

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
филиал МГУ в г. Севастополе
факультет естественных наук
кафедра физики и геофизики

УТВЕРЖДЕНО
на 20 22 - 20 23 учебный год
Методическим советом Филиала

Протокол № 8 от «28» 06 20 22

Заместитель директора по учебной работе

Заведующий кафедрой

УТВЕРЖДАЮ

Директор
Филиала МГУ в г. Севастополе
О.А. Шпырко

«31» августа 20 21 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Наименование дисциплины (модуля):

Б-ПД Физика атомного ядра и частиц

код и наименование дисциплины (модуля)

Уровень высшего образования:

бакалавриат

Направление подготовки:

03.03.02 Физика

(код и название направления/специальности)

Направленность (профиль) ОПОП:

общий

(если дисциплина (модуль) относится к вариативной части программы)

Форма обучения:

очная

очная, очно-заочная

Рабочая программа рассмотрена
на заседании кафедры физики и геофизики
протокол №4 от «27» августа 2021 г.

Заведующий кафедрой

(подпись)

(К.В. Показеев)

Рабочая программа одобрена
Методическим советом
Филиала МГУ в г. Севастополе
Протокол №8 от «31» августа 2021 г.

(подпись)

(С.А. Наличаева)

Севастополь, 2021

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки «Физика» в редакции приказа МГУ от 30 декабря 2016 г.

Год (годы) приема на обучение 2016, 2017, 2018, 2019.

курс – 2

семестры – 3

зачетных единиц – 4

академических часов – 72, в т.ч.

лекций – 36 часов

практических занятий – 36 часов

Форма промежуточной аттестации:

экзамен в 3 семестре

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО.

Курс "Физика атомного ядра и частиц", читаемый в 3 семестре входит в базовый модуль по общей физике и представляет собой основу для всего дальнейшего обучения студента-физика. В нем впервые вводятся понятия, характеризующие свойства микромира. Этот курс неразрывно связан с такими дисциплинами, как электродинамика, атомная физика, квантовая теория, методы математической физики. Математическую основу курса составляют разделы математики, которые изучались в курсах математического анализа, линейной алгебры, дифференциальных уравнений.

2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия (если есть).

Успешное освоение математических дисциплин.

3. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников.

Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю):

Знать:

- Строение и состав атомного ядра.
- Энергию связи. Дефект масс.
- Спин нуклонов и ядер.
- Магнитный момент ядра.
- Капельную модель ядра.
- Модель ядерных оболочек.
- Радиоактивность. Общие свойства радиоактивного распада.
- Ядерные реакции и их классификацию. Ядерные реакции с образованием промежуточного ядра.
- Прямые ядерные взаимодействия.
- Систематику элементарных частиц.
- Кварковую структуру адронов.
- СРТ-теорему.

Уметь:

находить

- дефект массы;
- энергию связи;
- энергетический порог ядерной реакции;
- применять правило Накано-Нишиджими-Гелл-Мана.

Владеть:

- правилами отбора для электромагнитных переходов.
- обобщённым принципом Паули.
- законами сохранения в ядерных реакциях.

Иметь опыт:

- используя капельную модель атомного ядра, нахождения энергии связи.

4. Формат обучения – контактный.

5. Объем дисциплины (модуля) составляет 4 з.е., в том числе 72 академических часа, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (аудиторная нагрузка), 72 академических часа на самостоятельную работу обучающихся.

6. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий.

6.1. Структура дисциплины (модуля) по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий.

| Наименование разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) | Номинальные трудозатраты обучающегося | | Всего академических часов | Форма текущего контроля успеваемости (наименование) | |
|---|---|----------------------------|---------------------------|---|---|
| | Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, академические часы | | | | Самостоятельная работа обучающегося, академические часы |
| | Занятия лекционного типа* | Занятия семинарского типа* | | | |
| Свойства атомных ядер. | Консультации, 4 | Решение задач, 4 | 3 | 11 | - |
| Нуклон-нуклонное взаимодействие и свойства ядерных сил | Консультации, 4 | Решение задач, 4 | 3 | 11 | - |
| Радиоактивность | Консультации, 4 | Решение задач, 4 | 3 | 11 | - |
| Ядерные реакции. | Консультации, 4 | Решение задач, 4 | 3 | 11 | - |
| Деление атомных ядер. | Консультации, 4 | Решение задач, 4 | 3 | 11 | Контрольная работа |
| Синтез атомных ядер. | Консультации, 4 | Решение задач, 4 | 3 | 11 | - |
| Элементарные частицы и их взаимодействие. | Консультации, 4 | Решение задач, 4 | 3 | 11 | - |
| Космические лучи. | Консультации, 4 | Решение задач, 4 | 3 | 11 | Контрольная работа |
| Эксперименты в физике высоких энергий. | Консультации, 4 | Решение задач, 4 | 4 | 12 | - |
| Другие виды самостоятельной работы (при наличии): например, | - | - | - | - | - |

| | | | | | |
|---|----|----|----|-----|--|
| курсовая работа, творческая работа (эссе) | | | | | |
| | 36 | 36 | 28 | 136 | |
| Промежуточная аттестация (зачет(ы) и (или) экзамен(ы)) | | | 8 | 8 | |
| Итого | | | | 144 | |

6.2. Содержание разделов (тем) дисциплины.

| № п/п | Наименование разделов (тем) дисциплины | Содержание разделов (тем) дисциплин |
|--------|---|--|
| Лекции | | |
| 1. | Свойства атомных ядер. | <p>Размеры ядер. Нуклоны. Ядро, как система взаимодействующих протонов и нейтронов. Заряд ядра.</p> <p>Массовое число и масса ядра. Изотопы, изотоны, изобары. Спин и магнитный момент ядра. Мультипольные моменты ядер. Четность. Закон сохранения четности.</p> |
| 2. | Нуклон-нуклонное взаимодействие и свойства ядерных сил. Модели ядер. | <p>Характеристика ядерных сил. Гипотеза Х. Юкавы. Мезоны. Обменный характер ядерных сил. Дейтрон. Область стабильности ядер. Магические числа.</p> <p>Энергия связи ядра. Капельная модель ядра. Формула Вайцзеккера. Оболочечная модель ядра. Обобщенная модель ядра.</p> |
| 3. | Радиоактивность. | <p>Закон радиоактивного распада. Среднее время жизни и период полураспада радиоактивных ядер. Альфа-распад ядер. Туннельный эффект. Спектры альфа-частиц. Зависимость периода полураспада от энергии α-частиц.</p> <p>Бета-распад. Энергетический спектр β-частиц. Гипотеза Паули о существовании нейтрино. Элементы теории β-распада. Экспериментальные доказательства существования нейтрино. Гамма-излучение ядер. Ядерная изомерия. Внутренняя конверсия. Эффект Мессбауэра.</p> |
| 4. | Ядерные реакции. | <p>Сечения реакций. Каналы ядерных реакций. Законы сохранения в ядерных реакциях. Энергия реакции. Эндотермические и экзотермические ядерные реакции. Ядерные реакции, идущие через составное ядро.</p> <p>Резонансные ядерные реакции. Прямые ядерные реакции. Реакции срыва. Ядерные реакции с участием α-частиц, нейтронов, протонов, дейтронов, γ-квантов.</p> |

| | | |
|-----------------|--|--|
| 5. | Деление атомных ядер. | <p>Элементарная теория деления. Параметр делимости. Спонтанное деление. Деление изотопов урана под действием нейтронов. Вторичные нейтроны. Коэффициент размножения.</p> <p>Цепная реакция деления. Трансурановые элементы. Ядерные реакторы. Природный ядерный реактор в Окло. Ядерная энергетика и экология.</p> |
| 6. | Синтез атомных ядер. | <p>Термоядерные реакции. Проблема управляемого термоядерного синтеза. Импульсные термоядерные реакторы. Оценка природных запасов дейтерия и ${}^6\text{Li}$ на Земле.</p> <p>Современные астрофизические представления. Ядерные реакции в звездах. Протонно-протонный цикл. Углеродно-азотный цикл. Синтез элементов при взрыве сверхновых звезд.</p> |
| 7. | Элементарные частицы и их взаимодействие. | <p>Фундаментальные взаимодействия. Объединение взаимодействий. Классификация элементарных частиц. Античастицы. Реакции между элементарными частицами.</p> <p>Лептонный и барионный заряды. Странность. Четность. Изотопический спин. Дискретные симметрии. СРТ – теорема. Кварковая модель адронов. Модель горячей Вселенной.</p> |
| 8. | Космические лучи. | <p>Первичное космическое излучение. Солнечные и галактические космические лучи. Состав, происхождение и распространение космического излучения. Взаимодействие космических лучей с атмосферой Земли. Вторичные космические лучи.</p> <p>Состав и энергетический спектр вторичных космических лучей. Непрерывная регистрация космического излучения. Вариации космических лучей. Радиационные пояса Земли. Широкие атмосферные ливни.</p> |
| 9. | Эксперименты в физике высоких энергий. | <p>Ускорители элементарных частиц. Линейные ускорители. Циклотрон. Бетатрон. Синхрофазотрон. Ускорители на встречных пучках.</p> <p>Наземные и орбитальные детекторы γ-излучения и частиц высоких энергий.</p> |
| Семинары | | |
| 1. | Темы 1-2 | Свойства атомных ядер. |
| 2. | Темы 3-4 | Нуклон-нуклонное взаимодействие и свойства ядерных сил. Модели ядер. |
| 3. | Темы 5-6 | Радиоактивность. |
| 4. | Темы 7-8 | Ядерные реакции. |

| | | |
|----|------------|---|
| 5. | Темы 9-10 | Деление атомных ядер. |
| 6. | Темы 11-12 | Синтез атомных ядер. |
| 7. | Темы 13-14 | Элементарные частицы и их взаимодействие. |
| 8. | Темы 15-16 | Космические лучи. |
| 9. | Темы 17-18 | Эксперименты по физике высоких энергий. |

7. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю).

7.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости:

- на контрольных работах (два раза в течение семестра) даётся по пять задач, оценка равна числу решённых задач: «отлично» - за 5 задач, «хорошо» - за 4, «удовлетворительно» - за 3, «неудовлетворительно» - когда число решённых задач менее трёх. Форма промежуточного контроля – устный экзамен (3 семестр). По результатам устного экзамена учащийся получает оценку «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

7.2 Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.

- для экзамена

Вопросы к экзамену:

1. Основные характеристики ядер. Расчет энергии связи ядер через дефект масс и по полуэмпирической формуле.
2. Момент импульса и спин нуклонов и ядер. Магнитный момент ядер. Четность системы нуклонов с орбитальным моментом ℓ .
3. Характеристика ядерных сил. Обменный характер ядерных сил. Дейтрон. Область стабильности ядер.
4. Энергия связи ядра. Капельная модель ядра. Формула Вайцеккера. Оболочечная модель ядра. Магические числа по модели ядерных оболочек.
5. Закон радиоактивного распада. Среднее время жизни и период полураспада радиоактивных ядер. Альфа-распад ядер.
6. Туннельный эффект. Спектры альфа-частиц. Зависимость периода полураспада от энергии α -частиц.
7. Бета-распад. Энергетический спектр β -частиц. Гипотеза Паули о существовании нейтрино.
8. Экспериментальные доказательства существования нейтрино. Гамма-излучение ядер. Ядерная изомерия. Внутренняя конверсия. Эффект Мессбауэра.
9. Сечение и каналы ядерных реакций. Законы сохранения в ядерных реакциях. Виды ядерных реакций. Ядерные реакции, идущие через составное ядро.
10. Резонансные ядерные реакции. Прямые ядерные реакции. Реакции срыва. Ядерные реакции с участием α -частиц, нейтронов, протонов, дейтронов, γ -квантов.
11. Деление атомных ядер. Спонтанное деление. Деление изотопов урана под действием нейтронов.
12. Цепная реакция деления. Трансурановые элементы. Ядерные реакторы.
13. Синтез атомных ядер. Проблема управляемого термоядерного синтеза. Импульсные термоядерные реакторы.
14. Ядерные реакции в звездах. Протонно-протонный цикл. Углеродно-азотный цикл.
15. Виды фундаментальных взаимодействий. Объединение взаимодействий. Классификация элементарных частиц. Античастицы. Реакции между элементарными частицами.

16. Лептонный и барионный заряды. Изобарический спин. Дискретные симметрии. СРТ – теорема. Кварковая модель адронов. Модель горячей Вселенной.

17. Первичное космическое излучение. Солнечные и галактические космические лучи. Состав, происхождение и распространение космического излучения. Взаимодействие космических лучей с атмосферой Земли. Вторичные космические лучи.

18. Состав и энергетический спектр вторичных космических лучей. Непрерывная регистрация космического излучения. Вариации космических лучей. Широкие атмосферные ливни.

19. Ускорители элементарных частиц. Линейные ускорители. Циклотрон. Бетатрон. Синхрофазотрон. Ускорители на встречных пучках.

| ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ результатов обучения (РО) по дисциплине (модулю) | | | | |
|---|--------------------------------------|--|---|---|
| Оценка | 2 | 3 | 4 | 5 |
| РО и соответствующие виды оценочных средств | | | | |
| Знания (домашние задания) | Отсутствие знаний | Фрагментарные знания | Общие, но не структурированные знания | Сформированные систематические знания |
| Умения (контрольные работы) | Отсутствие умений | В целом успешное, но не систематическое умение | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера) | Успешное и систематическое умение |
| Навыки (владения, опыт деятельности) (экзамен) | Отсутствие навыков (владений, опыта) | Наличие отдельных навыков (наличие фрагментарного опыта) | В целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме | Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач |

8. Ресурсное обеспечение:

– Перечень основной и дополнительной литературы.

1. Сивухин Д.В. Курс общей физики: в 5 т. Т 5, ч. 1 / Д.В. Сивухин. – 2-е изд. стер. – М.: Физматлит, 2002. – 784 с.
2. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика: в 3 т. / К.Н. Мухин. – 7-е изд., стер. – М.: Лань, 2009. – 384 с.
3. Сивухин Д.В., Яковлев И.А. Сборник задач по общему курсу физики: в 5 т. Т 5 / Д.В. Сивухин, И.А. Яковлев. – 5-е изд. стер. – М.: Физматлит, 2006. – 184 с.
4. Капитонов И.М. Введение в физику ядра и частиц / И.М. Капитонов. – 4-е изд., стер. – М.: Физматлит, 2010. – 512 с.
5. Иродов И.Е. Задачи по общей физике / И.Е. Иродов. – 14-е изд. стер. – М.: Физматлит, 2016. – 416 с.

– Описание материально-технического обеспечения.

- Учебный кабинет №174, (33,21 м²)
- Учебных столов – 9 шт., стульев – 19 шт.,
- 3-х створчатая доска для мела – 1 шт.,
- Стол для преподавателя – 1 шт.
- Стационарный экран для проектора – 1 шт.

9. Соответствие результатов обучения по данному элементу ОПОП результатам освоения ОПОП указано в общей характеристике ОПОП.

10. Язык преподавания русский.

11. Преподаватель (преподаватели).

Профессор кафедры физики и геофизики, доктор физико-математических наук, профессор Александр Алексеевич Слепышев.

12. Автор (авторы) программы.

Профессор кафедры физики и геофизики, доктор физико-математических наук, профессор Александр Алексеевич Слепышев.

**ОФОРМЛЕНИЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО БИЛЕТА
ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ И ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ,
ПРОВОДИМОЙ В ФОРМЕ УСТНОГО ЭКЗАМЕНА**

Формат (в зависимости от количества вопросов, наличия или отсутствия задач и т.п.) А-5 или А-6

**ФИЛИАЛ МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА имени М.В. ЛОМОНОСОВА в г. СЕВАСТОПОЛЕ**

Направление 03.03.02 Физика

(шифр (шифры) и название (названия) направления (направлений) подготовки)

Учебная дисциплина Физика атомного ядра и частиц

Семестр 3

Экзаменационный билет № 1

1. Характеристика ядерных сил. Обменный характер ядерных сил. Дейтрон. Область стабильности ядер.
2. Цепная реакция деления. Трансурановые элементы. Ядерные реакторы.
3. Лептонный и барионный заряды. Изобарический спин. Дискретные симметрии. СРТ – теорема. Кварковая модель адронов. Модель горячей Вселенной.

Утверждено на заседании кафедры,
протокол № ___ от «___» _____ 20__ г.

Зав. кафедрой _____ (Ф.И.О)

Преподаватель _____ (Ф.И.О)