоятельно добывать знания из различных источников, систематизировать полученную информацию, давать оценку конкретной финансовой ситуации. Формирование такого умения происходит в течение всего периода обучения через практические работы, выполнение контрольных заданий и тестов, написание курсовых и выпускных квалификационных работ. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Текущая работа над учебными материалами включает в себя систематизацию теоретического материала каждой практической работы, заполнения пропущенных мест, уточнения схем и выделения главных мыслей основного содержания работы. Для этого используются имеющиеся учебно-методические материалы и другая рекомендованная литература.

Границы между разными видами самостоятельных работ достаточно размыты, а сами виды работы пересекаются. Таким образом, самостоятельной работа студентов может быть как в аудитории, так и вне ее.

Закрепление всего изученного материала осуществляется на контрольной работе. Также может быть проведено тестирование по всем темам курса. Преподаватель помогает разобраться с проблемными вопросами и задачами (по мере их поступления) в ходе текущих консультаций.

9.1. Оценочные средства текущего контроля

Текущий контроль успеваемости аспирантов осуществляется по следующим критериям оценивания:

1) Пороговый уровень:

- **(знание)** дает определения основных понятий
 - воспроизводит основные физические факты, идеи
 - распознает физические объекты
 - знает основные методы решения типовых задач и умеет их применять на практике
- **(умение)** умеет работать со справочной литературой
 - использует приборы, указанные в описании лабораторной (или практической) работы
 - умеет представлять результаты своей работы
- **(владение)** владеет терминологией предметной области знания
 - способен корректно представить знания в математической форме

2) Базовый уровень

- **(знание)** понимает связи между различными физическими понятиями
 - имеет представление о физических моделях процессов в плазме
 - аргументирует выбор метода решения задачи; составляет план решения задачи
 - графически иллюстрирует задачу
- **(умение)** самостоятельно подбирает и готовит для эксперимента необходимое оборудование
 - применяет методы решения задач в незнакомых ситуациях;
 - умеет корректно выражать и аргументированно обосновывать положения предметной области знания
- **(владение)** критически осмысливает полученные знания
 - способен корректно представить знания в математической форме
 - компетентен в различных ситуациях (работа в междисциплинарной команде)
 - владеет разными способами представления физической информации

3) Высокий уровень

- **(знание)** фактически и теоретически знает материал курса в пределах области исследования с пониманием границ применимости (знания глубокие, всесторонние)
- **(умение)** творчески подходит к решению физических задач (как теоретических, так и практических)
 - умеет абстрагировать проблемы, с которыми сталкивается при решении различных задач;
- **(владение)** может самостоятельно оценивать результаты своей работы;
 - способен совершенствовать действие работы, исходя из собственной оценки результатов
 - соблюдает нормы литературного языка, преобладает научный стиль изложения

Пример практического задания к теме «звезды»

Задача 1. Исходя из критерия Рэлея оценить максимальную разрешающую способность оптического, электронного и туннельного микроскопов.

Задача 2. Рассчитать скорость откачки турбомолекулярным насосом с диаметром входного отверстия 100 мм.

Задача 3. Рассчитать среднее значение и дисперсию для когерентного состояния осциллятора без потерь, на который действует внешняя резонансная сила $F = A \cos \omega t$ в течении времени t_0 .

Задача 4. Рассчитать автокорреляционную функцию для фликкерного шума

Задача 5. Вычислить отношение количеств тепла, получаемых от Солнца в полдень в Иркутске ($\varphi = 52^{\circ}17'$) в дни летнего и зимнего солнцестояний.

Пример тестовых заданий по курсу

1. На каком принципе основано действие газоразрядного счетчика Гейгера?
 - а) На принципе конденсации перенасыщенных паров
 - б) На принципе образования пара в перегретой жидкости.
 - в) На принципе ударной ионизации
2. С помощью какого прибора можно зарегистрировать величину радиационного излучения?
 - а) Камера Вильсона
 - б) Счетчик Гейгера
 - в) Пузырьковая камера
 - г) камера Вильсона и счетчик Гейгера
3. Укажите способ(ы), который(е) обеспечивает(ют) единство измерения:
 - а) применение средств измерения, метрологические характеристики которых соответствуют установленным нормам
 - б) определение систематических и случайных погрешностей, учет их в результатах измерений
 - в) применение узаконенных единиц измерения
4. Что такое «методика измерений»?
 - а) совокупность конкретно описанных операций, выполнение которых обеспечивает получение результатов измерений с установленными показателями точности
 - б) совокупность операций, выполняемых для определения количественного значения величины
 - в) совокупность операций, выполняемых в целях определения действительных значений метрологических характеристик средств измерений
5. Укажите принцип высокоточного измерения времени:
 - а) использование высокоточных кварцевых часов
 - б) регистрация числа импульсов от высокоточного генератора нормальной частоты
 - в) более точная фиксация начала и конца интервала
 - г) применение более мелких единиц измерения времени
6. Укажите основные требования к измерениям
 - а) воспроизводимость результатов при повторных измерениях
 - б) единство измерений и точность измерений
 - в) отсутствие грубых промахов
 - г) использование высокоточной аппаратуры
7. Какие данные о звезде можно получить с помощью астроспектроскопии?

- а) точная масса звезды
 - б) расстояние до звезды
 - в) диаметр звезды
 - г) химический состав атмосферы звезды
8. Каково типичное расстояние между соседними галактиками?
- а) сотни кпк
 - б) десятки кпк
 - в) тысячи кпк
 - г) десятки тысяч кпк
9. В каких единицах принято измерять энергию электромагнитного излучения?
- а) электрон-вольт
 - б) джоуль
 - в) калория
 - г) эрг
10. Что такое эффективная температура тела?
- а) температура абсолютно черного тела, излучающего в единицу времени с единицы площади во всем диапазоне частот ту же энергию, что данное тело
 - б) средняя температура поверхности тела
 - в) температура такого абсолютно черного тела, интенсивность излучения которого равна излучению данного тела на данной частоте
 - г) температура, при которой в теле запускаются термоядерные реакции
11. Что такое спектр излучения?
- а) распределение интенсивности излучения по частотам или длинам волн
 - б) диапазон длин волн или частот, в котором наблюдается излучение
 - в) набор отдельных частот, на которых регистрируется излучения
 - г) суммарная интенсивность излучения по всем длинам волн или частот за единицу времени
12. Что такое разрешающая способность телескопа?
- а) увеличение его оптической системы
 - б) угловой размер изображения точечного источника, создаваемого телескопом
 - в) минимальный диаметр небесного объекта, который можно различить при наблюдениях в данный телескоп
 - г) величина, обратная фокусному расстоянию телескопа
13. Как называется телескоп-рефлектор с параболическим главным и эллиптическим вторичным зеркалами?
- а) система Грегори
 - б) система Кассегрена
 - в) система Ньютона
 - г) система Ричи-Кретьена
14. Укажите крупнейший оптический телескоп в мире
- а) телескоп Гран Телескопио Канариас
 - б) телескоп Хобби-Эберли
 - в) телескоп Кека
 - г) телескоп VLT

9.2. Оценочные средства для промежуточной аттестации

Критерии оценок знаний итогового контроля аспирантов

Оценка степени сформированности компетенций аспиранта по данному курсу основывается конкретностью и полнотой его ответов при выполнении заданий и упражнений итогового контроля знаний. Дополнительные вопросы и их число определяется необходимостью объективной оценкой уровня освоения аспирантом изучаемой дисциплины.

Оценка "ОТЛИЧНО" выставляется аспиранту, который глубоко усвоил весь программный материал, исчерпывающе, последовательно и логически его излагает, тесно увязывает теорию с практикой. При этом не затрудняется с ответом при видоизменении задания, свободно справляется с задачами в практических работах, показывает осведомленность в знании основной и дополнительной литературы, нормативных документов, грамотно обосновывает принятые решения.

Оценка "ХОРОШО" выставляется аспиранту, который твердо знает программный материал, грамотно и по существу его излагает, не допуская существенных неточностей в ответах на вопросы, умело применяет теоретические положения при решении практических вопросов и заданий, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.

Оценка "УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО" выставляется аспиранту, который освоил ключевые разделы основного материала, в пределах конспекта лекций, но не усвоил остальные разделы программы дисциплины, недостаточно ознакомился с основной и нормативной литературой по дисциплине, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения последовательности в изложении программного материала и ощущает затруднения в выполнении практических работ.

Оценка "НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО" выставляется аспиранту, который не может ответить на ключевые вопросы программного материала, допускает существенные ошибки, с большими затруднениями и ошибками выполняет практические задания.

Разработчики:

профессор, д.ф.-м.н.
(занимаемая должность)

В.Л., Паперный
(инициалы, фамилия)

Программа рассмотрена на заседании кафедры общей и космической физики ИГУ
« 24 » марта 2025__г.

Протокол № 8, зав. кафедрой  В.Л. Паперный

Настоящая программа не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.