

**УТВЕРЖДАЮ**

Декан физического факультета

\_\_\_\_\_ М.С. Тиванов

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_\_ г.

Регистрационный № \_\_\_\_\_

Программа вступительных испытаний  
для поступающих на I ступень послевузовского образования  
(аспирантура)

Специальность 01.04.16 «Физика атомного ядра и элементарных частиц»

Минск – 2019.

**СОСТАВИТЕЛИ:**

**А.И. Тимощенко** — зав. кафедрой ядерной физики БГУ, канд. физ.-мат. наук, доцент;

**И.Я. Дубовская** — доцент кафедры ядерной физики БГУ, канд. физ.-мат. наук, доцент.

**РАССМОТРЕНА И РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой ядерной физики

Протокол от 10 июня 2019 г. № 14

Советом факультета

Протокол от 27 июня 2019 № 12

Ответственный за редакцию

\_\_\_\_\_

(подпись)

Дубовская И.Я.

\_\_\_\_\_

(инициалы, фамилия)

# СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

## РАЗДЕЛ 1

1. Основные свойства нуклон-нуклонного взаимодействия.
2. Характеристики атомного ядра.
3. Свойства симметрии ядерных систем, связанные с пространственной и временной инвариантностью.
4. Однонуклонный обменный потенциал, нецентральный характер ядерных сил, проблема насыщения ядерных сил, изотопическая инвариантность.
5. Мезонная теория ядерных сил.
6. Физические основы и схема ядерных уровней в модели оболочек.
7. Обобщенная модель ядра. Электрические квадрупольные и магнитные дипольные моменты атомных ядер в обобщенной модели. Виды возбуждения несферических ядер.
8. Основной закон радиоактивного распада. Вековое уравнение. Статистический характер радиоактивного распада.
9. Свойства и механизм  $\alpha$ -распада.
10.  $\beta$ -распад. Основы теории  $\beta$ -распада Ферми. Правила отбора.
11. Несохранение пространственной четности при  $\beta$ -распаде.
12.  $\gamma$ -излучение ядер. Вероятности  $\gamma$ -переходов и правила отбора. Ядерная изомерия.
13. Амплитуда и сечение рассеяния. Выход ядерной реакции.
14. Законы сохранения в ядерных реакциях.
15. Резонансные ядерные реакции, идущие через составное ядро.
16. Статистическая модель ядерных реакций, идущих через составное ядро.
17. Прямые ядерные реакции.
18. Фотоядерные реакции. Эффект Мессбауэра и его применения.
19. Цепная ядерная реакция. Роль запаздывающих нейтронов в управлении цепной ядерной реакцией.
20. Реакции синтеза. Критерий Лоусона. Проблема управляемого термоядерного синтеза.
21. Классификация элементарных частиц. Законы сохранения.
22. Свойства лептонов. Нейтринные осцилляции.
23. Классификация адронов. Унитарная симметрия.
24. Кварковая структура адронов. Основные положения квантовой хромодинамики.
25. Слабое взаимодействие. Промежуточные бозоны.
26. Несохранение CP-четности в слабом взаимодействии.
27. Глобальная и локальная инвариантность. Калибровочные поля и их роль.
28. Основные типы фундаментальных взаимодействий: электромагнитные, слабые (электрослабые), сильные и гравитационные. Константы связи.

Характерные эффективные сечения и другие особенности разных типов взаимодействий. Элементы диаграммной техники. Оценка вероятностей процессов.

29. Масштабы объединения фундаментальных взаимодействий.
30. Первичный нуклеосинтез и нуклеосинтез в звездах.

## РАЗДЕЛ 2.

1. Физические основы метода Монте-Карло. Метод Монте-Карло в задачах переноса излучения. Моделирование траекторий нейтронов и фотонов.
2. Получение оценок значений измеряемых величин методом максимального правдоподобия.
3. Основные дозиметрические величины. Активность. Операционные дозиметрические величины. Нормируемые дозиметрические величины. Дозовые пределы и референтные уровни.
4. Общая характеристика прохождения  $\gamma$ -квантов через вещество и физические принципы их регистрации.
5. Взаимодействие заряженных частиц с веществом. Ионизационные и радиационные потери энергии, длина пробега. Многократное рассеяние.
6. Черенковское и переходное излучение электронов. Черенковские детекторы.
7. Синхротронное излучение. Ондуляторы.
8. Особенности защиты от  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  и нейтронного излучения.
9. Основные принципы регистрации частиц. Ионизационные камеры, пропорциональные счетчики и счетчики Гейгера-Мюллера.
10. Камеры Вильсона и стримерные камеры, твердотельные трековые детекторы ионизирующего излучения.
11. Сцинтилляционный метод регистрации и спектрометрии ионизирующего излучения.
12. Полупроводниковые детекторы ионизирующего излучения.
13. Спектрометры ионизирующего излучения и их характеристики. Аппаратурный спектр. Калибровка спектрометров.
14. Магнитные спектрометры заряженных частиц.
15. Спектрометрия нейтронов.
16. Циклические ускорители с постоянным и переменным магнитным полем.
17. Линейные ускорители.
18. Метод встречных пучков. Коллайдеры.
19. Источники частиц высоких энергий. Космическое излучение.
20. Детекторы для экспериментальной физики высоких энергий, их классификация, принципы конструкции и основные характеристики.
21. Особенности взаимодействия частиц высоких энергий с веществом в экспериментах по физике высоких энергий.
22. Идентификация частиц в экспериментах по физике высоких энергий.

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### Основная литература

1. Ишханов Б.С., Капитонов И.М., Юдин Н.П. Частицы и атомные ядра. М.: 2007. – 581 с.
2. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика в 3-х томах, – М.: Энергоатомиздат, 1993.
3. Капитонов И.М. Введение в физику ядра и частиц, М: , 2000 – 379 с.
4. Сивухин Д.В. Атомная и ядерная физика, т.5, М.: Физматлит, 2002 – 782 с.
5. Широков Ю.М., Юдин К.П. Ядерная физика. Учеб. пособие. – М.: Наука, 1980 – 374 с.
6. Окунь Л.Б. Физика элементарных частиц. М. Наука, 1988 – 272 с.
7. Михайлов В.М., Крафт О.Е. Ядерная физика. Уч. пособие. Изд. Ленингр. ун-та. 1988 – 386 с.
8. Валантэн Л. Субатомная физика ядра и частиц. В 2-х томах. М.: Мир, 1986.
9. Готтфрид К., Вайскопф В. Концепции физики элементарных частиц. М: Мир. 1988 – 239с.
10. Ишханов Б.С., Капитонов И.М., Тутынь И.А. Нуклеосинтез во Вселенной, М: Моск. Универс., 1999. – 173 с.
11. Любимов А., Киш Д. Введение в экспериментальную физику частиц, М., Физматлит, 2001 —271с.
12. Экспериментальная ядерная физика под редакцией Сегре Э. т.1, М.: ИЛ, 1955. – 664 с.
13. Экспериментальная ядерная физика под редакцией Сегре Э., т.2, М.: ИЛ, 1955. – 494 с.
14. Экспериментальная ядерная физика под редакцией Сегре Э. т.3, М.: ИЛ, 1955. – 648 с.
15. Ситенко А.Г., Тартаковский В.К. Лекции по теории ядра, М.: Атомиздат, 1972. – 352 с.
16. Балдин А.М., Гольданский В.И., Максименко В.М, Розенталь И.Л. Кинематика ядерных реакций, М.: Атомиздат, 1968. – 456 с.
17. Немец О.Ф., Тернецкий К.О. Ядерная реакции, Киев: «Вища школа», 1977. – 244 с.
18. Окунь Л.Б. Лептоны и кварки, М.: Наука, 1990. – 304 с.
19. Бояркин О.М. Введение в физику элементарных частиц, М.: УРСС, 2006. – 264 с.
20. Богуш А.А. Введение в полевую теорию элементарных частиц, Мн.: Наука и Техника, 1981. – 390 с.
21. Хелзен Ф., Мартин А. Кварки и лептоны, М.: Мир, 1987. – 451 с.
22. Индурайн Ф. Квантовая хромодинамика, М.: Мир, 1986. – 256 с.

23. Клапдор-Клайнгротхаус Г.В., Цубер К. *Астрофизика элементарных частиц*, М.: Ред. Журн. УНФ, 2000. – 496 с.
24. Абрамов А.И., Казанский Ю.А., Матусевич Е.С.. *Основы экспериментальных методов ядерной физики*. М.: Атомиздат, 1985.
25. Ляпидевский В.К.. *Методы детектирования излучений*. М.: Энергоатомиздат, 1987.
26. Клайнкнехт К. *Детекторы корпускулярных излучений*. М.: Мир, 1990
27. Групен К. *Детекторы элементарных частиц*. Пер. с англ. Новосибирск: «Сибирский хронограф», 1999. 408 с.
28. Волков Н.Г., Христофоров В.А., Ушакова Н.П.. *Методы ядерной спектрометрии*. — М.: Энергоатомиздат, 1990.
29. Гольдин Л.Л. *Физика ускорителей*.— М.: Наука, 1983.— 144 с.
30. Лебедев А.Н., Шальнов А.В. *Основы физики и техники ускорителей: в 3-х т. Т. 1. Ускорители заряженных частиц*.— М.: Энергоатомиздат, 1981.— 192 с.
31. Пашков В.Т. *Физика пучка в кольцевых ускорителях*.— М.: Физматлит, 2006.— 264 с.
32. Humpries S., Jr. *Principles of charged particles acceleration*.— Wiley&Sons, 1999.— 593 p.
33. Онищенко Л.М. *Циклотроны // Физика элементарных частиц и атомного ядра 39(6) (2008) с. 1843-1897.*
34. Абрамян Е.А. *Промышленные ускорители электронов*.— М.: Энергоатомиздат, 1986.— 248 с.
35. Фетисов Г.В. *Синхротронное излучение. Методы исследования структуры веществ*.— М.: Физматлит, 2007.— 672 с.
36. Кудасов Ю.Б. *Электрофизические измерения*.— М.: Физматлит, 2010.— 184 с.
37. Москалев В.А., Чахлов В.Л. *Бетатроны*. – Томск.: Изд-во ТПУ, 2009.— 267 с.
38. Иванов В.И. *Курс дозиметрии: Учебник для вузов./4-е изд., перераб. и доп.-М.: Энергоатомиздат, 1988. .– 400 с.*
39. Публикация 103 Международной Комиссии по радиационной защите(МКРЗ). Пер с англ./Под общей ред. М.Ф.Киселева и Н.К. Шандалы. М.:Изд. ООО ПКФ «Алана»,2009.-312 с.
40. Shultis J.K., Faw R.E.. *Radiation shielding*. Prentice Hall, PTR, 2000. – 537 с.
41. *Защита от ионизирующих излучений: в 2 т. Т.1. Физические основы защиты от излучений: Учебник для вузов / Н.Г. Гусев, В.А. Климанов, В.П. Машкович, А.П. Суворов; Под ред. Н.Г. Гусева.—3-е изд., пераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1989. – 511 с.*
42. *Защита от ионизирующих излучений: в 2 т. Т.2. Защита от излучений ядерно-технических установок: Учебник для вузов / Н.Г. Гусев, В.П.*

Машкович, А.П. Суворов; Е.Е. Ковалёв. Под ред. Н.Г. Гусева.—2-е изд., пераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1990. – 353 с.

### Дополнительная литература

1. Бор О., Моттelson Б. Структура атомного ядра, т. 1, М.: Мир, 1971. – 456 с.
2. Бор О., Моттelson М. Структура атомного ядра, т. 2, М.: Мир, 1977. – 464 с.
3. Давыдов А.С. Теория атомного ядра, М.: Физматгиз, 1958. – 658 с.
4. Де Бенедетти Ядерные взаимодействия, М.: Атомиздат, 1968. – 476 с.
5. Гольдбергер М., Ватсон К. Теория столкновений, М.: Мир, 1967. – 824.
6. Ньютон Р. Теория рассеяния волн и частиц, М.: Мир, 1969. – 608 с.
7. Биленький С.М. Введение в диаграммы Фейнмана и физику электрослабого взаимодействия, М.: Энергоатомиздат, 1990 – 325 с.
8. Ву Т.Ю, Омура Т. Квантовая теория рассеяния, М.: Наука, 1969. – 452с.
9. Богуш А.А. Введение в калибровочную полевую теорию электрослабых взаимодействий, Мн.: Наука и техника, 1987. – 360 с.; М.: УРСС, 2003. – 360 с.
10. Кейн Г., Современная физика элементарных частиц, М.: Мир, 1990. – 365 с.
11. Хуанг К., Кварки и лептоны, М.: Мир, 1984. – 382 с.
12. Берестецкий Б., Лившиц Б.М., Питаевский Л.П., Теоретическая физика, т. 4 – Квантовая электродинамика, М.: Наука, 1990. – 702 с.
13. Боголюбов Н.Н., Широков Д.В., Квантовые поля, М.: УРСС, 2005. – 384 с.
14. Поляков А.М. Калибровочные поля и струны, М.: УРСС, 1999. – 316 с.
15. Линде А.Д. Физика элементарных частиц и инфляционная космология. М.: Наука, 1990. – 346 с.
16. Полупроводниковые детекторы в экспериментальной ядерной физике / Ю.К.Акимов, О.В.Игнатъев, А.И.Калинин, В.Ф.Кушнирук. М.: Энергоатомиздат, 1989.
17. Калашникова И.И., Козодаев М.С. Детекторы элементарных частиц. М.: Наука, 1966.
18. Левин В.Е., Хамьянов Л.П.. Регистрация ионизирующих излучений. М.: Атомиздат, 1973.
19. Матвеев В.В., Хазанов Б.И. Приборы для измерения ионизирующих излучений. М.: Атомиздат, 1972.
20. Горн Л.С., Хазанов Б.И. Современные приборы для измерения ионизирующих излучений. М.: Энергоатомиздат, 1989.
21. Коржик М.В. Физика сцинтилляторов на основе кислородных монокристаллов. Мн.: БГУ, 2003.

22. Лорикян М.П. Детекторы ядерного излучения и многозарядных частиц с рабочим веществом из пористых диэлектриков. - УФН, 1995, т.165, № 11, с.1323-1333.
23. Knoll Glenn F. Radiation Detection and Measurement. 2000. John Willey & Sons. Inc. 803 p.
24. Егоров Ю.А.. Сцинтилляционный метод спектрометрии гамма-излучения и нейтронов. М.: Госатомиздат, 1963.
25. Караваев Ф.М. Измерения активности нуклидов. М.: Изд-во стандартов, 1972.
26. Прикладная спектрометрия с полупроводниковыми детекторами. М.: Атомиздат, 1974 (Авт. Балдин С.А., Вартанов Н.А., Ерыхайлов Ю.В. и др.).
27. Брегадзе Ю.И., Степанов Э.К., Ярына В.П. Прикладная метрология ионизирующих излучений. М.: Энергоатомиздат, 1990.
28. Карташев В.П., Котов В.И. Методы формирования пучков частиц на ускорителях высоких энергий.— М.: Энергоатомиздат, 1989.— 184 с.
29. Миллер Р. Введение в физику сильноточных пучков заряженных частиц.— М.: Мир, 1984.— 432 с.
30. Ципенюк Ю.М. Фундаментальные и прикладные исследования на микротроне.— М.: Физматлит, 2009.— 424 с.
31. Неразрушающий контроль с источниками высоких энергий / Клюев В.В. и др.— М.: Энергоатомиздат, 1989.— 176 с.
32. <http://www.cyclotrons.net/content.php> [Date of access 29.06.2016].
33. <http://www.iba-worldwide.com/> [Date of access 29.06.2016].
34. Нгуен Чонг Хоанг Чунг Концептуальное моделирование медицинского циклотрона // Магистерская диссертация, Минск, 2014.
35. Лобко А.С. Лазерно-плазменное ускорение заряженных частиц: принципы и достижения // Вестник Фонда фундаментальных исследований №3 (2014) С. 88-106.
36. Kuffel E., Zaengl W.S., Kuffel J. High Voltage Engineering (Fundamentals) Newnes, 2000.— 539 p.
37. Излучения ионизирующие. Термины и определения. Межгосударственный стандарт СНГ РМГ 78-2005. М.: Стандартиформ, 2006.