

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Высшая школа общей и прикладной физики

УТВЕРЖДЕНО

решением Ученого совета ННГУ

протокол № 10 от 02.12.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Общий физический практикум (атомная физика)

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Направление подготовки / специальность

03.03.02 - Физика

Направленность образовательной программы

Фундаментальная физика

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.09.05 Общий физический практикум (атомная физика) относится к обязательной части образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
УК-3: Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде	УК-3.1: Демонстрация способности осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде	УК-3.1: Знать организационную структуру предприятия и действующую в нем систему управления; правила эксплуатации исследовательского и технологического оборудования, методы ведения текущей научно-технической документации. Уметь определять цели научной работы и способы их последовательного достижения, грамотно распределять рабочее время и направлять силы на достижение поставленных целей. Владеть методами организации эффективной совместной работы при проведении теоретических и экспериментальных исследований.	Практическое задание Доклад-презентация Допуск к лабораторной работе	Зачёт: Отчет по лабораторным работам
ОПК-2: Способен проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные;	ОПК-2.1: Демонстрация способности проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные	ОПК-2.1: Знать фундаментальные физические законы, устройство и принцип действия основной измерительной, приемно-передающей аппаратуры, аппаратуры для хранения и обработки информации. Уметь пользоваться	Практическое задание Допуск к лабораторной работе	Зачёт: Отчет по лабораторным работам

		<p>физическими приборами и оборудованием, устройствами получения и обработки данных, приемно-передающими устройствами с использованием современных информационных технологий, прикладными пакетами программ для мониторинга, визуализации и обмена данными, телекоммуникационными технологиями для работы с удаленными установками и всемирной интеграции науки. Владеть навыками решения задач, основываясь на полученных в ходе освоения дисциплины знаниях и умениях</p>		
--	--	---	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	2
Часов по учебному плану	72
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	0
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	1
самостоятельная работа	39
Промежуточная аттестация	0
	Зачёт

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/ лабора торные работы), часы	Всего	

	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0
Эффект Зеемана	23		10	10	13
Фотоэффект	24		11	11	13
Опыт Франка-Герца	24		11	11	13
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	72	0	32	33	39

Содержание разделов и тем дисциплины

Эффект Зеемана
 Фотоэффект
 Опыт Франка-Герца

Практические занятия /лабораторные работы организуются, в том числе, в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий / лабораторных работ в форме практической подготовки отводится: очная форма обучения - 71 ч.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

- 1) Сивухин Д. В. Общий курс физики. В 5 тт. М.: Физматлит,
 Т5 Атомная и ядерная физика, 2002 -784 с. Режим доступа: ЭБС «Лань»

<https://e.lanbook.com/book/2315>

- 2) Савельев И.В. Курс общей физики. В 5 тт.5-е изд. М.: Лань, 2011.

Т5 Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц, 2011 -384 с. Режим доступа: ЭБС «Лань» <https://e.lanbook.com/book/708>

- 3) Методические указания к лабораторным работам по общей физике. – Нижегород-ский государственный университет им. Н. И. Лобачевского, радиофизический фа-культет, кафедра общей физики.

б) дополнительная литература:

Вихман Э. Квантовая физика. (Берклевский курс физики. Том 4.) М.: Наука, 1974 -415 с. -124 экз.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины)

Федеральный портал «Российское образование»

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Допуск к лабораторной работе) для оценки сформированности компетенции УК-3:

1. Можно ли зависимость тока фотоэлемента от частоты света лампы накаливания назвать спектральной характеристикой фотоэлемента?
2. Что такое абсолютно черное тело и как описывается спектр его излучения?
3. Что такое красная граница фотоэффекта?
4. Перечислите законы фотоэффекта.
5. Какие линии в спектре излучения ртутной лампы необходимо использовать для определения постоянной Планка?
6. Перечислите постулаты Бора.
7. Объясните ход анодно-сеточной характеристики газонаполненной лампы (при постоянном потенциале задержки), объясните положение максимумов и минимумов данной кривой.
8. Как определяется положение первого минимума анодно-сеточной характеристики?
9. Как изменяется анодно-сеточная характеристика с увеличением густоты сетки?
10. С чем связано изменение знака анодного тока при наблюдении ионизации?
11. Как определяется экспериментальная погрешность измерения критического (резонансного) потенциала?
12. Нарисуйте распределение потенциала электрического поля в газонаполненной лампе (различные геометрии)?
13. Как меняется размер области неупругих столкновений при увеличении ускоряющего напряжения между анодом и сеткой на разных участках анодно-сеточной характеристики?
14. Как изменяется вид анодно-сеточной характеристики, если рабочий газ с заметной вероятностью захватывает электроны?
15. Как в условиях эксперимента с целью определения потенциала ионизации определить область, в которой наблюдается скачок ионного тока.
16. Что такое нормальный и аномальный эффект Зеемана?
17. Как определяются правила отбора, определяющие разрешенные переходы между атомными уровнями?
18. Определите экспериментально постоянную Планка несколькими методами.
19. Определите экспериментально красную границу фотоэффекта для заданного материала.
20. Экспериментально определите точность выполнения закона Столетова.
21. Для заданного газа экспериментально определите резонансные уровни энергии.
22. Для заданного газа экспериментально определите потенциал ионизации.
23. Что такое приближения [L-S]-связи?
24. Какую поляризацию имеет излучение при наблюдении эффекта Зеемана?
25. Проведите экспериментальное наблюдение расщепления энергетического спектра излучения атома при эффекте Зеемана.
26. Опишите принцип работы интерферометра Фабри-Перо.

27. С чем связан тот факт, что спектральные линии на выходе спектрографа имеют вид дуг окружностей?
28. Охарактеризовать движение электрона, двигающегося по квадратной траектории.
29. На каком основании предполагается, что вся оптическая разность хода между интерферирующими в фокальной плоскости линзы лучами образуется между зеркальными плоскостями интерферометра Фабри-Перо?
30. Выведете формулу, по которой рассчитывается радиус интерференционных колец Фабри-Перо.
31. Исходя из дипольной модели излучения атома и теоремы о равномерном распределении энергии по степеням свободы, объясните относительную интенсивность нормальных зеемановских компонент.
32. Какие ограничения на возможность измерения проекций момента импульса накладывает соотношение неопределенностей?

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Допуск к лабораторной работе) для оценки сформированности компетенции ОПК-2:

1. Что такое абсолютно черное тело и как описывается спектр его излучения?
2. Что такое красная граница фотоэффекта?
3. Перечислите законы фотоэффекта.
4. Перечислите постулаты Бора.
5. Объясните ход анодно-сеточной характеристики газонаполненной лампы (при постоянном потенциале задержки), объясните положение максимумов и минимумов данной кривой.
6. Как определяется экспериментальная погрешность измерения критического (резонансного) потенциала?
7. Нарисуйте распределение потенциала электрического поля в газонаполненной лампе (различные геометрии)?
8. Что такое нормальный и аномальный эффект Зеемана?
9. Как определяются правила отбора, определяющие разрешенные переходы между атомными уровнями?
10. Определите экспериментально постоянную Планка несколькими методами.
11. Определите экспериментально красную границу фотоэффекта для заданного материала.
12. Экспериментально определите точность выполнения закона Столетова.
13. Для заданного газа экспериментально определите резонансные уровни энергии.
14. Для заданного газа экспериментально определите потенциал ионизации.
15. Какую поляризацию имеет излучение при наблюдении эффекта Зеемана?
16. Проведите экспериментальное наблюдение расщепления энергетического спектра излучения атома при эффекте Зеемана.
17. Опишите принцип работы интерферометра Фабри-Перо.
18. Исходя из дипольной модели излучения атома и теоремы о равномерном распределении энергии по степеням свободы, объясните относительную интенсивность нормальных зеемановских компонент.
19. Какие ограничения на возможность измерения проекций момента импульса накладывает соотношение неопределенностей?

Критерии оценивания (оценочное средство - Допуск к лабораторной работе)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Справедливо одно из следующих утверждений: (1). Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач. (2). Уровень знаний в объеме,

Оценка	Критерии оценивания
	<p>соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов. (3). Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. (4). Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами. (5). Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.</p>
не зачтено	<p>Справедливо одно из следующих утверждений: (1). Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки. (2). Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.</p>

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.

	обучающегося от ответа			негрубых ошибок	несущественных ошибок		
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам) для оценки сформированности компетенции УК-3

сформированности компетенции ОПК-2

Темы заданий

1. Эффект Зеемана
2. Фотоэффект
3. Опыт Франка-Герца

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам) для оценки сформированности компетенции ОПК-2

сформированности компетенции ОПК-2

Темы заданий

1. Эффект Зеемана
2. Фотоэффект
3. Опыт Франка-Герца

Критерии оценивания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Справедливо одно из следующих утверждений: (1). Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач. (2). Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов. (3). Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. (4). Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами. (5). Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.

Оценка	Критерии оценивания
не зачтено	Справедливо одно из следующих утверждений: (1). Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки. (2). Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.

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

Основная литература:

1. Сивухин Дмитрий Васильевич. Общий курс физики : [учеб. пособие для физ. специальностей вузов : в 5 т.]. [Т. 5]. Атомная и ядерная физика, ч. 2 : Ядерная физика . - М. : Наука, 1989. - 415 с. : ил. - ISBN 5-02-015053-8 (в пер.) : 1.30., 389 экз.
2. Савельев Игорь Владимирович. Курс общей физики : [учеб. пособие для студентов вузов]. Т. 3. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц. - 2-е изд., испр. - М. : Наука, 1982. - 303 с. : ил. - 0.75., 38 экз.

Дополнительная литература:

1. Берклеевский курс физики : пер. с англ. Т. IV. Квантовая физика / авт. т. Э. Вихман ; под ред. А. И. Шальникова, А. О. Вайсенберга. - 3-е изд., испр. - М. : Наука, 1986. - 392 с. : ил. - 19.00., 6 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

Федеральный портал «Российское образование»

<http://www.edu.ru/modules.php?>

[op=modload&name=Web_Links&file=index&l_op=viewlink&cid=2578&fids\[\]=2675](http://www.edu.ru/modules.php?op=modload&name=Web_Links&file=index&l_op=viewlink&cid=2578&fids[]=2675)

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: для проведения лекций и практических занятий требуется типовое оборудование лекционной аудитории. Для подготовки самостоятельных контрольных работ и для их графического представления (если это необходимо), а также для расширения коммуникационных возможностей студенты имеют возможность работать в компьютерных классах с соответствующим лицензионным программным обеспечением и выходом в Интернет. Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети

Интернет и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

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

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки/специальности 03.03.02 - Физика.

Автор(ы): Скалыга Вадим Александрович, доктор физико-математических наук
Рудаков Артур Олегович.

Заведующий кафедрой: Викторов Михаил Евгеньевич, кандидат физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 31.01.2025, протокол № 2.