

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Артеменков Михаил Николаевич
Должность: Ректор
Дата подписания: 07.10.2026 12:25:58
Уникальный программный ключ:
a63b74166e8f4fc17bd1e0462725f79e393bdf9

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Смоленский государственный университет»

Кафедра физики и технических дисциплин

«Утверждаю»

Проректор по учебно-методической
деятельности

____ Ю.А. Устименко
«25» декабря 2025 г.

Рабочая программа дисциплины
Б1.В.03.01 Обработка результатов физических измерений

Направление подготовки **44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями)**

Направленность (профиль): **Математика, Физика и информатика**

Форма обучения: очная

Курс – 4

Семестр – 7

Всего зачетных единиц – 2, часов 72

Форма отчетности: зачет – 7 семестр

Программу разработал: кандидат педагогических наук, доцент А.В. Дюндин

Одобрена на заседании кафедры

«20» ноября 2025 г., протокол № 4

Заведующий кафедрой _____ А.В. Дюндин

Смоленск
2025

1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина Б1.В.03.01 «Обработка результатов физических измерений» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений, основной образовательной программы по направлению подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки), направленность (профиль) образовательной программы: Математика, Физика и информатика.

При изучении данной дисциплины необходимы компетенции студентов, сформированные при изучении таких дисциплин, как «Общая и экспериментальная физика», «Математический анализ», «Основы информатики и вычислительной техники», и др. Курс построен так, чтобы углубить и расширить объем знаний по методам научного познания, помочь студенту научиться корректно обрабатывать экспериментальные данные и овладеть навыками организации своей самостоятельной работы по проведению физического эксперимента.

Изучение курса основано на традиционных методах высшей школы и предполагает тесную взаимосвязь с другими предметами модуля, такими как «Практикум по решению физических задач» и «Основы электрорадиотехники», что обеспечивает комплексную подготовку в области физики и методики ее преподавания.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индикаторы достижения
ПК-7. Способен использовать научные знания в предметной области (физика) в процессе формирования предметной компетенции обучающихся в рамках реализации основной общеобразовательной программы	Знать: основные методы обработки, структурирования, анализа и синтеза получаемой информации, основные определения, принципы и законы физики, методы физических исследований базовые принципы постановки естественнонаучных задач, определения основных понятий и доказательства теорем по основным разделам математики. Уметь: использовать физические и математические модели при решении практических задач, осуществлять учебный эксперимент и обрабатывать его результаты, доказать утверждение, сформулировать результат, увидеть его следствия. Владеть: навыками методами обработки, анализа и синтеза информации, первичными навыками применения математического аппарата к решению конкретных задач в области физики.

3. Содержание дисциплины

Физические величины и система СИ. Качественные и количественные характеристики физических объектов. Физические свойства и величины. Международная система единиц физических величин (СИ).

Основы теории измерений и погрешностей. Сущность измерительного процесса. Понятие «измерение». Основное уравнение измерений. Классификация погрешностей измерений.

Систематические погрешности. Природа и причины появления систематических погрешностей. Методам выявления, учета и способы уменьшения систематических погрешностей. Классам точности средств измерений.

Случайные погрешности и их оценка. Дискретные и непрерывные случайные величины и функций их распределения. Статистическая обработка рядов измерений Критерии для проверки результатов на промахи.

Суммирование погрешностей и представление результата. Методы суммирования систематических и случайных погрешностей для получения итоговой оценки точности. Правила корректного округления результата измерений.

Обработка косвенных измерений. Алгоритм расчета погрешностей при косвенных измерениях.

Графическое представление данных. Построения графиков и их количественная обработка с применением метода наименьших квадратов для расчета коэффициентов аппроксимирующей функции.

4. Тематический план

№ п/п	Разделы и темы	Всего часов	Формы занятий		
			Лекции и	лабораторные занятия	самостоятельная работа
1.	Физические величины и система СИ	6	2	—	4
2.	Основы теории измерений и погрешностей	6	2	—	4
3.	Систематические погрешности	12	2	4	6
4.	Случайные погрешности и их оценка	12	2	4	6
5.	Суммирование погрешностей и представление результата	8	2	—	6
6.	Обработка косвенных измерений.	12	2	4	6
7.	Графическое представление данных. Аппроксимация данных. Метод наименьших квадратов	16	4	4	8
Итого		72	16	16	40

5. Виды учебной деятельности

Лекции

Лекция №1. Физические величины и система СИ. Понятия свойства и физической величины. Основные и производные физические величины. Международная система единиц (СИ). Кратные и дольные приставки СИ.

Лекция №2. Основы теории измерений и погрешностей. Основное уравнение измерений. Истинное, действительное и измеренное значение величины. Абсолютная, относительная и приведенная погрешности. Классификация погрешностей. Основная и дополнительная погрешности средств измерений. Классификация измерений.

Лекция №3. Систематические погрешности. Классы точности средств измерений. Понятие и характеристики систематических погрешностей. Классы точности средств измерений и способы их обозначения. Нормирующие значения для различных типов шкал. Расчёт абсолютной погрешности по классу точности. Особенности работы с аналоговыми приборами. Учёт систематических погрешностей при обработке результатов.

Лекция №4. Случайные погрешности и их оценка. Дискретные и непрерывные случайные величины. Закон распределения вероятностей для дискретных величин. Математическое ожидание и дисперсия дискретных величин. Функция распределения и плотность вероятности для непрерывных величин. Равномерный закон распределения. Нормальный закон распределения (Гаусса). Точечные оценки математического ожидания и дисперсии. Доверительный интервал и распределение Стьюдента.

Лекция №5. Суммирование погрешностей и представление результата. Правила суммирования систематических и случайных погрешностей. Критерии пренебрежения составляющими погрешности. Расчет суммарной погрешности при различных соотношениях составляющих. Правила округления погрешностей измерений. Правила округления результатов измерений. Особенности округления при отбрасывании цифры 5.

Лекция №6. Обработка косвенных измерений. Расчет абсолютной погрешности при косвенных измерениях. Расчет относительной погрешности при косвенных измерениях. Особенности обработки результатов в опытах с постоянными условиями. Особенности обработки результатов в опытах с меняющимися условиями.

Лекция №7,8. Графическое представление данных. Аппроксимация данных. Метод наименьших квадратов. Основные правила построения графиков экспериментальных данных. Выбор масштаба и оформление координатных осей. Нанесение экспериментальных точек с учетом погрешностей. Проведение плавных кривых через экспериментальные точки. Определение параметров линейной зависимости графическим методом. Сущность метода наименьших квадратов (МНК). Вывод нормальных уравнений для линейной аппроксимации. Практическое применение МНК для обработки экспериментальных данных.

Занятия семинарского типа

Лабораторные работы

Лабораторная работа № 1 (4 часа). Определение моментов инерции твердых тел методом колебаний

Цели работы:

1. Экспериментально определить момент инерции твердого тела правильной геометрической формы.
2. Изучить метод колебаний для определения момента инерции тела.
3. Закрепить навыки обработки результатов косвенного измерения при проведении опытов в одинаковых условиях.

Приборы и принадлежности: маховик с грузом, штангенциркуль, металлическая линейка, секундомер.

Контрольные вопросы:

- Сколько раз надо повторить опыт в одинаковых условиях, чтобы надёжность прямых измерений была 80 %, 90 % ?
- Сформулируйте правила пользования лабораторным секундомером.
- Каковы пределы измерений его шкал, цены деления шкал, погрешность прибора?
- Сформулируйте правила пользования штангенциркулем. Каковы пределы измерений его шкал, цены деления шкал, погрешность прибора?
- Каковы пределы измерений шкалы линейки, цена деления шкалы, погрешность прибора?
- В каком разряде должна находиться последняя значащая цифра при записи прямых измерений каждым из этих приборов?
- Как для прямых измерений вычислить: а) среднее значение, б) случайную погрешность, в) систематическую погрешность, г) абсолютную погрешность, д) относительную погрешность?
- Как при одинаковых условиях опытов следует вычислять среднее значение косвенного измерения?
- Какие погрешности косвенного измерения следует вычислять в таких условиях? Какое значение не должна превышать относительная погрешность?
- По каким правилам надо округлять значения погрешностей?

- По какому критерию определяют сомнительную цифру при округлении средних значений прямых и косвенных измерений?
- Определите доверительный интервал значений момента инерции маховика в данной работе.

Лабораторная работа № 2 (4 часа). Изучение свободных колебаний пружинного маятника

Цели работы:

1. Убедиться в затухающем характере свободных колебаний пружинного маятника.
2. Определить коэффициент затухания, логарифмический декремент затухания, коэффициент сопротивления среды, добротность и время релаксации пружинного маятника.
3. Закрепить навыки вычисления погрешностей прямых и косвенных измерений.

Приборы и принадлежности: пружинный маятник, отсчётное устройство (линейка), сосуд с водой, секундомер.

Контрольные вопросы:

- В расчетных формулах для косвенных измерений определите, какие величины являются прямыми измерениями и в каком разряде должны быть их последние значащие цифры.
- Напишите формулы для вычисления погрешностей прямых и косвенных измерений, необходимые в данной работе.
- По какому критерию следует найти сомнительную цифру среднего значения косвенного измерения?

Лабораторная работа №3 (4 часа). Изучение явления теплового объёмного расширения жидкости

Цели работы:

1. Выяснить механизм теплового объёмного расширения воды и масла.
2. Экспериментально получить температурную зависимость коэффициента теплового объёмного расширения воды и масла, построить графики этих зависимостей.
3. Найти числовые значения этих коэффициентов.
4. Закрепить навыки построения и использования графиков при обработке результатов.

Приборы и принадлежности: две одинаковые установки с разными жидкостями (водой и техническим маслом), нагреватель (электроплитка), барометр, два листа миллиметровой бумаги, прозрачная линейка.

Контрольные вопросы:

- Почему в данной работе условия проведения опытов нельзя считать одинаковыми?
- Выведите расчетную формулу для коэффициента теплового объёмного расширения.
- Перечислите величины прямых измерений в расчетной формуле.
- Опишите устройство термометра. Каковы его пределы измерений, цена деления шкалы, погрешность прибора?
- Запишите формулы, необходимые для вычисления погрешностей прямых измерений, необходимых в технологии проведения опытов при разных начальных условиях.
- Запишите формулы, необходимые для вычисления всех погрешностей косвенного измерения, необходимых в технологии проведения опытов при разных начальных условиях.
- Сформулируйте правила округления погрешностей.
- По какому критерию следует округлить среднее значение прямых и косвенных измерений.

- В каком виде следует записать доверительный интервал значений косвенного измерения? Сколько доверительных интервалов следует определить для воды?
- Каковы правила построения графиков, выбора масштабов, подписей координатных осей?
- Как построить график линейной зависимости методом натянутой нити?
- Каков физический смысл углового коэффициента графиков для спирта и воды?
- Сколько средних значений углового коэффициента надо определить: а) для спирта, б) для воды?
- Как в случае метода натянутой нити можно вычислить случайную погрешность углового коэффициента по графику линейной зависимости?

Лабораторная работа № 4 (4 часа). Измерение коэффициента вязкости жидкости

Цели работы:

1. Изучить явление вязкости жидкости.
2. Вычислить значение коэффициента вязкости глицерина и спирта.
3. Изучить метод Стокса и метод с использованием капиллярного вискозиметра.
4. Закрепить навыки работы со штангенциркулем, микрометром и секундомером.
5. Закрепить навыки обработки результатов.

Приборы и принадлежности: по методу Стокса: стеклянный цилиндрический сосуд с глицерином, свинцовые и стальные шарики, микрометр, секундомер, штангенциркуль, миллиметровая линейка.

Контрольные вопросы:

- Какие величины в расчётной формуле для вязкости глицерина являются прямыми измерениями?
- Каким образом в данной работе можно обеспечить соблюдение одинаковых условий проведения опытов?
- Сформулируйте правила работы с лабораторным секундомером. Каковы его пределы измерений на шкалах, цена деления каждой шкалы, погрешность прибора?
- Сформулируйте правила работы с микрометром. Каковы его пределы измерений на шкалах, цена деления каждой шкалы, погрешность прибора?
- Опишите ход работы.
- Какое количество опытов надо провести для обеспечения надёжности измерений: а) 80 %, б) 90 % ?
- Как обеспечить проведения опытов, чтобы начальные условия были одинаковыми?
- Запишите формулы, необходимые для вычисления всех погрешностей прямых измерений, необходимых в технологии проведения опытов при одинаковых условиях.
- Запишите формулы, необходимые для вычисления всех погрешностей косвенных измерений (скорости испарения и изменения энтропии), необходимых в технологии проведения опытов при одинаковых условиях.
- Сформулируйте правила округления погрешностей.
- По какому критерию следует округлить среднее значение прямых и косвенных измерений.
- В каком виде следует записать доверительный интервал значений косвенного измерения?

Самостоятельная работа

Самостоятельная работа студента включает:

- Подготовку к выполнению и защите лабораторных работ
- Самостоятельное изучение отдельных вопросов курса.

Подготовка к выполнению и защите лабораторных работ.

Подготовка к лабораторным занятиям включает в себя изучение теоретического материала по теме занятия, подготовку ответов на вопросы к защите лабораторной работы, а

также, в случае необходимости, обработку результатов измерений и вычисление погрешностей. Вопросы для подготовки к защите лабораторной работы приведены в планах лабораторных занятий. Выполнение студентами данного вида самостоятельной работы проверяется преподавателем на соответствующем лабораторном занятии.

Выполнение лабораторной работы включает в себя три основных этапа:

1) *Самостоятельная подготовка студента к выполнению лабораторной работы.*

На данном этапе студент самостоятельно изучает методические указания по выполнению лабораторной работы, учебную литературу по теме лабораторной работы, выполняет заготовку отчета и изучает экспериментальную установку, приборы и оборудование.

2) *Выполнение лабораторной работы (проведение эксперимента) и обработка экспериментальных данных.* На данном этапе студент получает допуск к выполнению лабораторной работы и проводит эксперимент, заносит полученные данные в заготовку отчета. Все проведенные измерения обязательно проверяются преподавателем, который отмечает их правильность своей подписью в отчете. Затем студент самостоятельно проводит необходимую математическую обработку результатов эксперимента и на основании полученных данных делает вывод о достижении цели лабораторной работы.

3) *Защита лабораторной работы* включает в себя проверку преподавателем письменного отчета студента о выполненной лабораторной работе, а также беседу преподавателя со студентом по вопросам, касающимся теории изучаемого явления, методики проведения эксперимента, обработки полученных экспериментальных данных.

Вопросы для самостоятельной работы студента

1. Кратные и дольные приставки СИ.
2. Основная и дополнительная погрешности средств измерений. Классификация измерений.
3. Особенности работы с аналоговыми приборами.
4. Равномерный закон распределения. Точечные оценки математического ожидания и дисперсии для равномерного закона распределения.
5. Правила суммирования систематических и случайных погрешностей.
6. Особенности округления при отбрасывании цифры 5.
7. Особенности обработки результатов в опытах с меняющимися условиями.
8. Вывод нормальных уравнений для линейной аппроксимации.

6. Критерии оценивания результатов освоения дисциплины (модуля)

6.1 Оценочные средства и критерии оценивания для текущей аттестации

Текущая аттестация осуществляется посредством защиты выполненных лабораторных работ.

Во время защиты лабораторной работы студент предоставляет преподавателю отчет по лабораторной работе и отвечает на контрольные вопросы, приведенные в п.5 к каждой лабораторной работе.

Требования к отчету по лабораторной работе

1) Отчет должен содержать следующие основные пункты:

- Название работы;
- Цель работы;
- Перечень приборов, материалов и принадлежностей;
- Основные расчетные формулы;
- Чертеж экспериментальной установки с основными обозначениями и пояснениями;
- Таблица с результатами измерений;

- Результаты основных вычислений;

- Выводы по итогам работы.

2) В отчете в разделе «Результаты основных вычислений» должны содержаться:

- расчет метрологических характеристик для одного из электроизмерительных приборов;

- расчет погрешностей прямых многократных измерений по результатам выполненного эксперимента;

- расчет погрешностей косвенных измерений по результатам выполненного эксперимента.

3) Все измерения и вычисления, представленные в отчете, должны быть выполнены студентом самостоятельно, быть корректными и верными.

4) Выводы, сделанные по итогам работы, должны содержать основные результаты измерений и соответствовать целям работы.

Критерии оценки студента:

Оценка «отлично - 5» (защищено) за лабораторную работу выставляется, если в отчет аккуратно и верно оформлен, все прямые и косвенные результаты получены верно, все погрешности вычислены и округлены верно, все ответы на контрольные вопросы к лабораторной работе даны правильно.

Оценка «хорошо - 4» (защищено), если есть исправления в отчете, даны верные ответы на контрольные вопросы не менее 90%.

Оценка «удовлетворительно - 3» (защищено), если остались неверно вычисленными или неверно округленными погрешности измерений, есть неточности в оформлении отчета, даны верные ответы на вопросы к лабораторной работе не менее 80 %.

Оценка «неудовлетворительно - 2» (не защищено), если неверно вычислены косвенные измерения, погрешности измерений, есть неточности в оформлении отчета или отсутствует какой-либо из его блоков, даны ответы на контрольные вопросы к лабораторной работе менее 80 %.

6.2. Оценочные средства и критерии оценивания для промежуточной аттестации

Формой промежуточной аттестации является зачет, который выставляется студенту по итогам работы в течение семестра.

Критерии получения зачета:

Для получения оценки «зачтено» студент должен выполнить и защитить на оценку не ниже, чем «удовлетворительно» не менее 4 лабораторных работ.

В случае невыполнения данного требования студенту выставляется оценка «не зачтено».

7. Перечень основной и дополнительной литературы

7.1. Основная литература

1. Косинов, А. Д. Методы физического эксперимента : учебник для вузов / А. Д. Косинов, А. Г. Костюрина, О. А. Брагин. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 86 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-07207-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт].с. 1 — URL: <https://urait.ru/bcode/564810/p.1>

2. Радкевич, Я. М. Метрология : учебник для вузов / Я. М. Радкевич, А. Г. Схиртладзе. — 6-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 211 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-17842-5. — Текст : электронный //

3. Степанова, Е. А. Метрология и измерительная техника: основы обработки результатов измерений : учебник для вузов / Е. А. Степанова, Н. А. Скулкина, А. С. Волегов ; под общей редакцией Е. А. Степановой. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 95 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-18065-7. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/562871>

7.2 . Дополнительная литература

1. Бордовский, Г. А. Физика. Механика, термодинамика и электромагнетизм : учебник для среднего профессионального образования / Г. А. Бордовский, Э. В. Бурсиан. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 242 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-20168-0. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт].с. 1 — URL: <https://urait.ru/bcode/563864/p.1>

2. Зотеев, А. В. Общая физика: лабораторные задачи : учебник для вузов / А. В. Зотеев, В. Б. Зайцев, С. Д. Алекперов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 251 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-04283-2. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт].с. 1 — URL: <https://urait.ru/bcode/563107/p.1>

3. Механика твердого тела. Лабораторный практикум : учебник для вузов / под редакцией А. А. Плясова. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 171 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-08877-9. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт].с. 1 — URL: <https://urait.ru/bcode/565117/p.1>

4. Рачков, М. Ю. Физические основы измерений : учебник для вузов / М. Ю. Рачков. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 138 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-09510-4. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт].с. 43 — URL: <https://urait.ru/bcode/559329/p.43>

5. Складорова, Е. А. Физика. Механика : учебное пособие для вузов / Е. А. Складорова, С. И. Кузнецов, Е. С. Кулюкина. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 222 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-18121-0. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт].с. 1 — URL: <https://urait.ru/bcode/534326/p.1>

6. Третьяк, Л. Н. Обработка экспериментальных данных: основы теории и практики : учебник для вузов / Л. Н. Третьяк, А. Л. Воробьев ; под общей редакцией Л. Н. Третьяк. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 212 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-08623-2. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт].с. 104 — URL: <https://urait.ru/bcode/563557/p.104>

7.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/28847/1/978-5-7996-1331-0_2014.pdf — основы обработки результатов измерений.

2. https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/28847/1/978-5-7996-1331-0_2014.pdf — обработка результатов измерений.

3. <https://postnauka.org/video/82379> — анализ больших данных в физике элементарных частиц.

4. <https://grant.nt-rt.ru/catalog/sistemy-registracii-dannyx> — системы регистрации данных.

5. <https://portal.tpu.ru/departments/kafedra/tevn/Students/Программные%20средства%20профессион/Обработка%20и%20визуализация%20данны.pdf> — обработка данных в пакете Origin.

8. Материально-техническое обеспечение

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, оснащенная стандартной учебной мебелью, мультимедиапроектором, ноутбуком, колонками и интерактивной доской.

Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная стандартной учебной мебелью, лабораторным оборудованием (перечислено в разделе 5).

Помещение для самостоятельной работы – компьютерный класс с доступом к сети «Интернет» и ЭИОС СмолГУ.

9. Программное обеспечение

MicrosoftOpenLicense (WindowsXP, 7, 8, 10, Server, Office 2003-2016), лицензия 66975477 от 03.06.2016 (бессрочно).

Обучающимся обеспечен доступ к ЭБС «Юрайт», доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.