

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Артеменков Михаил Николаевич
Должность: Ректор
Дата подписания: 07.10.2026 11:55:47
Уникальный программный ключ:
a63b74166e8f4fc17bd1e0462725f79e393bdfd9

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
работе

_____ Ю.А. Устименко
«11» ноября 2024 г.

**Рабочая программа дисциплины
Б1.В.ДВ.01.02.01 Основы физики атомного ядра**

Направление подготовки **44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями)**
Направленность (профиль): **Математика. Информатика**

Форма обучения – очная

Курс – 4

Семестр – 8

Всего зачетных единиц – 2, часов 72

Форма отчетности: зачет – 8 семестр

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

Одобрена на заседании кафедры
«__» _____ 2024 г., протокол № __

Заведующий кафедрой _____ А.В. Дюндин

Смоленск
2024

1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Основы физики атомного ядра» является дисциплиной по выбору, относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, ОП данного направления подготовки и изучается в 8 семестре

При изучении данной дисциплины необходимы компетенции студентов, сформированные при изучении школьного курса физики, а также таких дисциплин, как ««Элементарная физика», «Математический анализ», «Теория вероятностей и математическая статистика», «Численные методы», и др.

Освоенные при изучении данной дисциплины компетенции необходимы для изучения дисциплин «Основы физики элементарных частиц», «Моделирование взаимодействия частиц с веществом», «Обработка результатов физического эксперимента».

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индикаторы достижения
ПК-7. Способен математически корректно ставить естественнонаучные задачи и классические задачи математики, строго доказать утверждение, сформулировать результат, увидеть следствия полученного результата	Знать: базовые принципы постановки естественнонаучных задач и классических задач математики, определения основных понятий и доказательства теорем по основным разделам математики; Уметь: решать основные типы математических задач, доказать утверждение, сформулировать результат, увидеть его следствия; Владеть: первичными навыками применения математического аппарата к решению конкретных задач из различных областей прикладной математики и информатики.

3. Содержание дисциплины

Физика атомного ядра и высоких энергий. Типы взаимодействий в природе (сильное, электромагнитное, слабое, гравитационное). Физические законы: уравнения движения и законы сохранения. Связь законов сохранения и динамической симметрии.

Основные свойства атомных ядер и ядерных сил. Состав атомных ядер. Основные свойства протона и нейтрона (заряд, масса, спин, магнитный момент). Соотношение между числом протонов и числом нейтронов в стабильных ядрах. Заряд ядра. Масса ядра и массовое число. Изотопы. Изобары. Изотоны. Размеры и форма ядер. Плотность ядерного вещества. Свойства ядерных сил (величина, радиус действия, изотопическая инвариантность, спиновая зависимость, нецентральность, обменный характер, насыщение, инвариантность относительно пространственной инверсии). Понятие о мезонной теории ядерных сил. Периодичность ядерных свойств. Магические ядра и их особенности. Модель ядерных оболочек.

Радиоактивность и ядерные реакции. Закон радиоактивного распада. Типы радиоактивных превращений. Радиоактивные семейства. Энергетические спектры частиц, образующихся при радиоактивных распадах. Нейтрино. Роль нейтрино в астрофизике. Несохранение четности в слабых взаимодействиях. Комбинированная четность. СРТ-теорема. Ядерные реакции и их классификация. Реакции через образование составного ядра и прямые ядерные реакции. Эффективные сечения реакций. Резонансные процессы, Деления ядер. Вероятность деления, среднее время жизни, период полураспада. Элементарная теория деления. Вынужденное и спонтанное деление. Вторичные нейтроны. Ядерное топливо. Цепной процесс деления и его практическое использование. Ядерные реакторы. Типы ядерных реакторов (РБМК, ВВЭР, реакторы на быстрых нейтронах). Термоядерные реакции синтеза. Проблема получения управляемой реакции синтеза.

4. Тематический план

№ п/п	Разделы и темы	Всего часов	Формы занятий		
			лекции	лабораторные занятия	самостоятельная работа
1.	Физика атомного ядра и высоких энергий	12	2	4	6
2.	Основные свойства атомных ядер и ядерных сил	22	4	8	10
3.	Радиоактивность и ядерные реакции.	38	6	12	20
<i>Итого</i>		72	12	24	36

5. Виды учебной деятельности

Занятия лекционного типа

Лекция 1. Введение в физику атомного ядра и высоких энергий.

Типы взаимодействий в природе (сильное, электромагнитное, слабое, гравитационное). Физические законы: уравнения движения и законы сохранения. Связь законов сохранения и динамической симметрии.

Лекция 2. Атомное ядро и его состав.

Состав атомных ядер. Основные свойства протона и нейтрона (заряд, масса, спин, магнитный момент). Соотношение между числом протонов и числом нейтронов в стабильных ядрах. Заряд ядра. Масса ядра и массовое число. Изотопы. Изобары. Изотоны. Размеры и форма ядер. Плотность ядерного вещества.

Лекция 3. Ядерные силы и их свойства.

Свойства ядерных сил (величина, радиус действия, изотопическая инвариантность, спиновая зависимость, нецентральность, обменный характер, насыщение, инвариантность относительно пространственной инверсии). Понятие о мезонной теории ядерных сил. Периодичность ядерных свойств. Магические ядра и их особенности. Модель ядерных оболочек.

Лекция 4. Радиоактивность.

Закон радиоактивного распада. Типы радиоактивных превращений. Радиоактивные семейства. Энергетические спектры частиц, образующихся при радиоактивных распадах. Нейтрино. Роль нейтрино в астрофизике. Несохранение четности в слабых взаимодействиях. Комбинированная четность. СРТ-теорема.

Лекция 5. Ядерные реакции.

Ядерные реакции и их классификация. Реакции через образование составного ядра и прямые ядерные реакции. Эффективные сечения реакций. Резонансные процессы, Деления ядер. Вероятность деления, среднее время жизни, период полураспада.

Лекция 6. Ядерная энергетика.

Элементарная теория деления. Вынужденное и спонтанное деление. Вторичные нейтроны. Ядерное топливо. Цепной процесс деления и его практическое использование. Ядерные реакторы. Типы ядерных реакторов (РБМК, ВВЭР, реакторы на быстрых нейтронах). Термоядерные реакции синтеза. Проблема получения управляемой реакции синтеза.

Занятия семинарского типа - лабораторные работы

Лабораторная работа №1. Изучение спектра атома водорода и определение постоянных Ридберга и Планка (4 часа).

Цели работы:

1. Наблюдение серии Бальмера в спектре атома водорода.
2. Экспериментальное определение постоянной Ридберга.
3. Экспериментальное определение постоянной Планка.

Приборы и принадлежности: монохроматор, трубка с атомарным водородом, катушка Румкорфа, выпрямитель, блок питания.

Контрольные вопросы:

- Какая модель была предложена Бором для описания строения атома?
- Сформулируйте постулаты Бора.
- В чём заключается квантовомеханический смысл боровского радиуса?
- Как практически получить спектр излучения?
- Какие спектральные закономерности атома водорода вы знаете?
- Что такое серийная формула? Какие серии существуют?
- Как появляются в квантовой теории атома водорода квантовые числа, каков их физический смысл?
- Каков смысл квантовых чисел, входящих в формулу серии Бальмера?
- Выведите формулу для постоянной Ридберга.
- Что такое катушка Румкорфа и для чего она нужна?

Лабораторная работа № 2. Градуирование призменного спектроскопа (4 часа)

Цели работы:

1. Наблюдение спектра атомов ртути.
2. Приобретение навыков градуировки шкалы спектроскопа в длинах волн.

Приборы и принадлежности: монохроматор, используемый как спектроскоп, ртутная лампа, спектр атомов ртути (промеренный в длинах волн).

Контрольные вопросы:

- Что такое спектр? Какие спектры бывают?
- Чем отличаются друг от друга спектр излучения и спектр поглощения?
- Каковы особенности спектров излучения атомов?
- Какова природа линейчатых спектров?
- Объясните оптическую схему монохроматора (спектроскопа).
- На каком явлении основана работа спектроскопа?
- Как работать с графиком шкалы спектроскопа?

Лабораторная работа №3. Изучение закона радиоактивного распада (4 часа)

Цели работы:

1. Экспериментально проверить закон радиоактивного распада.
2. Получить представление о счётчиках ионизирующего излучения

Приборы и принадлежности: счётчик ионизирующих излучений, счётчик электрических импульсов, пылесос с фильтром.

Контрольные вопросы:

- Что такое радиоактивность?
- Чем обусловлена радиоактивность воздуха
- Какие типы радиоактивных распадов существуют?
- Каковы особенности α -распада? Правило смещения, примеры распада.
- Что такое альфа-частица?
- Каковы особенности β^+ и β^- - распадов? Правила смещения, примеры распадов.

- Выведите закон радиоактивного распада.
- Изобразите график закона радиоактивного распада.
- Что называют постоянной распада? Каков её физический смысл?
- Что такое период полураспада? Каков его физический смысл?
- Как связаны между собой постоянная распада и период полураспада?
- Как регистрируют ионизирующее излучение?
- Принцип работы счётчика ионизирующего излучения?

Лабораторная работа №4. Изучение основных законов внешнего фотоэффекта (4 часа)

Цели работы:

1. Исследование вольт-амперной характеристики вакуумного фотоэлемента
2. Изучение зависимости фототока насыщения от освещённости катода.
3. Закрепление навыка применения электроизмерительных приборов.
4. Закрепление навыка применения графического способа представления опытных

данных.

Приборы и принадлежности: сурьмяно-цезиевый вакуумный фотоэлемент, вольтметр, микроамперметр, выпрямитель, потенциометр, осветитель, оптическая скамья, линейка.

Контрольные вопросы:

- Что такое фотоэффект? Какие типы фотоэффекта существуют?
- Сформулируйте законы внешнего фотоэффекта.
- Трудности электромагнитной теории в объяснении фотоэффекта.
- Квантовая теория внешнего фотоэффекта.
- Какой вид имеет вольт-амперная характеристика внешнего фотоэффекта?
- От чего зависит фототок насыщения?
- По какому закону происходит увеличение фототока вдали от насыщения?
- Запишите уравнение Эйнштейна и опишите его смысл.
- Что называют красной границей фотоэффекта? От чего зависит значение красной границ?
- Где применяется внешний фотоэффект?
- Что такое вакуумный фотоэлемент, каково его устройство?

Лабораторная работа №5. Экспериментальная проверка уравнения Эйнштейна (4 часа)

Цели работы:

1. Изучить метод задерживающего потенциала.
2. Проверить справедливость уравнения Эйнштейна для внешнего фотоэффекта.
3. Определить красную границу для фотоэлемента.
4. Определить работу выхода фотоэлектронов для используемого фотоэлемента.
5. Графически определить постоянную Планка.

Приборы и принадлежности: монохроматор, фотоэлемент, микроамперметр, вольтметр, источники света, выпрямитель.

Контрольные вопросы:

- Гипотеза световых квантов Эйнштейна.
- Каков физический смысл постоянной Планка?
- Сформулируйте и объясните законы внешнего фотоэффекта.
- Запишите уравнение Эйнштейна для внешнего фотоэффекта и объясните смысл содержащихся в нём физических величин.
- Что такое работа выхода электрона?
- Что называют красной границей внешнего фотоэффекта?

- Изобразите график вольт-амперной характеристики внешнего фотоэффекта и опишите механизм процессов, соответствующих участкам этого графика.
- В чём суть метода задерживающего потенциала?
- Объясните, как графическим способом вычислить постоянную Планка.

Лабораторная работа №6. Опыт Франка и Герца (4 часа)

Цели работы:

1. Определить резонансный потенциал атома ртути.
2. Определить функцию распределения электронов по энергиям.

Приборы и принадлежности: учебный лабораторный комплекс «Опыт Франка и Герца».

Контрольные вопросы:

- Какой факт подтверждается опытом Франка и Герца?
- Какой результат опыта позволяет судить о дискретности уровней энергии атома.
- Каким образом выполняется ускорение электронов?
- Объясните наблюдаемые графики зависимости энергии электронов от ускоряющей разности потенциалов.
- В чём смысл наиболее вероятного значения энергии электронов?

Самостоятельная работа

Самостоятельная работа студента включает в себя:

- изучение теоретического материала по конспектам лекций и источникам из списка литературы;
- подготовку к выполнению и защите лабораторных работ;
- подготовка сообщения по одному из приведенных ниже вопросов для самостоятельного изучения.

Вопросы для самостоятельного изучения

1. Типы взаимодействий в природе (сильное. Электромагнитное, слабое, гравитационное)
2. Физические законы: уравнения движения и законы сохранения. Связь законов сохранения и динамической симметрии.
3. Основные свойства атомных ядер и ядерных сил Состав атомных ядер. Основные свойства протона и нейтрона (заряд, масса, спин, магнитный момент).
4. Соотношение между числом протонов и числом нейтронов в стабильных ядрах. Заряд ядра. Масса ядра и массовое число. Изотопы. Изобары. Изотоны.
5. Размеры и форма ядер. Плотность ядерного вещества.
6. Свойства ядерных сил (величина, радиус действия, изотопическая инвариантность, спиновая зависимость, нецентральность, обменный характер, насыщение, инвариантность относительно пространственной инверсии).
7. Понятие о мезонной теории ядерных сил. Периодичность ядерных свойств. Магические ядра и их особенности. Модель ядерных оболочек.
8. Радиоактивность и ядерные реакции. Закон радиоактивного распада. Типы радиоактивных превращений. Радиоактивные семейства.
9. Энергетические спектры частиц, образующихся при радиоактивных распадах. Нейтрино. Роль нейтрино в астрофизике.
10. Несохранение четности в слабых взаимодействиях. Комбинированная четность. CPT-теорема.
11. Ядерные реакции и их классификация. Реакции через образование составного ядра и прямые ядерные реакции. Эффективные сечения реакций. Резонансные процессы,
12. Деления ядер. Вероятность деления, среднее время жизни, период полураспада. Элементарная теория деления. Вынужденное и спонтанное деление.

13. Вторичные нейтроны. Ядерное топливо. Цепной процесс деления и его практическое использование.

14. Ядерные реакторы. Типы ядерных реакторов (РБМК, ВВЭР, реакторы на быстрых нейтронах).

15. Термоядерные реакции синтеза. Проблема получения управляемой реакции синтеза.

6. Критерии оценивания результатов освоения дисциплины (модуля)

6.1. Оценочные средства и критерии оценивания для текущей аттестации

Текущая аттестация выполняется по вопросам и заданиям лабораторного практикума (см. п.5)ю

Критерии оценки ответов на контрольные вопросы на защите лабораторной работы:

Ответ на вопрос считается удовлетворительным, если студент:

- 1) дает правильный и полный ответ;
- 2) осознает и понимает смысл вопроса и обосновывает ответ;
- 3) полно излагает изученный материал, дает правильное определение понятий;
- 4) обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры не только из источников, но и самостоятельно составленные.

Во всех других случаях ответ студента считается неудовлетворительным.

Критерии оценки отчета по выполненной лабораторной работе:

Отчет по работе считается выполненным удовлетворительно, если студент:

- 1) выполнил задание работы в полном объеме и сдал его в установленные сроки;
- 2) оформил отчет в соответствии с требованиями преподавателя;
- 3) сделал обоснованные выводы по итогам выполненной работы.

Во всех остальных случаях отчет по работе считается подготовленным неудовлетворительно.

6.2. Оценочные средства и критерии оценивания для промежуточной аттестации

Критерии выставления зачета по курсу

Оценка «Зачтено» выставляется студенту, который:

- выполнил и защитил все лабораторные работы, запланированные для выполнения в семестре;
- выступил с сообщением по одному из вопросов для самостоятельного изучения.

Во всех других случаях выставляется оценка «Не зачтено».

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

7.1. Основная литература

1. Бекман, И. Н. Атомная и ядерная физика: радиоактивность и ионизирующие излучения : учебник для вузов / И. Н. Бекман. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 493 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-08692-8. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/491394>.

2. Строковский, Е. А. Физика атомного ядра и элементарных частиц: основы кинематики : учебное пособие для вузов / Е. А. Строковский. — 3-е изд., испр. и доп. —

Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 355 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-03804-0. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/492501>.

3. Сазонов, А. Б. Ядерная физика : учебное пособие для вузов / А. Б. Сазонов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 320 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-11829-2. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/493030>.

7.2. Дополнительная литература

1. Бекман, И. Н. Ядерные технологии : учебник для вузов / И. Н. Бекман. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 500 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-08681-2. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/491393>.

2. Иоффе, Б. Л. История науки: атомные проекты: монография для вузов / Б. Л. Иоффе. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 191 с. — (Открытая наука). — ISBN 978-5-534-11978-7. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/494318>.

3. Кузнецов, С. И. Физика: оптика. Элементы атомной и ядерной физики. Элементарные частицы : учебное пособие для вузов / С. И. Кузнецов. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 301 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01420-4. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/490370>.

4. Милантьев, В. П. Атомная физика : учебник и практикум для академического бакалавриата / В. П. Милантьев. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 415 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-00405-2. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/434649>.

5. Сазонов, А. Б. Ядерная физика и дозиметрия. Сборник задач : учебное пособие для вузов / А. Б. Сазонов, М. А. Богородская. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 98 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-05469-9. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/493031>.

7.3 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

- <https://razdolbaypegas.livejournal.com/750505.html> — экспериментальные основы квантовой физики.
- <http://www.jinr.ru> — сайт объединенного института ядерных исследований.
- <http://www.lebedev.ru/ru/> — сайт ФИАН.
- <https://home.cern> сайт CERN.
- <https://moiarussia.ru/glavnye-dostizheniya-rossii-v-nauke-za-poslednie-20-let/> — Российские достижения в науке.
- <http://tainy.net/19336-yadernye-katastrofy-mira.html> — ядерные катастрофы

8. Материально-техническое обеспечение

Аудитория для проведения лекционных занятий 426 уч. к. 2, оснащенная стандартной учебной мебелью и оборудованием: доска для выполнения записей мелом; проектор; ноутбук.

Аудитория для проведения лабораторных занятий, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 334 уч. к. 2, оснащенная стандартной учебной мебелью и оборудованием: оборудование и материалы для выполнения лабораторного практикума; доска для записей маркером; набор плакатов.

Аудитория для проведения лабораторных занятий, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 328 уч. к. 2, оснащенная стандартной учебной мебелью и оборудованием: оборудование и материалы для выполнения лабораторного практикума; доска для записей мелом; 8 персональных компьютеров, объединенных в сеть.

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

9. Программное обеспечение

Microsoft Open License (Windows XP, 7, 8, 10, Server, Office 2003-2016), лицензия 66975477 от 03.06.2016 (бессрочно).

СКМ MathCAD.

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