

Рабочая программа курса внеурочной деятельности
Физический эксперимент
Обработка результатов измерений и оценка погрешностей
для обучающихся 10–11 классов

Содержание

1. Пояснительная записка
2. Общая характеристика курса
3. Цель и задачи курса
4. Место курса в плане внеурочной деятельности
5. Содержание курса
6. Планируемые результаты
7. Формы организации и оценивание
8. Требования безопасности
9. Тематическое планирование
10. Календарно-тематическое планирование
11. Учебно-методическое обеспечение

1 Пояснительная записка

Рабочая программа курса внеурочной деятельности «Физический эксперимент: обработка результатов измерений и оценка погрешностей» предназначена для обучающихся 10–11 классов. Курс дополняет изучение физики, формирует экспериментальную грамотность и учит получать, представлять, анализировать и критически оценивать количественные данные.

Главный результат курса - способность спланировать безопасный учебный эксперимент, выполнить измерения, указать единицы и условия опыта, оценить неопределённость результата, построить график, сопоставить данные с моделью и сформулировать обоснованный вывод. Математический аппарат используется на доступном для старшей школы уровне.

Нормативная основа

- Федеральный закон от 29 декабря 2012 года № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» в действующей редакции.
- Федеральный государственный образовательный стандарт среднего общего образования, утверждённый приказом Минобрнауки России от 17 мая 2012 года № 413, с последующими изменениями.
- Федеральная образовательная программа среднего общего образования, утверждённая приказом Минпросвещения России от 18 мая 2023 года № 371, с последующими изменениями.
- Федеральная рабочая программа среднего общего образования по учебному предмету «Физика» соответствующего уровня изучения.
- Санитарные правила СП 2.4.3648-20 и санитарные нормы СанПиН 1.2.3685-21 в действующих редакциях.
- Основная образовательная программа среднего общего образования, план внеурочной деятельности и локальные акты МАОУ Лицей № 185.

2 Общая характеристика курса

Курс строится по принципу постепенного усложнения. В 10 классе обучающиеся осваивают культуру измерения, виды погрешностей, правила округления, значащие цифры, табличное и графическое представление данных, простейшее распространение погрешностей и базовые эксперименты по механике, тепловым и электрическим явлениям. В 11 классе акцент переносится на планирование исследования,

цифровой сбор данных, статистическую и графическую обработку, подбор модели, анализ выбросов и защиту экспериментального проекта.

Каждое практическое занятие включает постановку вопроса, прогноз, план опыта, инструктаж, измерение, фиксацию исходных данных, вычисления, оценку качества результата и рефлексию. При недостатке оборудования допускаются демонстрационный эксперимент, работа по станциям, обработка готовых массивов данных и компьютерное моделирование.

3 Цель и задачи курса

Цель курса - развитие естественно-научной грамотности и исследовательских умений через систематическую практику физических измерений, обработку результатов и оценку их достоверности.

Задачи курса:

- сформировать понимание различий между измеряемой величиной, результатом измерения, погрешностью и неопределённостью;
- научить выбирать прибор, диапазон, цену деления и разумное число повторных измерений;
- освоить вычисление среднего значения, абсолютной и относительной погрешности на учебном уровне;
- формировать навыки корректного округления, записи единиц и значащих цифр;
- научить представлять данные в таблицах и графиках, определять параметры линейной зависимости;
- развивать умение выявлять систематические и случайные факторы, выбросы и ограничения метода;
- обучить использованию датчиков и электронных таблиц без подмены физического смысла автоматическими вычислениями;
- воспитывать культуру безопасной работы, сотрудничества, академической честности и воспроизводимости результата.

4 Место курса в плане внеурочной деятельности

Курс реализуется в течение двух учебных лет: 34 часа в 10 классе и 34 часа в 11 классе, всего 68 часов. Периодичность - одно занятие в неделю. Последовательность опытов может уточняться с учётом материальной базы, календаря учебного года и уровня подготовки группы при сохранении объёма разделов и планируемых результатов.

5 Содержание курса

10 класс 34 часа

Экспериментальный метод и безопасность - 4 часа. Наблюдение, гипотеза, модель, измерение и вывод. Требования безопасности. Физические величины, единицы СИ, выбор прибора и диапазона.

Измерения и погрешности - 10 часов. Цена деления и разрешение. Прямые и повторные измерения. Среднее значение. Абсолютная и относительная погрешность. Случайные и систематические факторы. Значащие цифры, округление и корректная запись результата.

Представление и обработка данных - 6 часов. Таблицы, графики, масштаб и подписи осей. Линейная зависимость, угловой коэффициент и свободный член. Учебные правила распространения погрешностей при сумме, произведении и степени.

Эксперименты по механике - 10 часов. Измерение плотности, объёма, времени, скорости, ускорения, периода, ускорения свободного падения, жёсткости пружины и коэффициента трения.

Тепловые эксперименты - 2 часа. Калориметрический опыт, тепловой баланс, определение удельной теплоёмкости и анализ тепловпотерь.

Электрические измерения и итоговый практикум - 2 часа. Измерение силы тока и напряжения. Определение сопротивления по серии данных. Итоговое мини-исследование с полным отчётом и оценкой качества результата.

11 класс 34 часа

Планирование исследования и цифровые средства - 7 часов. Постановка вопроса, независимая и зависимая переменные, контроль условий, калибровка, датчики, частота регистрации, экспорт данных и электронные таблицы.

Статистическая и графическая обработка - 7 часов. Разброс, медиана, среднее, доверительный смысл интервала на учебном уровне, аппроксимация, остатки, выбросы, оценка параметров линейной модели.

Механика, колебания и звук - 6 часов. Законы сохранения, КПД, гармонические и затухающие колебания, частота звука и резонанс.

Оптика и квантовые явления - 5 часов. Преломление, показатель преломления, фокусное расстояние линзы, дифракция и исследование фотоэлектрического датчика или солнечного элемента.

Электричество и электромагнетизм - 4 часа. Вольт-амперная характеристика, переходный процесс в RC-цепи безопасного низковольтного стенда, электромагнитная индукция и исследование магнитного поля.

Молекулярная физика и датчики среды - 2 часа. Газовые законы, температурные и влажностные датчики, калибровка и оценка запаздывания.

Исследовательский проект - 3 часа. Сбор и обработка данных, защита проекта, итоговая диагностика и рефлексия.

6 Планируемые результаты

Личностные результаты

- ответственное отношение к безопасности, оборудованию и достоверности представляемых данных;
- готовность признавать ограничения метода и корректировать вывод при появлении новых данных;
- академическая честность, уважение к результатам совместной работы и интерес к исследовательской деятельности;
- понимание роли измерений и оценки неопределённости в науке, технике, медицине и повседневной жизни.

Метапредметные результаты

- формулировать исследовательский вопрос, гипотезу и проверяемый план действий;
- выбирать форму представления данных и использовать электронные таблицы для вычислений и графиков;
- сопоставлять данные с моделью, выявлять причины расхождения и аргументировать вывод;
- распределять роли, вести лабораторный журнал и представлять результат в письменной и устной форме.

Предметные результаты

- проводить прямые и косвенные измерения с соблюдением правил безопасности;
- определять цену деления, диапазон и приборную составляющую погрешности;
- вычислять среднее значение, абсолютную и относительную погрешность в учебных задачах;
- округлять результат согласованно с погрешностью и указывать единицы СИ;
- строить таблицы и графики, определять параметры линейной зависимости и анализировать остатки;

- объяснять влияние случайных и систематических факторов, обоснованно работать с выбросами;
- готовить отчёт, обеспечивающий понятность и воспроизводимость учебного опыта.

7 Формы организации и оценивание

Формы работы: лабораторный практикум, экспериментальная задача, работа по станциям, демонстрационный опыт с коллективной обработкой, анализ готового массива данных, компьютерное моделирование, мини-исследование и защита проекта. Работа ведётся индивидуально, в парах и малых группах со сменой ролей экспериментатора, регистратора, аналитика и докладчика.

Оценивание носит формирующий характер. Используются лист наблюдения, лабораторный журнал, отчёт, графическая работа, мини-зачёт, взаимопроверка и защита проекта. Критерии: безопасность, обоснованность метода, качество исходных записей, корректность вычислений и графиков, оценка погрешности, соответствие вывода данным и самостоятельность объяснения.

8 Требования безопасности

- каждая практическая работа начинается с инструктажа; обучающиеся выполняют только разрешённые действия и немедленно прекращают работу по команде педагога;
- перед включением электрической цепи её проверяет педагог; используются исправные источники безопасного низкого напряжения, запрещается изменять схему под напряжением;
- при работе со стеклянными приборами, грузами, пружинами, нагретой водой, оптическими источниками и вращающимися телами соблюдаются специальные инструкции;
- запрещается направлять лазерное излучение в глаза, использовать открытое пламя и нагревательные приборы без прямого разрешения и контроля педагога;
- неисправность, пролив, разбитое стекло, перегрев, запах изоляции или травма немедленно сообщаются педагогу; самостоятельное устранение опасной ситуации не допускается;
- после опыта оборудование отключается, рабочее место приводится в порядок, данные сохраняются без исправления исходных значений задним числом.

9 Тематическое планирование

№	Класс	Раздел	Часы
1	10 класс	Экспериментальный метод и безопасность	4
2	10 класс	Измерения и погрешности	10
3	10 класс	Представление и обработка данных	6
4	10 класс	Эксперименты по механике	10
5	10 класс	Тепловые эксперименты	2
6	10 класс	Электрические измерения и итоговый практикум	2
7	11 класс	Планирование исследования и цифровые средства	7
8	11 класс	Статистическая и графическая обработка	7
9	11 класс	Механика, колебания и звук	6
10	11 класс	Оптика и квантовые явления	5
11	11 класс	Электричество и электромагнетизм	4
12	11 класс	Молекулярная физика и датчики среды	2
13	11 класс	Исследовательский проект	3

№	Класс	Раздел	Часы
		Итого	68

10 Календарно-тематическое планирование

Планируемая и фактическая даты заполняются педагогом с учётом календарного учебного графика. Состав оборудования и конкретные методики могут уточняться при сохранении темы, результатов и требований безопасности.

10 класс 34 часа

№	Тема занятия	Краткое содержание	Ч	Виды деятельности	Контроль	План	Факт
1	Физический эксперимент и его этапы	Наблюдение, гипотеза, модель, опыт, измерение, вывод. Структура лабораторного журнала.	1	Семинар-практикум	Диагностическая карта		
2	Безопасность в физической лаборатории	Общие и специальные риски. Команды прекращения работы. Действия при неисправности.	1	Инструктаж, кейсы	Зачёт по безопасности		
3	Физические величины и единицы СИ	Основные и производные единицы, перевод кратных и дольных единиц.	1	Практикум	Мини-тест		
4	Выбор измерительного прибора	Диапазон, чувствительность, разрешение, предел измерений и соответствие задаче.	1	Работа по станциям	Чек-лист		
5	Шкала и цена деления	Определение цены деления, оценка отсчёта между метками, параллакс.	1	Практическая работа	Карточка измерений		
6	Прямое измерение и запись результата	Значение, единица, условия опыта, приборная составляющая погрешности.	1	Практикум	Лабораторная запись		
7	Повторные измерения	Зачем нужны повторы. Серия наблюдений и сохранение исходных данных.	1	Эксперимент	Таблица данных		
8	Среднее значение	Среднее арифметическое как оценка результата повторных измерений.	1	Расчётный практикум	Карточка		
9	Абсолютная погрешность	Смысл интервала возможных значений. Единица погрешности.	1	Практикум	Мини-зачёт		
10	Относительная погрешность	Отношение абсолютной погрешности к значению, запись в долях и процентах.	1	Расчётный практикум	Самопроверка		
11	Случайные факторы	Разброс результатов, повторяемость, влияние наблюдателя и условий.	1	Анализ данных	Краткий вывод		
12	Систематические факторы	Смещение нуля, калибровка, постоянное влияние метода и среды.	1	Исследование	Кейс		
13	Значащие цифры	Связь точности исходных данных и числа значащих цифр в результате.	1	Практикум	Мини-тест		
14	Округление и итоговая запись	Согласование разрядов результата и погрешности. Запись $x = \bar{x} \pm \Delta x$.	1	Практикум	Графическая работа		
15	Таблица экспериментальных данных	Заголовки, единицы, исходные и вычисляемые столбцы, недопустимость скрытых исправлений.	1	Работа с данными	Таблица		
16	Построение графика	Выбор масштаба, подписи осей, нанесение точек, линия тенденции.	1	Графический практикум	График		

№	Тема занятия	Краткое содержание	Ч	Виды деятельности	Контроль	План	Факт
17	Линейная зависимость	Угловой коэффициент и свободный член, физический смысл параметров.	1	Практикум	Карточка		
18	Отклонения точек от модели	Разброс, остатки, проверка правдоподобия линейной модели.	1	Анализ графика	Мини-зачёт		
19	Погрешность суммы и разности	Учебное правило оценки предельной абсолютной погрешности.	1	Расчётный практикум	Карточка		
20	Погрешность произведения и степени	Учебное правило сложения относительных вкладов; ограничения приближения.	1	Расчётный практикум	Самостоятельная работа		
21	Плотность твёрдого тела	Измерение массы и размеров, расчёт плотности и оценка погрешности.	1	Лабораторная работа	Отчёт		
22	Объём тела неправильной формы	Метод вытеснения жидкости, цена деления мензурки, мениск.	1	Лабораторная работа	Отчёт		
23	Измерение коротких интервалов времени	Реакция наблюдателя, серия измерений, выбор числа периодов.	1	Эксперимент	Таблица и вывод		
24	Скорость равномерного движения	Измерение пути и времени, график $s(t)$, определение скорости по наклону.	1	Лабораторная работа	График		
25	Ускорение равноускоренного движения	Регистрация положения или времени, линеаризация доступным способом.	1	Практикум	Отчёт		

№	Тема занятия	Краткое содержание	Ч	Виды деятельности	Контроль	План	Факт
26	Период математического маятника	Зависимость периода от длины, серия колебаний, оценка разброса.	1	Лабораторная работа	График		
27	Определение ускорения свободного падения	Расчёт g по данным маятника, сравнение со справочным значением.	1	Исследование	Вывод с погрешностью		
28	Закон Гука	Зависимость удлинения от силы, построение графика, границы применимости.	1	Лабораторная работа	График		
29	Определение жёсткости пружины	Нахождение коэффициента по наклону, оценка результата и причин расхождения.	1	Практикум	Мини-зачёт		
30	Коэффициент трения	План опыта, повторные измерения силы, влияние поверхности.	1	Исследование	Отчёт		
31	Калориметрический опыт	Тепловой баланс, измерение температуры и массы, учёт теплотеря.	1	Лабораторная работа	Чек-лист		
32	Удельная теплоёмкость	Расчёт по экспериментальным данным, оценка главных источников погрешности.	1	Обработка данных	Отчёт		
33	Измерение силы тока и напряжения	Правильное включение приборов, диапазон, снятие показаний и безопасность.	1	Лабораторная работа	Практический зачёт		
34	Соппротивление и итоговый практикум	Серия измерений I и U , график, определение R . Полный мини-отчёт и рефлексия.	1	Комплексный практикум	Итоговый зачёт		

11 класс 34 часа

№	Тема занятия	Краткое содержание	Ч	Виды деятельности	Контроль	План	Факт
1	Входная диагностика и повторение	Запись результата, абсолютная и относительная погрешность, график и вывод.	1	Диагностика	Индивидуальная карта		
2	Исследовательский вопрос и гипотеза	Проверяемая формулировка, критерии подтверждения и опровержения.	1	Семинар-практикум	Карточка замысла		
3	Переменные и контроль условий	Независимая, зависимая и контролируемые переменные; повторяемость опыта.	1	Планирование	Чек-лист		
4	Выбор диапазона и шага	Баланс числа точек, времени, разрешения и ожидаемой формы зависимости.	1	Практикум	План опыта		
5	Калибровка измерительного канала	Нулевая точка, эталонные значения, калибровочный график и поправка.	1	Лабораторная работа	Калибровочная таблица		
6	Цифровые датчики	Принцип измерительного канала, частота опроса, разрешение и запаздывание.	1	Работа по станциям	Карточка		
7	Регистрация и экспорт данных	Имена столбцов, единицы, метаданные опыта, форматы и сохранность исходного массива.	1	Цифровой практикум	Файл данных		
8	Электронные таблицы	Формулы, относительные ссылки, среднее, минимум, максимум, сортировка без потери строк.	1	Компьютерный практикум	Практическая работа		
9	Разброс и устойчивые характеристики	Среднее, медиана, размах; выбор характеристики при несимметричных данных.	1	Анализ данных	Мини-тест		
10	Диаграмма рассеяния	Корректный тип диаграммы, подписи осей, единицы, диапазон и сетка.	1	Графический практикум	Диаграмма		
11	Линейная аппроксимация	Подбор прямой, коэффициенты модели и их физический смысл.	1	Компьютерный практикум	Карточка параметров		
12	Метод наименьших квадратов	Идея минимизации квадратов отклонений без вывода сложных формул.	1	Моделирование	Мини-зачёт		
13	Остатки и качество модели	График остатков, случайная структура и признаки неподходящей модели.	1	Исследование	Вывод		
14	Выбросы и работа с аномальными данными	Проверка записи и условий; запрет удаления точки без обоснования.	1	Кейс-практикум	Протокол решения		
15	Закон сохранения энергии	Измерение высоты и скорости, баланс энергии, анализ потерь.	1	Лабораторная работа	Отчёт		
16	Определение коэффициента полезного действия	Полезная и затраченная энергия, повторные измерения, границы результата.	1	Практикум	Мини-зачёт		
17	Гармонические колебания	Период, частота, амплитуда; временной ряд с датчика или видеоанализа.	1	Исследование	График		
18	Затухающие колебания	Изменение амплитуды, сравнение моделей, влияние сопротивления среды.	1	Лабораторная работа	Вывод		

№	Тема занятия	Краткое содержание	Ч	Виды деятельности	Контроль	План	Факт
19	Частота звука	Запись сигнала микрофоном, период по осциллограмме, частотный спектр.	1	Цифровой практикум	Практическая работа		
20	Резонанс	Зависимость амплитуды от частоты, безопасная демонстрация и оценка ширины максимума.	1	Эксперимент	График		
21	Закон преломления света	Измерение углов, таблица $\sin \alpha$ и $\sin \beta$, проверка линейной зависимости.	1	Лабораторная работа	Отчёт		
22	Показатель преломления	Определение по наклону графика, оценка угловой погрешности.	1	Обработка данных	Мини-зачёт		
23	Фокусное расстояние линзы	Несколько пар расстояний, расчёт и сопоставление результатов.	1	Лабораторная работа	Отчёт		
24	Дифракционная картина	Измерение геометрии картины, оценка длины волны или периода решётки безопасным источником.	1	Практикум	Карточка		
25	Фотоэлектрический датчик или солнечный элемент	Зависимость сигнала от освещённости или нагрузки, ограничения установки.	1	Исследование	График		

№	Тема занятия	Краткое содержание	Ч	Виды деятельности	Контроль	План	Факт
26	Вольт-амперная характеристика	Снятие серии точек на безопасном стенде, выбор модели и анализ нелинейности.	1	Лабораторная работа	Отчёт		
27	Переходный процесс в RC-цепи	Безопасное низкое напряжение, временной ряд, характерное время на графике.	1	Цифровой практикум	График		
28	Электромагнитная индукция	Зависимость сигнала от скорости изменения магнитного потока; качественная и количественная оценка.	1	Эксперимент	Вывод		
29	Исследование магнитного поля	Карта поля датчиком, повторяемость, фон и ориентация чувствительного элемента.	1	Работа по станциям	Карта данных		
30	Газовый закон	Связь параметров газа в безопасной установке, график и оценка утечек и теплового равновесия.	1	Лабораторная работа	Отчёт		
31	Датчики температуры и влажности	Калибровка, запаздывание, сравнение двух приборов и оценка согласованности.	1	Исследование	Сравнительная таблица		
32	Проект: сбор экспериментальных данных	Самостоятельное выполнение утверждённого безопасного плана и ведение журнала.	1	Проектная работа	Журнал данных		
33	Проект: обработка и представление	Расчёты, графики, погрешности, ограничения, оформление постера или отчёта.	1	Проектная работа	Черновик отчёта		
34	Защита проекта и итоговая диагностика	Представление результата, ответы на вопросы, оценка воспроизводимости и рефлексия.	1	Конференция	Итоговый зачёт		

11 Учебно-методическое обеспечение

Оборудование

- линейки, штангенциркули, микрометры, секундомеры, весы, мензурки, термометры и калориметры;
- штативы, пружины, наборы грузов, маятники, тележки, направляющие и динамометры;
- источники безопасного низкого напряжения, резисторы, ключи, соединительные провода, амперметры, вольтметры и мультиметры;
- оптическая скамья, линзы, экраны, транспортиры, дифракционные решётки и безопасные источники света;
- цифровые датчики движения, силы, температуры, давления, освещённости, звука и магнитного поля - при наличии;
- компьютеры или планшеты с электронными таблицами, программами регистрации данных и построения графиков.

Материалы педагога и обучающихся

- инструкции по охране труда и безопасному проведению конкретных лабораторных работ;
- карты экспериментов, шаблоны лабораторного журнала, чек-листы и критерии оценивания;
- справочные материалы по единицам СИ, значащим цифрам, округлению и учебным правилам оценки погрешностей;
- наборы реальных и учебных массивов данных для обработки, в том числе с выбросами и нелинейными зависимостями;
- учебники и практикумы по физике, включённые в действующий федеральный перечень учебников.

Условия реализации

Практические работы выполняются на исправном оборудовании после инструктажа. Педагог заранее проверяет установку, допустимые диапазоны и устойчивость элементов. Для обучающихся с медицинскими ограничениями или временными затруднениями предусматриваются роли регистратора и аналитика, обработка готовых данных или компьютерная модель. Любая автоматическая обработка должна сопровождаться сохранением исходного массива и объяснением физического смысла полученных параметров.