

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Университет «Дубна»
(государственный университет «Дубна»)

Филиал «Протвино»
Кафедра «Общеобразовательные дисциплины»

УТВЕРЖДАЮ
Директор

_____ /Евсиков А.А./
подпись Фамилия И.О.

« 30 » июня 2023 г.

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Физика атомного ядра и элементарных частиц

наименование дисциплины (модуля)

Направление подготовки (специальность)

03.03.02 Физика

код и наименование направления подготовки (специальности)

Уровень высшего образования

бакалавриат

бакалавриат, магистратура, специалитет

Направленность (профиль) программы (специализация)

«Медицинская физика»

Форма обучения

очная

очная, очно-заочная, заочная

Протвино, 2023

Автор(ы) программы:

Козловский Е.А., профессор, доктор физ.-мат. наук, старший научный сотр.,
кафедра общеобразовательных дисциплин

*Фамилия И.О., должность, ученая степень (при наличии),
ученое звание (при наличии), кафедра;*

подпись

Рабочая программа разработана в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению
подготовки (специальности) высшего образования
03.03.02 Физика

(код и наименование направления подготовки (специальности))

Программа рассмотрена на заседании кафедры общеобразовательных дисциплин
(название кафедры)

Протокол заседания №3 от « 29 » июня 2023 г.

Заведующий кафедрой профессор _____ Сытин А. Н.
(Фамилия И.О., подпись)

СОГЛАСОВАНО

И.о. заведующего выпускающей кафедрой профессор _____ Ющенко О.П.
(Фамилия И.О., подпись)

« 29 » 06 2023 г.

Эксперт (рецензент):

Борняков В.Г., докт. физ.-мат. наук, НИЦ «Курчатовский институт» - ИФВЭ, гнс

*(Ф.И.О., ученая степень, ученое звание, место работы, должность; если текст рецензии не прикладывается –
подпись эксперта (рецензента), заверенная по месту работы)*

Оглавление

| | |
|---|----|
| 1 Место дисциплины в структуре ОПОП | 4 |
| 2 Место дисциплины в структуре ОПОП | 4 |
| 3 Планируемые результаты обучения по дисциплине | 5 |
| 4 Объем дисциплины | 5 |
| 5. Содержание дисциплины..... | 6 |
| 6 Перечень учебно-методического обеспечения по дисциплине | 8 |
| 7 Фонды оценочных средств по дисциплине | 8 |
| 8 Ресурсное обеспечение | 9 |
| Приложение к рабочей программе дисциплины | 12 |

1 Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Физика атомного ядра и элементарных частиц» **имеет целью** сформировать у обучающихся профессиональную ОПК-1 компетенцию в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки бакалавров 03.03.02 «Физика» с учетом направленности бакалаврской программы – «Медицинская физика».

Целью дисциплины является изучение приемов решения физических проблем и связанных с ними уравнений в объеме, необходимом для применения полученных навыков при изучении других курсов физики и практики, например, «Квантовая теория», «Физические основы использования лазеров в медицине» и «Детекторы излучений».

При реализации этой цели предусматривается решение следующих задач.

Изучить:

- Базовые понятия физики атомного ядра и элементарных частиц;
- запись основных физических законов с помощью дифференциальных уравнений (уравнения Шредингера, Дирака и др.);
- представления о структурной организации микромира, идеях и методах этой дисциплины;
- представления о механизме фундаментальных взаимодействий;
- основные модели, описывающие ядро;
- роль законов симметрии в физике элементарных частиц;
- исторически значимые эксперименты в физике атомного ядра и элементарных частиц;
- базисные понятия о радиоактивности и об ее воздействии на человека.

Овладеть:

- умением применять усвоенные принципы и методы для анализа отдельных явлений и процессов физики элементарных частиц;
- принципами симметрии, причинности в квантовой механике;
- основными законами сохранения в физике атомного ядра и элементарных частиц при анализе ядерных реакций;
- навыками для решения конкретные физические задачи;
- навыками самостоятельного углубления полученных знаний с использованием различных источников.

Областями профессиональной деятельности в рамках изучаемой дисциплины (модуля) являются:

- атомная промышленность. В сфере обеспечения жизненного цикла: исследование, проектирование и разработка современного уникального оборудования, производство, наладка, эксплуатация; оборудование ускорительных комплексов как медицинского назначения, так и используемых для проведения исследований в области физики высоких энергий; физические установки, в том числе, медицинского назначения для обеспечения эффективного и безопасного развития атомной отрасли;

- сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сферах проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по тематике организации, управления результатами научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ с целью производства современного оборудования, обеспечивающего совершенствование ядерно-энергетических технологий).

2 Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Физика атомного ядра и элементарных частиц» относится к основной части блока дисциплин, модуль "ОБЩАЯ ФИЗИКА" Б1.О.11.06

Дисциплина преподается в VI семестре III курса.

Приступая к изучению дисциплины «Физика атомного ядра и элементарных частиц», студент имеет знания и навыки по дисциплинам: «Математический анализ», «Линейная алгебра и аналитическая геометрия», «Дифференциальные уравнения», «Теория вероятностей и математическая статистика».

3 Планируемые результаты обучения по дисциплине

| Формируемые компетенции (код и наименование) | Индикаторы достижения компетенций (код и формулировка) | Планируемые результаты обучения по дисциплине |
|---|---|---|
| <p><i>ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности.</i></p> | <p>ОПК-1.1. Способность применять математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения научно-исследовательских задач.</p> | <p>Знать основные законы сохранения; приемы их использования при решении задач «Физики атомного ядра и элементарных частиц»;</p> |
| | | <p>Интерпретировать решения специального вида (не)однородных уравнений в частных производных второго порядка (уравнения Шредингера, Дирака и т.д.);</p> |
| | | <p>Знать основы методов обработки и оценки погрешности измерений параметров явлений физики ядра и элементарных частиц;</p> |
| | | <p>Знать основные методы, используемые при экспериментальных исследованиях параметров и характеристик явлений физики ядра и элементарных частиц;</p> |
| <p>ОПК-1.2. Применяет системы и методы теоретических оценок и расчетов для экспериментов на ускорителях, реакторах и других ядерно-физических установках.</p> | <p>Знать физические приложения, следующие из задач, решенных в разных разделах физики.</p> | |

4 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет 4 зачетные единицы, всего 144 академических часа.

5. Содержание дисциплины
очная форма обучения

| Наименование разделов и тем дисциплины | Всего (ака-дем. часы) | в том числе: | | | | | | Самостоятельная работа обучающегося |
|--|-----------------------|--|--------------------------------------|-----------------------|------|-----|------------|-------------------------------------|
| | | Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) ¹ | | | | | | |
| | | Лек-ции | Практиче-ские (семинар-ские) занятия | Лаборатор-ные занятия | КРП* | ... | Все-го | |
| IV семестр | | | | | | | | |
| Раздел 1. Введение. | 5 | 2 | 3 | | | | 10 | 5 |
| Раздел 2. Уравнение Шрёдингера. | 12 | 4 | 8 | | | | 20 | 8 |
| Раздел 3. Уравнение Дирака. Лептоны | 10 | 2 | 8 | | | | 16 | 6 |
| Раздел 4. Теория кварков. Адроны | 7 | 3 | 4 | | | | 15 | 8 |
| Раздел 5. Теория Ферми. Слабые взаимодействия. | 8 | 4 | 4 | | | | 14 | 6 |
| Раздел 6. Электрослабые взаимодействия частиц | 9 | 4 | 5 | | | | 15 | 6 |
| Раздел 7. Сильные взаимодействия | 12 | 4 | 8 | | | | 17 | 5 |
| Раздел 8. Атомные ядра. | 10 | 6 | 4 | | | | 15 | 5 |
| Раздел 9. Модели ядер | 7 | 3 | 4 | | | | 12 | 5 |
| Раздел 10. Ядерные реакции. Радиоактив-ность. | 5 | 2 | 3 | | | | 10 | 5 |
| - Промежуточная аттестация: - экзамен | 27 ² | | | | | X | | |
| Итого по дисциплине | 112 | 34 | 51 | | | | 144 | 59 |

*КРП - часы контактной работы на курсовую работу (проект) по дисциплине. Часы относятся к внеаудиторной контактной работе, выполняются вне расписания учебных занятий по дисциплине. Указываются, если предусмотрены учебным планом.

¹ Перечень видов учебных занятий уточняется в соответствии с учебным планом.

² Часы на промежуточную аттестацию (зачет, дифференцированный зачет, экзамен и др.) указываются в случае выделения их в учебном плане.

Содержание дисциплины

Тема 1. Основные разделы современной физики ядра и элементарных частиц; решаемые задачи в их рамках. Основные этапы развития физики ядра и элементарных частиц. Масштабы явлений микромира. Характеристики частиц.

Тема 2. Уравнение Шрёдингера. Волновые функции.

Тема 3. Уравнение Дирака. Лептоны. Античастицы.

Тема 4. Нерелятивистская теория кварков. Адроны. Классификация и квантовые характеристики адронов.

Тема 5. Слабые взаимодействия. Универсальность слабого взаимодействия. Заряженные и нейтральные токи. Дискретные симметрии С, Р, Т и СРТ-теорема. Нарушение СР-инвариантности.

Тема 6. Электромагнитные взаимодействия. Элементы квантовой электродинамики. Диаграммы Фейнмана, Электрослабые взаимодействия. Заряженные и нейтральные токи. Переносчики слабого взаимодействия - промежуточные бозоны. Объединение электромагнитного и слабого взаимодействия (Модель Вайнберга-Салама).

Тема 7. Сильные взаимодействия и структура адронов. Симметрия сильного взаимодействия. Кварки, глюоны и их основные характеристики. Цвет и аромат. Кварковая структура адронов. Формула Нишиджимы. Элементы квантовой хромодинамики. Цветовая симметрия сильных взаимодействий. Асимптотическая свобода и конфайнмент.

Тема 8. Эксперимент Резерфорда. Ядро как система взаимодействующих протонов и нейтронов. Заряд ядра. Массовое число и масса ядра. Размеры ядер. Формфактор ядра и нуклонов. Изотопы. Изобары. Энергия связи ядра. Полуэмпирическая формула для энергии связи ядра. Спин и магнитный момент ядра. Эксперименты по измерению магнитных моментов ядер. Ядерный магнитный резонанс.

Тема 9. Модели атомных ядер. Классификация моделей ядра. Капельная модель ядра. Модель ферми-газа. Физическое обоснование оболочечной структуры ядра. Потенциал усредненного ядерного поля. Сильное спин-орбитальное взаимодействие. Одночастичные состояния в усредненном ядерном потенциале. Объяснение спинов и четностей состояний ядер в модели оболочек. Деформированные ядра. Состояние движения нуклонов в деформированном ядре. Вращательные и колебательные состояния ядер. Связь одночастичных и коллективных движений.

Тема 10. Естественная и искусственная радиоактивность. Закон радиоактивного распада.

Энергетическое условие α -распада. Основные экспериментальные закономерности α -распада. Правила отбора α -распада.

Энергетические условия β -распадов. Спектры электронов. Характеристики нейтрино. Экспериментальное доказательство существования нейтрино. Элементы теории β -распада. Разрешенные и запрещенные β -переходы. Несохранение четности при β -распаде.

γ -излучение ядер. Электрические и магнитные переходы. Правила отбора по моменту и четности для γ -переходов. Вероятности переходов. Ядерная изомерия. Внутренняя конверсия. Эффект Мессбауэра.

6 Перечень учебно-методического обеспечения по дисциплине

Методические материалы по дисциплине (модулю) и образовательной программе в целом представлены на официальном сайте образовательной организации (раздел «Сведения об образовательной организации» – Образование – Образовательные программы).

7 Фонды оценочных средств по дисциплине

Для аттестации обучающихся на соответствие их персональных достижений поэтапным требованиям образовательной программы по дисциплине разработаны фонды оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения (знания, умения, навыки) и сформированные (формируемые) компетенции.

Эти фонды включают теоретические вопросы, типовые практические задания, контрольные работы, домашние работы, тесты, примерные темы курсовых работ (проектов) и критерии их оценивания и иные оценочные материалы, используемые при проведении процедур текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Фонды оценочных средств представлены в приложении к рабочей программе.

При необходимости обучающиеся с ограниченными возможностями здоровья и инвалиды обеспечиваются оценочными материалами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

8 Ресурсное обеспечение

8.1. Перечень литературы

Основная учебная литература

1. Сивухин Д.В. Общий курс физики : Учебное пособие для вузов в 5 т. Т.5 : Атомная и ядерная физика / Д. В. Сивухин. - 3-е изд., стер. - М. : Физматлит, 2018. - 784с. : ил. - ISBN 978-5-9221-0645-0
2. Браун, А. Г. Атомная и ядерная физика. Элементы квантовой механики. Практикум : учебное пособие / А.Г. Браун, И.Г. Левитина. — Москва : ИНФРА-М, 2020. — 88 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-102699-1. - Текст : электронный. // ЭБС "Znanium.com". - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1062078> (дата обращения: 09.04.2022) . Режим доступа: ограниченный по логину и паролю
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, 2021. — 355 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-03804-0. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/472508> (дата обращения: 25.04.2022). Режим доступа: ограниченный по логину и паролю

Дополнительная учебная литература

1. Масликов, А.А. Общий физический практикум: Физика атомного ядра и элементарных частиц. - Дубна : Гос. Ун-т "Дубна", 2021 . - 87с.
2. Алтунин, К.К. Теоретическая физика атомного ядра и элементарных частиц : учебно-методическое пособие / К.К. Алтунин. – 2-е изд. – Москва : Директ-Медиа, 2014. – 71 с.– ISBN 978-5-4475-0321-5. – Текст : электронный.. // ЭБС "Университетская библиотека онлайн" – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=240556> (дата обращения: 10.04.2022). Режим доступа: ограниченный по логину и паролю.
3. Сборник задач по общему курсу физики : В 5 т. Т.5 : Атомная физика. Физика ядра и элементарных частиц / В. Л. Гинзбург [и др.]; под ред. Д.В.Сивухина. - 5-е изд., стер. - Москва : Физматлит : Лань, 2006. - 184с. : ил. - ISBN 5-9221-0606-6.
4. Крамаров, С. О. Физика. Теория и практика: Учебное пособие / Под ред. проф. С.О. Крамарова. - 2-е изд., доп. и перераб. - М.: ИЦ РИОР, НИЦ ИНФРА-М, 2018. - 380 с.: - (Высшее образование). - ISBN 978-5-369-01522-3. - Текст : электронный. // ЭБС "Znanium.com" - URL: <https://znanium.com/catalog/product/926478> (дата обращения: 25.04.2022) . Режим доступа: ограниченный по логину и паролю

• Периодические издания

1. Научная электронная библиотека (ПУНЭБ) «eLIBRARY.RU»: <http://elibrary.ru>
2. Национальная электронная библиотека (НЭБ): <http://нэб.рф/>
3. Базы данных российских журналов компании «East View»: <https://dlib.eastview.com/>
4. Журнал "Физика атомного ядра и элементарных частиц и спектроскопия" основан в 1956 г.

• Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Электронно-библиотечные системы и базы данных

- a. ЭБС «Znanium.com»: <http://znanium.com/>
- b. ЭБС «Лань»: <https://e.lanbook.com/>

- с. ЭБС «Юрайт»: <https://biblio-online.ru/>
- d. ЭБС «Университетская библиотека онлайн»: <http://biblioclub.ru/>
- e. Научная электронная библиотека (ПУНЭБ) «eLIBRARY.RU»: <http://elibrary.ru>
- f. **Национальная электронная библиотека (НЭБ):** <http://нэб.рф/>
- g. Базы данных российских журналов компании «East View»: <https://dlib.eastview.com/>

Научные поисковые системы

1. **Google Scholar** - поисковая система по научной литературе. Включает статьи крупных научных издательств, архивы препринтов, публикации на сайтах университетов, научных обществ и других научных организаций <https://scholar.google.ru/>
2. **SciGuide** - навигатор по зарубежным научным электронным ресурсам открытого доступа. <http://www.prometeus.nsc.ru/sciguide/page0601.ssi>
3. **WorldWideScience.org** - глобальная научная поисковая система, которая осуществляет поиск информации по национальным и международным научным базам данных и порталам. <http://worldwidescience.org/>
4. **Math-Net.Ru** - современная информационная система, предоставляющая российским и зарубежным математикам различные возможности поиска информации о математической жизни в России – <http://www.mathnet.ru/>
5. **ArXiv.org** - научно-поисковая система, специализируется в областях: компьютерных наук, астрофизики, физики, математики, квантовой биологии. <http://arxiv.org/>

Профессиональные ресурсы сети «Интернет»

1. Федеральная информационная система «Единое окно доступа к информационным ресурсам»: <http://window.edu.ru/>
2. Образовательный физический сайт: <http://nuclphys.sinp.msu.ru>
3. Сайт СПбГУ: <https://phys.spbu.ru/>

- **Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса, включая программное обеспечение, информационные справочные системы**

Проведение практических занятий по дисциплине предполагается использование специализированных аудиторий, оснащенных персональными компьютерами, объединенными в локальную сеть и имеющих доступ к ресурсам глобальной сети Интернет.

Для выполнения заданий самостоятельной подготовки обучающиеся обеспечиваются литературой, а также в определённом порядке могут получать доступ к информационным ресурсам Интернета.

Дисциплина обеспечена необходимым программным обеспечением, которое находится в свободном доступе (программы OpenOffice, MAXIMA свободная лицензия, код доступа не требуется).

В филиале «Протвино» государственного университета «Дубна» созданы условия для обучения людей с ограниченными возможностями: использование специальных образовательных программ и методов обучения, специальных учебников, учебных пособий и дидактических материалов, специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования, предоставление услуг ассистента (помощника), оказывающим обучающимся необходимую техническую помощь, обеспечение доступа в здания организации.

Имеется универсальное средство для подъема и перемещения инвалидных колясок – пандус-платформа складной.

Компьютерные классы оборудованы столами для инвалидов с ДЦП, также здесь оборудованы рабочие места для лиц с ОВЗ: установлены специальный программно-технологический комплекс позволяющий работать на них студентам с нарушением опорно-

двигательного аппарата, слабовидящим и слабослышающим. Имеются гарнитуры компактные, беспроводная клавиатура с большими кнопками, беспроводной компьютерный джостик с двумя выносными кнопками, беспроводной ресивер, беспроводная выносная большая кнопка, портативное устройство для чтения печатных материалов.

Специальные учебники, учебные пособия и дидактические материалы, в том числе в формате печатных материалов (крупный шрифт или аудиофайлы) имеются в ЭБС, на которые подписан филиал.

Наличие на сайте справочной информации о расписании учебных занятий в адаптированной форме доступной для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья, являющихся слепыми или слабовидящими.

- **Описание материально-технической базы**

Компьютерный класс (15 ПК) (оборудование в собственности).

Обучающиеся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья могут использовать специализированное программное и материально-техническое обеспечение:

- обучающиеся с нарушениями опорно-двигательного аппарата при необходимости могут использовать адаптивные технические средства: специально оборудованные джойстики, увеличенные выносные кнопки, клавиатуры с большими клавишами.
- обучающиеся с ограничениями по зрению могут прослушать доступный аудиоматериал или прочитать тексты, увеличив шрифт на экране монитора компьютера. Рекомендуется использовать экранную лупу и другие визуальные вспомогательные средства, чтобы изменить шрифт текста, межстрочный интервал, синхронизацию с речью и т.д., программы экранного доступа (скринридеры для прочтения текстовой информации через синтезированную речь) и/или включить функцию «экранного диктора» на персональном компьютере с операционной системой Windows 7, 8, 10.
- обучающиеся с ограничениями по слуху могут воспользоваться компьютерной аудиогарнитурой при прослушивании необходимой информации и портативной индукционной системой серии «ИСТОК».

При необходимости обучающиеся с ограниченными возможностями здоровья и инвалиды обеспечиваются печатными и (или) электронными образовательными ресурсами (образовательная программа, учебные пособия и др.) в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

Фонды оценочных средств

В результате освоения дисциплины «Физика атомного ядра и элементарных частиц» программы бакалавров по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» с учетом направленности бакалаврской программы – «Медицинская физика» выпускник должен обладать следующими компетенциями:

Компетенция **ОПК-1** - Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности.

код и формулировка компетенции

Описание показателей и критериев оценивания компетенций, а также шкал оценивания

Компетенция ОПК-1 - Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности.

| ИНДИКАТОР ДОСТИЖЕНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ (код и наименование) | КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по практике ШКАЛА оценивания | | | | |
|---|--|---|---|--|--|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| ОПК-1.1. Применяет математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения научно-исследовательских задач. | Отсутствие знания | Не знает или знает слабо теоретические и методологические основы базовых и некоторых специальных разделов курса «Физика атомного ядра и элементарных частиц». Допускает множественные грубые ошибки. | Удовлетворительно знает теоретические и методологические основы базовых и некоторых специальных разделов курса «Физика атомного ядра и элементарных частиц», может предложить отдельные примеры их использования при решении задач профессиональной деятельности. Допускает достаточное серьезные ошибки. | Хорошо знает взаимосвязи теоретических и методологических основ курса «Физика атомного ядра и элементарных частиц», может предложить примеры их использования в разных областях физики. Допускает отдельные негрубые ошибки. | Демонстрирует свободное и уверенное знание о взаимосвязи теоретических и методологических основ курса «Физика атомного ядра и элементарных частиц», может предложить способ их использования при решении конкретной физической задачи. Не допускает ошибок. |
| ОПК-1.2. Применяет системы и методы теоретических оценок и расчетов для экспериментов на ускорителях, реакторах и других ядерно-физических установок. | Отсутствие знания | Не знает или знает слабо способы использования теоретических основ курса «Физика атомного ядра | Удовлетворительно знает примеры использования теоретических представлений отдельных разделов курса | Хорошо знает способы применения теоретических и математических моделей, полученных в рамках курса «Фи- | Демонстрирует свободное и уверенное знание способов применения теоретических и математических моделей |

| | | | | | |
|--|--|---|--|--|---|
| | | и элементарных частиц», решении конкретных физических и смежных задач. Допускает множественные грубые ошибки. | «Физика атомного ядра и элементарных частиц» для решения задач профессиональной деятельности. Допускает достаточно серьезные ошибки. | зика атомного ядра и элементарных частиц»; интерпретации результатов в отдельной области физики и смежных дисциплинах, но допускает отдельные неточности. Допускает отдельные негрубые ошибки. | основанных на информации, полученной при изучении курса «Физика атомного ядра и элементарных частиц»; планирование работ в профессиональной сфере деятельности и грамотная интерпретация полученных результатов. Не допускает ошибок. |
|--|--|---|--|--|---|

При балльно-рейтинговой системе все знания, умения и навыки, приобретаемые студентами в результате изучения дисциплины, оцениваются в баллах.

Оценка качества работы в рейтинговой системе является накопительной и используется для оценивания системной работы студентов в течение всего периода обучения.

По итогам работы в семестре студент может получить максимально **70** баллов. Итоговой формой контроля в VI семестре является экзамен. На экзамене студент может набрать максимально **30** баллов.

В течение III семестра студент может заработать баллы за следующие виды работ:

| № | Вид работы | Сумма баллов |
|---|--|--------------|
| 1 | Аудиторные занятия (посещение) | 17 |
| 2 | Работа на практических занятиях | 13 |
| 3 | Сдача домашней контрольной работы (ПР-2.1) | 18 |
| 4 | Сдача домашней контрольной работы (ПР-2.2) | 22 |
| 5 | ЭКЗАМЕН | 30 |
| | Итого: | 100 |

Если к моменту окончания семестра студент набирает от **51** до **70** баллов, то он получает допуск к экзамену.

Если студент к моменту окончания семестра набирает от **61** до **70** баллов, то он может получить автоматическую оценку «удовлетворительно». При желании повысить свою оценку, студент имеет право отказаться от автоматической оценки и сдать экзамен.

Если студент не набрал минимального числа баллов (**51** балл), то он не получает допуск к экзамену.

Соответствие рейтинговых баллов и академических оценок экзамена

| | |
|-------------------------------|---|
| Общая сумма баллов за семестр | Итоговая оценка |
| 86-100 | Отлично |
| 71-85 | Хорошо |
| 51-70 | Допуск к экзамену |
| в том числе: 61-70 | Возможность получения автоматической оценки «удовлетворительно» |
| 51-60 | Только допуск к экзамену |
| 0-50 * | Неудовлетворительно (студент не допущен к экзамену) |

Текущий контроль успеваемости осуществляется в процессе выполнения практических и самостоятельных работ в соответствии с ниже приведенным графиком.

| <i>№ п/п</i> | <i>№ раздела дисциплины</i> | <i>Содержание самостоятельной работы</i> | <i>Трудоемкость</i> |
|----------------|-----------------------------|--|---------------------|
| 1. (ПР-2.1) | 1-8 | Домашняя контрольная работа «Элементарные частицы и их свойства» (индивидуальное задание для каждого студента) | 9 |
| 2. (ПР-2.2) | 9-10 | Домашняя контрольная работа «Физика ядра» (индивидуальное задание для каждого студента) | 5 |

График выполнения самостоятельных работ студентами в VI семестре

| Виды работ | Недели учебного процесса | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|--------------------------|----|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
| ПР-2.1 | | ВЗ | | | | | | | | | | | | ЗЗ | | | |
| ПР-2.2 | | | | | | | | | ВЗ | | | | | | | ЗЗ | |

ВЗ – выдача задания

ЗЗ – защита задания

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

- в печатной форме,
- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

При необходимости обучающемуся инвалиду и лицу с ОВЗ предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на зачете или экзамене. У обучающегося инвалида и лица с ОВЗ имеется возможность выбора формы контроля на практических занятиях, зачетах, экзаменах, подходящая конкретно для него.

Перечень обязательных видов учебной работы студента:

- посещение лекционных занятий;
- ответы на теоретические вопросы на практических занятиях;
- решение практических задач и заданий на практических занятиях;
- выполнение устных сообщений

Инновационные формы проведения учебных занятий

| Семестр | Вид учебных занятий | Используемые инновационные формы проведения учебных занятий | Количество академ. часов |
|---------|----------------------|---|--------------------------|
| VI | Практические занятия | Обсуждение и разбор конкретных задач повышенной сложности. | 4 |
| Всего: | | | 4 |

Процедура промежуточной аттестации проходит в соответствии с «Положением о балльно-рейтинговой системе оценки и текущем контроле успеваемости студентов», а также «Положением о промежуточной аттестации» университета «Дубна».

Адаптированная рабочая программа учебной дисциплины (модуля) разработана в отношении разноозологической учебной группы обучающихся, имеющих документально подтвержденные нарушения слуха, зрения, опорно-двигательного аппарата, соматические заболевания и поддающиеся коррекции нервно-психические нарушения или сочетанные нарушения.

Список вопросов к экзамену

1. Масштабы физических величин в ядерной физике. Внесистемные единицы измерения длины, энергии, сечения. Энергетическая шкала масс. Естественная система единиц (Лоренца — Хевисайда).
2. Релятивистская кинематика. Преобразования Лоренца.
3. Опыт Резерфорда. Состав и размер ядра.
4. Масса и энергия связи ядра. Энергия отделения нуклона.
5. Формула Вайцеккера для энергии связи ядра.
6. Квадрупольный электрический момент и форма ядра.
7. Вывод закона радиоактивного распада ядра.
8. Альфа распад. Кулоновский и центробежный барьеры.
9. Бета-распад. Экспериментальное обнаружение нейтрино.
10. Гамма излучение ядер. Электрические и магнитные гамма-переходы.
11. Эффект Мессбауэра.
12. Свойства нуклон-нуклонного взаимодействия.
13. Мезонная теория ядерных сил. Потенциал Юкавы. Открытие заряженного пиона (эксперимент Пауэлла С. Ф. и др.)
14. Капельная модель. Дефект масс в ядерных реакциях.
15. Модель ядерных оболочек.
16. Одночастичные и коллективные возбуждения ядра.
17. Ядерные реакции. Законы сохранения, кинематика.
18. Механизмы ядерных реакций. Модель составного (компаунд) ядра в ядерных реакциях.
19. Синтез и деление ядер. Ядерная энергия.
20. Систематика частиц. Адроны и лептоны.
21. Камера Вильсона. Известные открытия, сделанные с ее помощью.
22. Спин. Опыт Штерна — Герлаха
23. Законы сохранения во взаимодействии частиц.
24. Частицы и античастицы. Уравнение Дирака. Открытие позитрона (суть и постановка эксперимента К. Андерсона)

25. Электромагнитные взаимодействия и структура нуклонов.
26. Изоспин частиц и ядер.
27. Странность. Рождение и распад странных частиц. Эксперимент Г. Рочестера и С. Батлера.
28. Гипотеза В. Паули о существовании нейтрино. Эксперимент Ф. Райнеса и К. Коэна.
29. Суть явления «нейтринные осцилляции». Примеры экспериментов. PMNS-матрица (матрица Понтекорво — Маки — Накагавы — Сакаты).
30. Сильные взаимодействия. Кварки, глюоны, цвет.
31. Кварковая структура адронов. Барионы и мезоны.
32. Камера «Гаргамель». Открытие нейтрального тока.
33. Слабые взаимодействия. Промежуточные бозоны. Эксперименты UA1 и UA2.
34. Несохранение четности в слабых взаимодействиях. Эксперимент мадам Бу.
35. Слабые распады лептонов и кварков.
36. Нейтрино и антинейтрино. Спиральность.
37. Пространственная инверсия. Четность.
38. Зарядовое сопряжение. Зарядовая четность (C). CP – инверсия. Обращение времени. CPT – теорема.
39. Объединение взаимодействий. Нестабильность протона.
40. Нуклеосинтез во Вселенной. Ядерные реакции в звездах.
41. Космические лучи. Их состав и происхождение.
42. Физические принципы, положенные в основу функционирования следующих приборов: Многопроволочная пропорциональная камера, Полупроводниковые Детекторы, Сцинтилляционные детекторы, Черенковские детекторы, ЭМ и адронный калориметры, ФЭУ

Содержание экзаменационного билета

1 вопрос – фундаментальная теория (знать + уметь)

2 вопрос – прикладная теория (уметь + владеть)

Практические задачи

Задания домашней контрольной работы (ПР-2.1)

Задача 1.

Эмпирическая зависимость радиуса ядра R от числа нуклонов A ($A > 10$) $R \approx r_0 A^{1/3}$.

Параметр $r_0 \approx 1.23 \cdot 10^{-13}$ см = 1.23 фм приблизительно одинаков для всех ядер.

Оценить радиусы атомных ядер Al , Si , P .

Задача 2.

Используя классическую механику, оценить наименьшее расстояние сближения α -частицы с кинетической энергией 10 МэВ с покоящимся ядром ^{40}Ca , если столкновение «лобовое».

Задача 3.

Какова скорость π^- -мезонов, если их импульс равен 1 ГэВ/с (ответ дать в долях от скорости света в вакууме). Среднее время жизни π^- -мезонов составляет $\tau = 2.6 \cdot 10^{-8}$ с. Какое расстояние в среднем они пройдут до своего распада?

Задача 4.

В рамках нерелятивистской модели кварков дать состав протона, нейтрона и положительно заряженного пиона.

Задача 5.

Полная энергия нейтрального пиона в ЛС составляет 1 ГэВ. Он распадается на лету в два γ . Определите их импульсы и угол разлета в лабораторной системе отсчета, если они разлетаются под минимальным углом, разрешенным кинематически.

Задача 6.

Электрон и протон ускоряются электрическим полем с разностью потенциалов $10 \cdot 10^6$ В. Рассчитайте γ фактор, скорость, импульс и полную энергию каждой из этих частицы.

Задача 7.

Полная энергия частицы в два раза больше ее энергии покоя. Рассчитайте отношение v/c для этой частицы и определите ее импульс, если энергия покоя равна 139 МэВ.

Задача 8.

Определите эффективную массу системы двух безмассовых частиц, если известно, что угол между их импульсами равен $\pi/3$, абсолютные величины импульсов равны соответственно 100 МэВ/с и 150 МэВ/с.

Задача 9.

Какой должна быть относительная скорость двух наблюдателей, чтобы измеряемые ими интервалы времени различались на 1 %?

Задания домашней контрольной работы (ПР-2.2)

Задача 1.

Исходя из «теории капли жидкости», дать качественное обоснования первого члена формулы Вайцеккера.

Задача 2.

Используя формула Вайцеккера, вычислить энергию связи основного изотопа Са.

Задача 3.

Период полураспада радиоактивного источника равен 1 минуте. В начальный момент его активность составляла $2 \cdot 10^3$ Бк. Определите среднее время жизни и постоянную распада. Определите активность источника в моменты времени $t = 1$ мин, 2 мин, 3 мин, 10 мин. Определите число оставшихся радиоактивных ядер.

Задача 4.

Какое число делений N происходит в ядерном реакторе мощностью 500 МВт, если в среднем в одном акте деления выделяется энергия 200 МэВ?

Задача 5.

Используя оболочечную модель ядра, выпишите конфигурацию и определите орбитальный момент l , полный момент J , четность P и изоспин I следующих ядер, находящихся в основном состоянии:

1) ${}^5\text{He}$, ${}^{13}\text{C}$, ${}^{15}\text{O}$, ${}^{17}\text{F}$; 2) ${}^{33}\text{S}$, ${}^{39}\text{K}$, ${}^{63}\text{Cu}$, ${}^{125}\text{Sn}$.

СПРАВКА

- ✓ При решении задач нужно использовать, например, данные сайтов:
<https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/107718>
http://nuclphys.sinp.msu.ru/nucmodl/nml01_1.htm
<http://nuclphys.sinp.msu.ru/nucmodl/nml02.htm>

- ✓ Используйте следующие значения констант в полуэмпирической формуле Вайцеккера для энергии связи ядра:

$$E_{\text{св}}(A, Z) = a_1 A - a_2 A^{2/3} - a_3 Z^2 / A^{1/3} - a_4 (A/2 - Z)^2 / A + a_5 A^{-3/4},$$

с $a_1 = 15.75$ МэВ; $a_2 = 17.8$ МэВ; $a_3 = 0.711$ МэВ; $a_4 = 23.7$ МэВ;

$$a_5 = \begin{cases} +34 \text{ МэВ,} & \text{для четно - четн} \\ 0 \text{ МэВ,} & \text{для нечетных.} \\ -34 \text{ МэВ,} & \text{для нечетно - нече} \end{cases}$$