

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:
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 деятельности

Ю.А. Устименко

«25» декабря 2025 г.

**Рабочая программа дисциплины
Б1.В.03.03 Основы физики атома и элементарных частиц**

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

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

Форма обучения: очная

Курс – 5

Семестр – 10

Всего зачетных единиц – 4, часов – 144.

Форма отчетности: зачет – 10 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 ОП

Дисциплина «Основы физики атома и элементарных частиц» 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.

Для освоения дисциплины «Основы физики атома и элементарных частиц» студент должен обладать базовыми знаниями и умениями, полученными в ходе изучения таких дисциплин, как «Общая и экспериментальная физика», «Основы теоретической физики», «Астрономия».

В результате изучения дисциплины «Основы физики атома и элементарных частиц» студент приобретает знания и умения, необходимые для выполнения профессиональной деятельности по профилю направления подготовки.

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: современное состояние и перспективы развития физики как учебной дисциплины, направления развития школьного физического образования, теоретические основы обучения физике, принципы построения методической системы обучения физике, основные линии школьного курса физики, их структуру, содержание и роль, этапы формирования физических понятий, методические подходы к изучению основных тем школьного курса физики; Уметь: анализировать и интерпретировать содержание физических понятий, теорем, задач, разрабатывать фрагменты уроков, организовывать образовательный процесс обучения физике, конструировать методику введения понятий, изучения теорем, решения задач; Владеть: основными приемами организации деятельности школьников по изучению физики, навыками разработки методики изучения частных вопросов обучения физики, исследовательскими методами в профессиональной деятельности.

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.

Элементарные частицы. Классификация элементарных частиц. Лептоны. Мезоны. Барионы. Гипероны. Взаимодействия элементарных частиц Концепция взаимодействия. Переносчики взаимодействий. Гравитоны. Фотоны. Промежуточные бозоны. Глюоны. Составные модели элементарных частиц. Модель кварков. Фундаментальные частицы(кварки и лептоны). Кварковый состав мезонов, кварковый состав барионов. Законы сохранения электрического заряда, барионного заряда, лептонного заряда. Правила изменения изотопического спина, странности, гиперзаряда. Правила отбора Метод диаграмм Фейнмана изображения процессов взаимодействия элементарных частиц.

Симметрии. Нарушение симметрий. Спонтанное нарушение симметрии. Струны. Струнные модели элементарных частиц. Суперсимметрия. Суперструнные модели элементарных частиц. Единые модели взаимодействий элементарных частиц. Теории большого объединения.

4. Тематический план

№ п/п	Разделы и темы	Всего часов	Формы занятий			
			лекции и	практические занятия	лабораторные занятия	самостоятельная работа
1	Физика атомного ядра и высоких энергий	28	4	4	4	16
2	Основные свойства атомных ядер и ядерных сил	30	4	4	4	18
3	Радиоактивность и ядерные реакции	30	4	4	4	18
4	Элементарные частицы	28	4	4	4	16
5	Симметрии	28	4	4	4	16
Итого		144	20	20	20	84

5. Виды учебной деятельности

Лекции

Лекция 1,2. 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.

Лекция 3,4. Основные свойства атомных ядер. 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. Ядро и ядерные силы. 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). Теории ядерных сил. Понятие о мезонной теории ядерных сил. Периодичность ядерных свойств. Магические ядра и их особенности. Модель ядерных оболочек.

Лекция 5. 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. 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.

Лекция 6. Основы ядерной энергетики. Ядерное топливо. Цепной процесс деления и его практическое использование. Ядерные реакторы. Типы ядерных реакторов (РБМК, ВВЭР, реакторы на быстрых нейтронах). Проблема получения управляемой реакции синтеза. Топливо для термоядерных реакторов.

Лекция 7,8. Элементарные частицы. Классификация элементарных частиц. Лептоны. Мезоны. Барионы. Гипероны. Взаимодействия элементарных частиц Концепция взаимодействия. Переносчики взаимодействий. Гравитоны. Фотоны. Промежуточные бозоны. Глюоны. Модель кварков. Фундаментальные частицы (кварки и лептоны). Кварковый состав мезонов, кварковый состав барионов. Законы сохранения электрического заряда, барионного заряда, лептонного заряда. Правила изменения изотопического спина, странности, гиперзаряда. Правила отбора Метод диаграмм Фейнмана изображения процессов взаимодействия элементарных частиц.

Лекция 9,10. Симметрии. Нарушение симметрий. Спонтанное нарушение симметрии. Струны. Струнные модели элементарных частиц. Суперсимметрия. Суперструнные модели элементарных частиц. Единые модели взаимодействий элементарных частиц. Теории большого объединения.

Занятия семинарского типа

Практические занятия

Практическое занятие №1,2. Основы физики атомного ядра

Вопросы

1. Состав ядра.
2. Радиусы и форма ядер.

Задачи для решения на занятии:

1. Оценить плотность ядерной материи.
2. Эмпирическая зависимость радиуса ядра R от числа нуклонов A ($A > 10$) $R \approx r_0 A^{1/3}$. Параметр $r_0 \approx 1.23 \cdot 10^{-13} \text{ см} = 1.23 \text{ Фм}$ приблизительно одинаков для всех ядер. Оценить радиусы атомных ядер ^{27}Al , ^{90}Zr , ^{238}U .
3. Считая, что разность энергий связи зеркальных ядер определяется только различием энергий кулоновского отталкивания в этих ядрах, вычислить радиусы зеркальных ядер ^{23}Na , ^{23}Mg . $E_{\text{св}}(^{23}\text{Na}) = 186.56 \text{ МэВ}$, $E_{\text{св}}(^{23}\text{Mg}) = 181.72 \text{ МэВ}$.

4. Массы нейтрона и протона в энергетических единицах равны соответственно $m_n = 939.6$ МэВ и $m_p = 938.3$ МэВ. Определить массу ядра ${}^2\text{H}$ в энергетических единицах, если энергия связи дейтрона $E_{\text{св}}(2,1) = 2.2$ МэВ.

Задача для самостоятельной работы:

1. Масса нейтрального атома ${}^{16}\text{O}$ $m_{\text{ат}}(A,Z) = 15.9949$ а.е.м. Определить удельную энергию связи ϵ ядра ${}^{16}\text{O}$.

Практическое занятие №3. Свойства атомного ядра

Вопросы

1. Энергетические состояния ядра.
2. Спин ядра и его магнитный момент.

Задачи для решения на занятии:

1. Сравнив экспериментально измеренное значение магнитного момента дейтрона $\mu = 0.86\mu_N$ с магнитным моментом системы нейтрон-протон в состоянии с $j = 1$ и относительным орбитальным моментом $L = 0$ (S_1 -состояние), оценить вклад компоненты с $j = 1$ и $L = 2$ (D_1 -состояние) в волновую функцию дейтрона.

2. Внешний наблюдаемый квадрупольный момент ядра ${}^{85}\text{Rb}$ $Q = 0.7$ б. Определить собственный квадрупольный момент ядра Q_0 , если спин ядра ${}^{85}\text{Rb}$ равен $J = 5/2$.

3. Определить значения изоспинов I основных состояний ядер изотопов углерода ${}^{10}\text{C}$, ${}^{11}\text{C}$, ${}^{12}\text{C}$, ${}^{13}\text{C}$, ${}^{14}\text{C}$.

4. На основании одночастичной модели оболочек определить значения спинов и четностей J^π основных состояний изотопов кислорода - ${}^{15}\text{O}$, ${}^{16}\text{O}$, ${}^{17}\text{O}$, ${}^{18}\text{O}$.

Задача для самостоятельной работы:

1. Определить возможные значения спина ядра, состоящего из двух протонов и двух нейтронов в состояниях с орбитальными моментами l , равными нулю. Считать все нуклоны находящимися в одном (низшем из возможных) энергетическом состоянии.

Практическое занятие №4. Ядерные силы

Вопросы

1. Модели строения ядра.
2. Ядерные силы и их свойства.

Задачи для решения на занятии

1. Какова должна быть кинетическая энергия электронов, чтобы с их помощью исследовать внутреннюю структуру атома, атомного ядра и нуклона?

2. Используя соотношение неопределенностей Гейзенберга «координата-импульс» ($\Delta x \Delta p \approx \hbar$), оценить кинетические энергии электрона в атоме, нуклона в ядре и кварка в нуклоне.

3. Электрон сталкивается с атомным электроном, Какова пороговая энергия рождения e^-e^+ -пары в таком столкновении?

4. Рассчитать расстояние между уровнями $1s$, $2s$ и 3 ядра ${}^{90}\text{Zr}$ для прямоугольной потенциальной ямы бесконечной глубины и ямы гармонического осциллятора.

Задача для самостоятельной работы:

1. Какова взаимная ориентация векторов и суммарного спина и полного момента нуклонов в дейтроне?

Практическое занятие №5,6. Радиоактивность

Вопросы

1. Радиоактивные превращения ядер.
2. Радиоактивные семейства.
3. Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом.

Задачи для решения на занятии

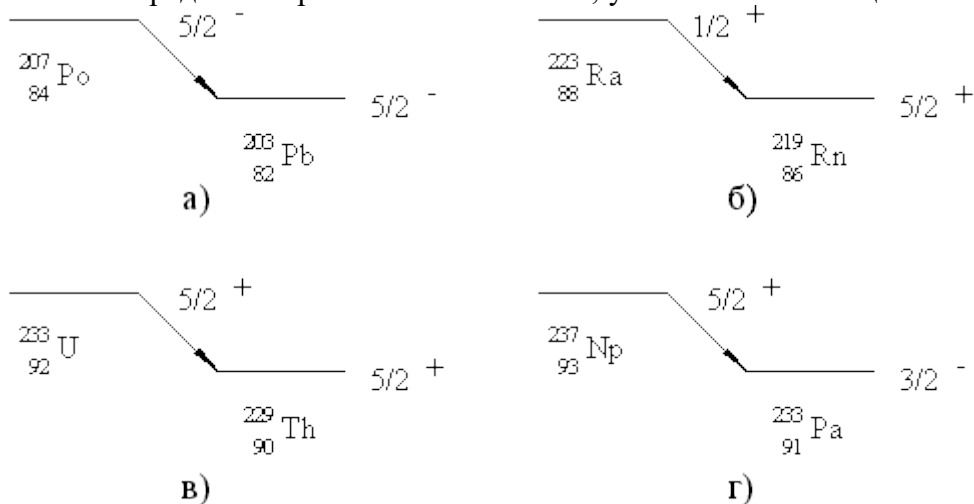
1. Определить порядок запрета следующих β -переходов:

1. $^{89}\text{Sr}(5/2^+) \rightarrow ^{89}\text{Y}(1/2^-)$;
2. $^{36}\text{Cl}(2^+) \rightarrow ^{36}\text{Ar}(0^+)$;
3. $^{137}\text{Cs}(7/2^+) \rightarrow ^{137}\text{Ba}(3/2^+)$.

2. Используя значения масс атомов, определить верхнюю границу спектра позитронов, испускаемых при β^+ -распаде ядра ^{27}Si . $M_{\text{ат}}(^{27}\text{Si}) = 25137.961$ МэВ, $M_{\text{ат}}(^{27}\text{Al}) = 25133.150$ МэВ (массы в энергетических единицах).

3. Определить кинетическую энергию конечного ядра при β^- -распаде ядра $^{64}\text{Cu} \rightarrow ^{64}\text{Zn} + e + \bar{\nu}_e$ когда 1) энергия антинейтрино $T_{\bar{\nu}} = 0$, 2) энергия электрона $T_e = 0$. Энергии связи ядер $^{64}\text{Cu} - 559.32$ МэВ и $^{64}\text{Zn} - 559.12$ МэВ.

4. Определить орбитальный момент l , уносимый α -частицей в следующих распадах:



Задача для самостоятельной работы:

1. Даны избытки масс атомов - $\Delta(^{114}\text{Cd}) = -90.021$ МэВ, $\Delta(^{114}\text{In}) = -88.379$ МэВ и $\Delta(^{114}\text{Sn}) = -90.558$ МэВ. Определить возможные виды β -распада ядра ^{114}In .

Практическое занятие №7,8. Ядерные реакции

Вопросы

1. Деление ядер.
2. Порог ядерной реакции.

Задачи для решения на занятии

1. Какую минимальную кинетическую энергию в лабораторной системе T_{min} должен иметь нейтрон, чтобы стала возможной реакция $^{16}\text{O}(n, \alpha)^{13}\text{C}$?

2. Возможны ли реакции:

1. $\alpha + ^7\text{Li} \rightarrow ^{10}\text{B} + n$;
2. $\alpha + ^{12}\text{C} \rightarrow ^{14}\text{N} + d$

под действием α -частиц с кинетической энергией $T = 10$ МэВ?

3. Идентифицировать частицу X и рассчитать энергии реакции Q в следующих случаях:

1. $^{35}\text{Cl} + X \rightarrow ^{32}\text{S} + \alpha$;
2. $^{10}\text{B} + X \rightarrow ^7\text{Li} + \alpha$;
3. $^7\text{Li} + X \rightarrow ^7\text{Be} + n$;
4. $^{23}\text{Na} + p \rightarrow ^{20}\text{Ne} + X$;
5. $^{23}\text{Na} + d \rightarrow ^{24}\text{Mg} + X$;
6. $^{23}\text{Na} + d \rightarrow ^{24}\text{Na} + X$.

Задача для самостоятельной работы:

1. В результате поглощения ядром γ -кванта вылетает нейтрон с орбитальным моментом $l_n = 2$. Определить мультипольность γ -кванта, если конечное ядро образуется в основном состоянии.

Практическое занятие №9,10. Составные модели элементарных частиц

Вопросы

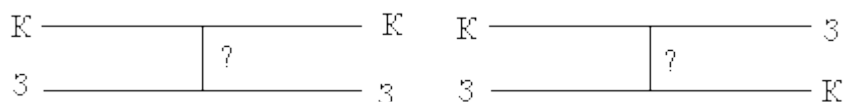
1. Кварковая структура барионов.
2. Изотопический спин и проекция изоспина частицы.

Задачи для решения на занятии

1. Определить магнитные моменты u и d -кварков в ядерных магнетонах, считая, что их масса равна $1/3$ массы нуклона.
2. Показать, что кварк, испустив глюон, не может перейти в антикварк.
3. Построить из кварков следующие частицы: p , n , Λ , Σ^0 , Ξ^0 , Ω^- .
4. Показать, что без введения квантового числа "цвет", принимающего три значения, кварковая структура Δ^{++} , Δ^- , Ω^- противоречит принципу Паули.
5. Нарисовать кварковые диаграммы распадов
1) $\pi^0 \rightarrow 2\gamma$, 2) $\pi^0 \rightarrow e^+ + e^-$, 3) $\rho^0(770) \rightarrow e^+ + e^-$, 4) $\eta'(958) \rightarrow 3\pi^0$. Какие взаимодействия ответственны за эти распады?

Задача для самостоятельной работы:

1. Диаграммы показывают два варианта взаимодействия красного и зеленого кварков. Определить, за счет какого взаимодействия произошла реакция в каждом случае и что было виртуальной частицей.



Лабораторные занятия

Лабораторная работа № 1. Опыт Резерфорда

Цели работы:

1. Изучить распределение массы и заряда в атоме.
2. Определить заряд ядра.
3. Измерить радиус действия ядерных сил.

Приборы и принадлежности: учебно-лабораторный комплекс «Опыт Резерфорда».

Контрольные вопросы:

- Первая модель атома (модель Томсона) и ее недостатки.
- Опыт Резерфорда.
- Ядерная (планетарная) модель и ее недостатки.
- Постулаты Бора. Теория атома водорода по Бору
- Опыты Франка и Герца.
- Корпускулярно-волновой дуализм свойств вещества. Гипотеза де Бройля.
- Соотношения неопределенностей.

Лабораторная работа №2. Опыт Франка и Герца

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 чем смысл наиболее вероятного значения энергии электронов?

Лабораторная работа №3. Изучение закона радиоактивного распада

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 №4,5. Изучение модели ускорителя элементарных частиц

Цели работы:

1. Собрать модель ускорителя из имеющегося оборудования.
2. Проверить работоспособность элементов модели.
3. Выполнить наблюдение сцинтилляционных вспышек в местах попадания частиц на экран

Приборы и принадлежности: вакуумная камера, насос, электромагнит, источник частиц, экран.

Контрольные вопросы:

- Назовите основные виды ускорителей заряженных частиц.
- Перечислите и охарактеризуйте основные физические принципы, используемые для ускорения заряженных частиц.
- Как устроен линейный резонансный ускоритель заряженных частиц?
- Назовите виды циклотронов и объясните в чем их различие.
- Назовите основные элементы циклотрона.
- По какой траектории будут двигаться заряженные частицы в циклотроне, если с некоторого момента времени их энергия будет уменьшаться?
- В чем заключается принцип автофазировки при ускорении заряженных частиц?

Лабораторная работа №6,7. Исследование результатов облучения фотопластинок

Цели работы:

1. Получить изображение трека заряженной частицы.
2. Определить длину трека.
3. Определить частицу и оценить ее энергию.

Приборы и принадлежности: просмотровый микроскоп, пластинки с результатами облучений.

Контрольные вопросы:

- Что из себя представляет трек частицы в магнитном поле:
- Фотоэмульсия и ее состав.

- Сравните толщину трека с размерами элементарной частицы.
- Возможно ли с помощью фотоэмульсии получить трек электрона?
- Каким образом определяется длина трека заряженной частицы в эмульсии?
- Каким образом выполняется калибровка микроскопа?

Лабораторная работа №8. Оценка параметров события «звезда» в результате облучения легких ядер

Цели работы:

1. Изучить каналы реакций ядер при поглощении нейтронов.
2. Изучить основные характеристики частиц, образующихся в событии «звезда»?
3. Определить энергии частиц, образовавшихся в указанном выше событии.

Приборы и принадлежности: просмотровый микроскоп, пластинки с результатами облучений

Контрольные вопросы:

- Что называют каналом реакции?
- Что называют «промежуточным» ядром?
- Какие частицы образуются в результате облучения нейтронами?
- Каким образом оценивается энергия результатов деления ядер?
- В каком случае можно сделать вывод об идентичности образовавшихся частиц?
- Как связаны энергия частицы и длина ее трека?

Лабораторная работа №9,10. Исследование поверхности металла с помощью атомно-силового микроскопа

Цели работы:

1. Изучить принципы работы атомно-силового микроскопа.
2. Построить картину распределения атомов на поверхности металла.

Приборы и принадлежности: атомно-силовой микроскоп.

Контрольные вопросы:

- Какие существуют типы сканирующих зондовых микроскопов для исследования поверхности твердых тел с атомарным разрешением?
- Как определяется потенциал Леннарда-Джонса и какое отношение он имеет к принципу работы атомно – силового микроскопа?
- Как устроена система регистрации малых изгибов упругой консоли зондового датчика АСМ?
- Как устроены зондовые датчики атомно-силовых микроскопов?
- Какие существуют методы получения информации о рельефе и свойствах поверхности с помощью АСМ?
- Какие недостатки у контактных АСМ методик?
- Как осуществляется формирование и обработка СЗМ изображений?
- Какие возможны причины искажения в СЗМ изображениях?
- Как осуществляется восстановление поверхности по ее СЗМ изображению?
- Можно ли с помощью АСМ производить электрические и магнитные измерения на поверхности?

Самостоятельная работа

Самостоятельная работа студента включает в себя:

- изучение теоретического материала по конспектам лекций и источникам из списка литературы;
- самостоятельно выполнение практических заданий к занятиям в процессе подготовки к последним (задачи для самостоятельного решения приведены в п.5 к каждому из практических занятий);
- самостоятельное изучение прикладных вопросов курса.

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. СРТ-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 синтез.
16. Элементарные частицы. Классификация элементарных частиц. Лептоны. Мезоны. Барионы. Гипероны.
17. Взаимодействия элементарных частиц Концепция взаимодействия. Переносчики взаимодействий. Гравитоны. Фотоны. Промежуточные бозоны. Глюоны..
18. Составные модели элементарных частиц. Модель кварков.Фундаментальные частицы(кварки и лептоны). Кварковый состав мезонов, кварковый состав барионов.
19. Законы сохранения электрического заряда, барионного заряда, лептонного заряда.
20. Правила изменения изотопического спина, странности, гиперзаряда. Правила отбора
21. Метод диаграмм Фейнмана изображения процессов взаимодействия элементарных частиц.
22. Симметрии. Нарушение симметрий. Спонтанное нарушение симметрии.
23. Струны. Струнные модели элементарных частиц. Суперсимметрия. Суперструнные модели элементарных частиц.
24. Единые модели взаимодействий элементарных частиц. Теории большого объединения. ТБО.

6. Критерии оценивания результатов освоения дисциплины (модуля)

6.1. Оценочные средства и критерии оценивания для текущей аттестации

Текущая аттестация выполняется по вопросам и заданиям, которые приведены в содержании практических занятий, а также по результатам защиты лабораторных работ (см. п.5)

1. Устные ответы на вопросы практического занятия и вопросы для самостоятельного изучения

Ответы студенты должны иллюстрировать конкретными примерами, опираться на нормативно-правовую базу, прослеживать связи между теоретическими и практическими положениями учебной дисциплины, применять теоретические знания к решению вопросов.

Устный ответ предполагает: грамотность устной речи; убедительность устной речи; ясность, точность; строгая последовательность, иллюстрация.

Критерии оценки устного ответа: полнота и правильность ответа; логика изложения; степень осознанности и понимания изученного; связь теории с практикой.

«Отлично» ставится, если студент:	- обстоятельно и достаточно полно излагает материал; - обнаруживает полное понимание материала, может обосновать свои суждения, привести примеры; - строит ответ последовательно.
«Хорошо» ставится, если студент:	- обнаруживает знание и понимание материала, однако: - допускает единичные ошибки, но исправляет их самостоятельно после замечаний преподавателя; - не всегда может убедительно обосновать свое суждение; - допускает отдельные погрешности.
«Удовлетворительно» ставится, если студент	- обнаруживает знание и понимание основных теоретических положений темы, но: -излагает материал недостаточно полно; - не может обосновать свои суждения и привести необходимые примеры; нарушает последовательность в изложении материала.
«Неудовлетворительно» ставится, если студент:	- обнаружил незнание большей части темы (раздела, вопроса); - при ответе на вопрос искажает его смысл; - излагает материал беспорядочно и неуверенно.

2. Задачи для решения на занятии и задачи для самостоятельной работы

Перечень задач для решения на занятии и задач для самостоятельной работы приведен в п.5.

Критерии оценки решения задачи на практическом занятии и задачи для самостоятельной работы

Показатель	Количество баллов
1) Приведена краткая форма условия задания, включающая перевод единиц измерения в СИ.	1
2) Выполнен рисунок к условию задачи, на котором обозначены все известные величины, а также величины, которые необходимо найти	1
3) Проведен анализ условия задания, включающий указание основных явлений, о которых идет речь в задаче, а также физических процессов, положенных в основу решения задачи	1

4) Записаны математические уравнения законов физики, используемых при формировании модели	1
5) Приведены необходимые вычисления и получен численный результат	1
Итоговая (суммарная) оценка	Max - 5

3. Защита лабораторных работ

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 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

Критерии выставления зачета

Оценка «**Зачтено**» выставляется студенту, который:

- не имеет оценок «неудовлетворительно» по итогам работы на практических занятиях (ответов на теоретические вопросы и решения задач);
- выполнил и защитил не менее 6 лабораторных работ на оценку не ниже, чем «удовлетворительно».

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, 2025. — 493 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-08692-8. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/562202>.

2. Бордовский Г. А. Физика. Оптика, квантовая, атомная и ядерная физика : учебник для вузов / Г. А. Бордовский, Э. В. Бурсиан. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 299 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-05452-1. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/557674>.

3. Милантьев В. П. Атомная физика : учебник и практикум для вузов / В. П. Милантьев. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 415 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-15939-4. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/561775>.

4. Сазонов А. Б. Ядерная физика : учебник для вузов / А. Б. Сазонов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 320 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-11829-2. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/563653>.

7.2. Дополнительная литература

1. Кузнецов С. И. Физика: оптика. Элементы атомной и ядерной физики. Элементарные частицы : учебник для вузов / С. И. Кузнецов. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 301 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01420-4. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/561395>.

2. 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, 2025. — 98 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-05469-9. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/563654>.

3. 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, 2024. — 355 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-03804-0. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/539221>.

4. Ташлыков О. Л. Ядерные технологии : учебное пособие для вузов / О. Л. Ташлыков ; под научной редакцией С. Е. Щеклеина. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 198 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-18066-4. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/539318>.

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

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 и необходимым оборудованием, перечисленным в п.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.