

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.О.15.06 ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА

Направление подготовки (специальность) 03.05.02 Фундаментальная и прикладная физика

Профиль подготовки (специализация)

Форма обучения очная

Год набора 2024

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Программу составили
Доцент, к.ф.-м.н. Шляхтич Евгений Николаевич

1 Цели и задачи изучения дисциплины

1.1 Цель преподавания дисциплины:

Дисциплина «Ядерная физика» предназначена для ознакомления студентов с современной физической картиной мира, приобретения навыков экспериментального исследования физических явлений и процессов, изучения теоретических методов анализа физических явлений.

В результате освоения дисциплины «Ядерная физика» студент должен изучить радиоактивные превращения, ядерные реакции, свойства и модели атомных ядер, процессы взаимодействия частиц ионизирующего излучения с веществом, элементарные частицы.

1.2 Задачи изучения дисциплины:

Задачами дисциплины являются:

- освоение основных понятий и законов ядерной физики, границ их применимости;
- представление фундаментальных физических опытов в области ядерной физики и их роль в развитии науки;
- формирование представления о взаимосвязи ядерной физики с другими разделами современной физики.

1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы высшего образования:

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине
ОПК-1 Способен применять современные теоретические модели физических явлений, процессов и систем, а также результаты экспериментальных исследований в фундаментальных и прикладных разработках;	
ОПК-1.1 Демонстрирует владение фундаментальными законами общей и теоретической физики	знать: причины стабилизации радиоактивного распада; основные законы радиоактивного распада; энергетические условия альфа и бета – распадов, электронного захвата; уметь: использовать основные законы радиоактивного распада; определять вид распада ядер; решать стандартную задачу на определение вида распада, спина, четности и магнитного момента материнского и дочернего ядер; владеть: базовыми понятиями в области радиоактивного распада; умением определять вид распада радионуклидов; алгоритмом решения стандартной задачи.
ОПК-1.2 Использует экспериментальные и теоретические методы исследований	знать методы исследований для подтверждения теоретических положений ядерной физики; уметь использовать практические методы исследования в области ядерной физики; владеть необходимым объемом научных данных для проведения исследований в области ядерной физики.

Дисциплина реализуется без применения ЭО и ДОТ

2 Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад.час)	Семестр
		6
Общая трудоемкость дисциплины	4 (144)	4 (144)
Контактная работа с преподавателем:	2 (72)	2 (72)
занятия лекционного типа	1 (36)	1 (36)
практические занятия	1 (36)	1 (36)
Самостоятельная работа обучающихся	1 (36)	1 (36)
Вид промежуточной аттестации (Экзамен)	36	Экзамен

3 Содержание дисциплины (модуля)

№ п/п	Вид работ	Темы занятия	Объем часов	Семестр /курс	Часы в эл. формате
Раздел 1. Взаимодействия.					
1.	Лек	Масштабы явлений в субатомной физике	2	6	
2.	Лек	Взаимодействие ядерного излучения с веществом	2	6	
3.	Лек	Взаимодействие гамма-излучения с веществом. Основы дозиметрии	2	6	
4.	Пр	Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом	4	6	
5.	Ср	Изучение теоретического материала.	2	6	
Раздел 2. Общие свойства					
1.	Лек	Общие свойства атомных ядер.	4	6	
2.	Лек	Модели атомных ядер	2	6	
3.	Лек	Дейтон	2	6	
4.	Пр	Основные свойства ядер. Ядерные модели.	4	6	
5.	РГР	Решение задач (РГР).	2	6	
6.	Ср	Изучение теоретического материала.	2	6	
Раздел 3. Радиоактивность.					
1.	Лек	Радиоактивность. Альфа-распад.	2	6	
2.	Лек	Бета-превращения. Гамма излучение.	2	6	
3.	Пр	Радиоактивность.	4	6	
4.	РГР	Решение задач (РГР).	2	6	
5.	Ср	Изучение теоретического материала.	2	6	
Раздел 4. Ядерные реакции.					
1.	Лек	Ядерные реакции.	2	6	
2.	Лек	Деление ядер. Ядерные реакторы.	2	6	
3.	Лек	Синтез легких ядер.	2	6	
4.	Лек	Элементарные частицы.	2	6	
5.	Пр	Ядерные реакции.	4	6	
6.	РГР	Решение задач (РГР).	2	6	
7.	Ср	Изучение теоретического материала.	2	6	
Раздел 5. Элементарные частицы.					
1.	Лек	Элементарные частицы.	2	6	
2.	Лек	Элементарные частицы, типы взаимодействий между ними. Квантовые числа.	2	6	

3.	Лек	Элементы квантовой хромодинаки.	2	6	
4.	Лек	Электрослабое взаимодействие.	2	6	
5.	Пр	Элементарные частицы.	8	6	
6.	РГР	Решение задач (РГР).	6	6	
7.	Ср	Изучение теоретического материала.	4	6	
Раздел 6. Детектирование излучений.					
1.	Лек	Детектирование излучений.	2	6	
2.	Пр	Детектирование ионизирующих излучений.	4	6	
3.	РГР	Решение задач (РГР).	2	6	
4.	Ср	Изучение теоретического материала.	2	6	
Раздел 7. Ускорители					
1.	Пр	Ускорители	4	6	
2.	РГР	Решение задач (РГР).	2	6	
3.	Ср	Изучение теоретического материала.	2	6	
Раздел 8. Дозиметрия					
1.	Пр	Дозиметрия ионизирующих излучений.	4	6	
2.	РГР	Решение задач (РГР).	2	6	
3.	Ср	Изучение теоретического материала.	2	6	
Раздел 9. Экзамен					
1.	Экзам ен	Подготовка и проведение экзамена	36	6	

4 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

4.1 Печатные и электронные издания:

1. Мухин К. Н. Экспериментальная ядерная физика: Т. 2. Физика элементарных частиц: в 2-х т. : учебник для физических специальностей вузов : одобрен Министерством высшего и среднего специального образования СССР. - Москва: Энергоатомиздат, 1983. - 376 с..

2. Сивухин Д. В. Общий курс физики: Т. 5. Атомная и ядерная физика [Электронный ресурс]: учебное пособие для физических специальностей вузов: [в 5-ти т.]. - Москва: Физматлит, 2006. - 782 с. – Режим доступа: <http://lib3.sfu-kras.ru/ft/lib2/elib/b22/0098899.pdf> .

3. Иродов И. Е. Атомная и ядерная физика: сборник задач. - Санкт-Петербург: Лань, 2002. - 287 с..

4. Савельев И. В. Сборник вопросов и задач по общей физике: учеб. пособие. - Москва: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. - 288 с.

5. Гурков В. И., Кормухина З. В., Побызиков В. И. Общая физика. Физика атомного ядра и частиц [Электронный ресурс]: электрон. учеб.-метод. комплекс дисциплины. - Красноярск: ИПК СФУ, 2007. - on-line – Режим доступа: http://lib3.sfu-kras.ru/ft/lib2/ELIB_DC/UMKD/i-378386.zip .

4.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства (программное обеспечение, на которое университет имеет лицензию, а также свободно распространяемое программное обеспечение):

1. Microsoft Office Professional Plus 2010 Russian. Офисный пакет Microsoft Office.

2. Microsoft Windows Professional 7 Russian. Операционная система Windows.

3. Microsoft Windows Professional 8 Russian. Операционная система Windows.

4.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

1. on-line тестирование <http://тестыпофизике.рф>

5 Фонд оценочных средств

Фонд оценочных средств является приложением к рабочей программе дисциплины (модуля), хранится на кафедре, обеспечивающей преподавание данной дисциплины (модуля).

6 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

учебная аудитория для проведения лекционных, семинарских и практических занятий: Специализированная мебель, демонстрационное оборудование, АРМ преподавателя, подключение к сети «Интернет» и индивидуальный неограниченный доступ в ЭИОС университета

помещение для самостоятельной работы обучающихся: специализированная мебель, демонстрационное оборудование, АРМ преподавателя, АРМ обучающихся, подключение к сети «Интернет» и индивидуальный неограниченный доступ в ЭИОС университета

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

По дисциплине (модулю)/ практике Б1.О.15.06 Ядерная физика

Направление подготовки/специальность

03.05.02 Фундаментальная и прикладная физика

Образовательная программа

03.05.02.30 Фундаментальная и прикладная физика

1. Перечень компетенций с указанием индикаторов их достижения, соотнесенных с результатами обучения по дисциплине (модулю), практики и оценочными средствами

Семестр ¹	Код и содержание индикатора компетенции	Результаты обучения ²	Оценочные средства ³
ОПК-1: Способен применять современные теоретические модели физических явлений, процессов и систем, а также результаты экспериментальных исследований в фундаментальных и прикладных разработках			
6	ОПК-1.1: Демонстрирует владение фундаментальными законами общей и теоретической физики	знать причины стабилизации радиоактивного распада; основные законы радиоактивного распада; энергетические условия альфа и бета – распадов, электронного захвата	Индивидуальное задание (РГР) Вопросы и задачи к экзамену
		уметь использовать основные законы радиоактивного распада; определять вид распада ядер; решать стандартную задачу на определение вида распада, спина, четности и магнитного момента материнского и дочернего ядер	Индивидуальное задание (РГР) Вопросы и задачи к экзамену
		владеть базовыми понятиями в области радиоактивного распада; умением определять вид распада радионуклидов; алгоритмом решения стандартной задачи	Индивидуальное задание (РГР) Вопросы и задачи к экзамену
6	ОПК-1.2: Использует экспериментальные и теоретические методы исследований	знать методы исследований для подтверждения теоретических положений ядерной физики	Индивидуальное задание (РГР) Вопросы и задачи к экзамену
		уметь использовать практические методы исследования в области ядерной физики	Индивидуальное задание (РГР) Вопросы и задачи к экзамену
		владеть необходимым объемом научных данных для проведения исследований в области ядерной физики	Индивидуальное задание (РГР) Вопросы и задачи к экзамену

¹ Семестры указываются по порядку, для каждого индикатора

² Указываются результаты обучения по дисциплине (модулю), практике, соотнесенные с индикатором достижения компетенции.

³ Указываются оценочные средства для каждого индикатора.

2. Типовые оценочные средства или иные материалы, с описанием шкал оценивания и методическими материалами, определяющими процедуру проведения и оценивания достижения результатов обучения

Пример вариантов индивидуального задания (РГР)

Вариант 1

- 1). 11.69; 11.71* ($n_{\phi} = 20$; $n_{у\phi} = 80$); 11.72* ($\eta = 0,03$)
- 2). 11.76; С 312
- 3). 11.64* ($\bar{n} = 4$); 11.65* ($N = 1000$); 11.67
- 4). 11.13* (${}^{60}\text{Fe} \xrightarrow{3 \cdot 10^5 \text{ лет}} \beta^- {}^{60}\text{Co} \xrightarrow{5,3 \text{ лет}} \beta^- {}^{60}\text{Ni}$); 11.18; 11.21
- 5). 11.38* ($\beta^- ({}^{27}\text{Mg}); \beta^+ ({}^{28}\text{Al}); K - \text{захват} ({}^{22}\text{Na})$); 11.43* (${}^{24}\text{Na}$)
- 6). 12.50; 12.59* ($E_{\gamma} = 10 \text{ МэВ}$); С 309
- 7). 11.56; 12.63
- 8). 12.7* ($T_{\alpha} = 5 \text{ МэВ}; T_p = 2 \text{ МэВ}$); 12.11* (серебряная фольга)
- 9). Задачи 1 и 3(п. II) из методуказания; 16.27
- 10). 10.19; 10.25; 10.36
- 11). 12.66; 12.78; 12.80; стендовые 4 и 10

Вариант 2

- 1). 11.73; 11.71* ($n_{\phi} = 20$; $n_{у\phi} = 240$); 11.72* ($\eta = 0,05$)
- 2). 11.76; С 316
- 3). 11.64* ($\bar{n} = 7$); 11.66* ($\bar{n} = 115$); 11.67
- 4). 11.13* (${}^{90}\text{Sr} \xrightarrow{28,5 \text{ лет}} \beta^- {}^{90}\text{Y} \xrightarrow{64 \text{ час}} \beta^- {}^{90}\text{Zr}$); 11.27; 11.20
- 5). 11.38* ($\beta^- ({}^6\text{He}); \beta^+ ({}^{16}\text{N}); K - \text{захват} ({}^{26}\text{Al})$); 11.43* (${}^{22}\text{Na}$)
- 6). 12.59* ($E_{\gamma} = 7 \text{ МэВ}$); 12.64; С 307
- 7). 11.57; 12.57
- 8). 12.7* ($T_{\alpha} = 9 \text{ МэВ}; T_p = 15 \text{ МэВ}$); 12.11* (золотая фольга)
- 9). Задачи 1 и 3(п. VII) из методуказания; 16.26
- 10). 10.20; 10.29; 10.32
- 11). 12.73; 12.77; 12.80; стендовые 1 и 11

* - к типовым задачам конкретные задания изменены.

Сборник задач по общему курсу физики. В 5 томах. Книга 5. Атомная физика. Физика ядра и элементарных частиц / Под ред. Сивухина Д.В. – М: Лань, ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 184 с.

Методические рекомендации по проведению РГР

Расчётно-графическая работа (РГР) – вид самостоятельной работы студентов, письменное средство проверки умений применять полученные знания для решения задач по заранее определенной методике, является допуском к экзамену.

Общие положения, которыми необходимо руководствоваться при решении задач.

1. Сначала следует понять, о каких явлениях или процессах идёт речь в задаче, сопоставить им соответствующие законы.

2. Осознать смысл физических величин, описывающих данные процессы и входящих в формулы соответствующих законов.

3. Если это необходимо, нарисовать схему или чертеж, на котором указать соответствующие величины, направления векторных величин, расположение энергетических уровней и т.д.

4. Выяснить, какие величины, входящие в выбранные формулы законов, даны, и какие надо определить. Найти необходимые для расчетов табличные величины в справочной литературе.

5. Последовательно используя формулы для нахождения неизвестных величин, получить окончательные рабочие расчетные формулы для величин, которые требуется определить. Как правило, задачи следует решать в общем виде, т.е. в буквенных выражениях. При этом не производятся вычисления промежуточных величин: числовые значения подставляются только в окончательные рабочие формулы, выражающие искомые величины.

6. Произвести расчеты, подставляя числовые значения в системе измерения СИ, или СГС, или внесистемные единицы.

7. Проверить, дает ли общая формула правильную размерность (единицу измерения) искомой величины. Для этого в формулу следует подставить размерность всех величин и произвести необходимые действия. Если полученная таким путем размерность не совпадает с размерностью искомой величины, то задача решена неверно.

8. Оценить адекватность полученных величин

Критерии оценки РГР

Оценка **«отлично»** выставляется студенту, если решены не менее 90% задач РГР, последовательность изложения решения логически стройная и дополнена комментариями, но при этом могут быть допущены несущественные ошибки.

Оценка **«хорошо»** выставляется студенту, если решены не менее 75% задач РГР, последовательность изложения решения логически стройная, не допускается существенных неточностей, правильно применяются теоретические положения.

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется студенту, если решены не менее 50% задач РГР, при этом может быть нарушена логическая последовательность изложения решения, допускаются неточности и недостаточно правильные формулировки.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется студенту, если решены менее 50% задач РГР, допущены существенные ошибки.

Вопросы к экзамену по ядерной физике

1. Масштабы явлений в субатомной физике: характерные размеры, массы, энергии, скорости, плотности, времена.
2. Как наблюдать внутриатомные объекты? Условия на источник, мишень, детектор. Сечение.
3. Взаимодействие тяжелых заряженных частиц с веществом. Ионизационное торможение. Формула Бора. Пробеги.
4. Взаимодействие электронов высоких энергий с веществом. Ионизационные и радиационные потери. Излучение Вавилова-Черенкова. Критическая энергия.
5. Взаимодействие гамма-излучения с веществом: томсоновское рассеяние, фотоэффект, комптон-эффект, рождение пар. Законы ослабления гамма-излучения в веществе.
6. Протон-нейтронная модель ядра. Отсутствие электронов в ядре. Взаимодействие между нуклонами в ядре как обмен мезонами.
7. Размер и форма ядер. Способы определения.
8. Электрический заряд ядра. Способы определения.
9. Спин, четность и магнитный момент ядра. Способы определения.
10. Энергия связи ядра. Способы определения. Формула Вайцзейкера.
11. Свойства ядерных сил.
12. Мезонная теория ядерных сил. Потенциал Юкавы.
13. Капельная модель ядра (обоснование, возможности и недостатки).
14. Оболочечная модель ядра (обоснование, возможности и недостатки).
15. Радиоактивность ядер. Причины стабилизации радиоактивного распада.
16. Законы радиоактивного распада. Постоянная распада. Радиоактивные ряды.
17. Альфа-распад. Основные характеристики альфа-распада. Анализ постоянной альфа-распада. Альфа-распад как туннельный эффект.
18. Бета-превращение. Основные характеристики бета-превращений. Кривая бета-спектра.
19. Гамма-излучение ядер. Конверсионные электроны.
20. Применение радиоактивных излучений согласно физическим принципам.
21. Ядерные реакции. Общие закономерности. Энергия реакции, пороговая энергия, выход.
22. Механизмы ядерных реакций: составное ядро, прямой механизм.
23. Нейтроны. Взаимодействие нейтронов с веществом.
24. Реакции деления под действием нейтронов. Энергия активации, характеристика продуктов реакции.
25. Цепные ядерные реакции. Коэффициент размножения.
26. Ядерные реакторы. Устройство, управление. Роль запаздывающих нейтронов.
27. Реакции синтеза. Проблема управляемого термоядерного синтеза. Мюонный катализ реакций синтеза.
28. Реакции синтеза и Солнце. Почему Солнце горит, но не взрывается?

29. Радиоактивные аварии и их последствия. Чернобыльская авария.

Физика элементарных частиц. Дозиметрия. Экспериментальная ядерная физика.

1. Взаимодействие как обмен квантами полей. Примеры.
2. Основные характеристики фундаментальных взаимодействий.
3. Рождение и аннигиляция элементарных частиц. Пороговая энергия рождения пары частица-античастица.
4. Методы определения массы элементарных частиц.
5. Электрический заряд элементарных частиц и способы его определения.
6. Барионный заряд. Способы определения.
7. Лептонный заряд. Способы определения.
8. Изоспин элементарных частиц. Способы определения.
9. Странность. Способы определения.
10. Спин и магнитный момент элементарных частиц. Способы определения.
11. Законы сохранения при взаимодействии элементарных частиц.
12. Алгебра реакций. Примеры.
13. Кварковый состав адронов. Примеры.
14. Цветовой заряд. Асимптотическая свобода и конфайнмент.
15. Глюоны как переносчики сильного взаимодействия между кварками.
16. Экспериментальное обоснование существования кварков и глюонов.
17. Слабое взаимодействие как обмен промежуточными векторными бозонами. Свойства ПВБ.
18. Экспериментальное открытие промежуточных векторных бозонов.
19. Современная классификация истинных элементарных частиц.
20. Проблема массы нейтрино. Способы определения массы нейтрино.
21. Линейные ускорители частиц.
22. Циклические ускорители. Ускорители на встречных пучках. Эквивалентная энергия.
23. Счетчики Гейгера-Мюллера.
24. Сцинтилляционные детекторы.
25. Особенности измерений и обработки экспериментальных данных при работе с источниками ионизирующих излучений.
26. Распределение Пуассона и Гаусса и их применение в ядерно-физических экспериментах.
27. Дозовые характеристики ионизирующих излучений.
28. Биологическое действие ионизирующих излучений.
29. Защита от ионизирующих излучений.

Пример задач к экзамену

Определить вид распада ядра ${}^{13}_7\text{N}$. Найти спин, четность и магнитный момент материнского и дочернего ядер. Указать, сопровождается ли γ -излучение дан-

ный распад. Изобразить полную схему распада. Дефекты масс (кэВ) атомов равны:

$$\Delta(7;13) = 5345,6; \Delta(6;13) = 3125,0; \Delta(8;13) = 2305.$$

Определить вид распада ядра ${}_{25}^{57}\text{Mn}$. Найти спин, четность и магнитный момент материнского и дочернего ядер. Указать, сопровождается ли γ -излучение данным распадом. Изобразить полную схему распада. Дефекты масс (кэВ) атомов равны:

$$\Delta(25;57) = -57487; \Delta(24;57) = -52790; \Delta(26;57) = -60179,0.$$

Методические рекомендации по проведению экзамена

Студенты, не выполнившие предусмотренные учебным планом по дисциплине индивидуальные задания (расчетно-графические работы), к сдаче экзамена не допускаются.

Аттестация в конце семестра предусмотрена в виде экзамена. Рекомендуется проведение экзамена в устной форме: решение практической задачи и ответ по теоретическим вопросам.

Критерии оценивания

- оценка «отлично» выставляется, если студент успешно отвечает на 2 устных вопроса билета и решает задачу;
 - оценка «хорошо» - 1 устный вопрос и решение задачи;
 - оценка «удовлетворительно» - решение задачи или 2 устных вопроса билета;
- оценка «неудовлетворительно» - очень слабое знание теоретического материала, при ответе выявлено незнание основных физических законов (не было попытки выполнить задание или ответа на вопрос).

По усмотрению преподавателя итоговая оценка может быть повышена при успешном ответе на дополнительные вопросы.

Разработчик



Е.Н.Шляхтич