

**Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
Московской области Университет «Дубна»  
(государственный университет «Дубна»)**

**Инженерно-физический институт  
Кафедра фундаментальных проблем физики микромира  
Кафедра ядерной физики  
Кафедра физико-технических систем**

**Факультет естественных и инженерных наук  
Кафедра биофизики  
Кафедра нанотехнологий и новых материалов**



**УТВЕРЖДАЮ**  
Проректор по учебно-методической  
работе

**А.С. Деникин**  
2019 г.

**ПРОГРАММА  
вступительного междисциплинарного экзамена в магистратуру**

по направлению 03.04.02 Физика

г. Дубна, 2019 г.

Авторы программы:

к.ф.-м.н. Деникин А.С., проректор по учебно-методической работе университета «Дубна»



(подпись)

к.ф.-м.н. Пироженко И.Г., зам. заведующего кафедрой «Фундаментальные проблемы физики микромира»



(подпись)

д.ф.-м.н. Малахов А.И., заведующий кафедрой «Физико-технические системы»

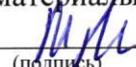
(подпись)

д.б.н. Красавин Е.А., заведующий кафедрой «Биофизика»



(подпись)

к.х.н. Немченко И.Б., заведующий кафедрой «Нанотехнологии и новые материалы»



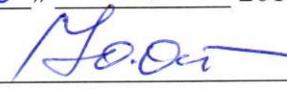
(подпись)

Программа междисциплинарного экзамена составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования и учебным планом магистров по направлению 03.04.02 Физика.

Программа рассмотрена на заседаниях  
кафедры фундаментальных проблем физики микромира  
Протокол заседания № 19 от «06» 09 2019 г.

Заведующий кафедрой, д.ф.-м.н.  Фурсаев Д.В.

кафедры ядерной физики  
Протокол заседания № 19 от «06» 09 2019 г.

Заведующий кафедрой, д.ф.-м.н.  Оганесян Ю.С.

кафедры физико-технических систем  
Протокол заседания № \_\_\_\_\_ от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

Заведующий кафедрой, д.ф.-м.н.  Малахов А.И.

кафедры биофизики  
Протокол заседания № 154 от «28» 03 2019 г.

Заведующий кафедрой, д.б.н.  Красавин Е.А.

кафедры нанотехнологий и новых материалов  
Протокол заседания № 01 от «24» 09 2019 г.

Заведующий кафедрой, к.х.н.  Немченко И.Б.

СОГЛАСОВАНО:

Директор ИФИ, к.ф.-м.н.  /Е.А. Давыдов./

И.о. декана ФЕИН, к.б.н.  /Савватеева О.А./

## **1. Цели и задачи вступительного экзамена**

Комплексный междисциплинарный экзамен является видом аттестации поступающего в магистратуру по направлению 03.04.02 Физика по образовательным программам «Теоретическая и математическая физика», «Физика атомного ядра и элементарных частиц», «Физика наноструктур и наноматериалов», «Радиационная биофизика и астробиология», «Электроника и автоматика физических установок» и призван дать возможность установить уровень образованности, полноту знаний и навыков, уровень интеллектуальных способностей поступающего, его творческие возможности для дальнейшего продолжения образования в магистратуре.

## **2. Требования к уровню подготовки и квалификации абитуриента**

Поступающий в магистратуру по направлению 03.04.02 Физика должен **знать** в объеме, предусмотренном государственным стандартом,

- фундаментальные законы физики (основные понятия, законы и модели механики, молекулярной физики, электричества и магнетизма, оптики, атомной физики, физики атомного ядра и частиц, квантовой механики, термодинамики и статистической физики, методы теоретических и экспериментальных исследований в физике);
- современное состояние, теоретические работы и результаты экспериментов в избранной области исследований, явления и методы исследований в объеме дисциплин специализаций;
- знать принципы организации научно-исследовательских работ, лабораторных, модельных и вычислительных исследований;
- технику безопасности, действующие нормы, правила и стандарты при проведении физических исследований;
- принципы работы и конструктивные особенности физической аппаратуры (в соответствии с полученной специализацией).

### **иметь навыки и опыт:**

- разработки методических и нормативных материалов, технической документации, а также предложений и мероприятий по осуществлению разработанных проектов и программ;
- участия в работах по осуществлению исследований, разработке проектов и программ, в проведении необходимых мероприятий, связанных с диагностикой и испытаниями оборудования и внедрением его в эксплуатацию, а также в выполнении работ по стандартизации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов, в рассмотрении различной технической документации, подготавливает необходимые обзоры, отзывы, заключения;
- сбора и анализа необходимой информации, технических данных, показателей и результатов работы, проведении необходимых расчетов с использованием современных технических средства;
- обеспечения мероприятий по экологической безопасности проведения технологических процессов;
- построения физических моделей для описания изучаемых процессов;
- обобщения получаемой экспериментальной информации, принципами систематизации результатов выполненных работ, принципами математического моделирования (в соответствии с полученной специализацией);
- в теоретических основах и практике применения современных информационных технологий, необходимых для составления и модернизации программ обработки и интерпретации экспериментальных данных.

### **уметь применять:**

- компьютерные технологии исследований, сбора и обработки данных, представления результатов;
- методы описания процессов в физических, технических, биофизических системах и других системах;
- методы и средства испытаний и диагностики оборудования;
- технику безопасности, действующие нормы, правила и стандарты при проведении физических исследований;
- теоретические основы и практические навыки, необходимые для проведения физических теоретических и экспериментальных исследований с использованием современной вычислительной техники, (в соответствии с полученной физической специализацией).

### **3. Порядок проведения вступительного экзамена**

Экзамен проводится в сроки, которые определяются приемной комиссией учебного заведения и доводятся до сведения выпускников. Расписание проведения экзаменов с указанием дат, времени и места проведения экзаменов формируются по рекомендации выпускающей кафедры, утверждаются распоряжением проректора по учебной работе. Персональный состав экзаменационной комиссии и кандидатура председателя утверждаются приказом ректора университета.

К экзамену допускаются лица, представившие в приемную комиссию необходимые для поступления в магистратуру документы.

Экзаменационный билет должен содержать три вопроса (задания) из программы вступительного экзамена, два вопроса из общего раздела 4.1 и один вопрос из дополнительных разделов 4.2. Экзамен проводится в устной форме в присутствии членов комиссии во главе с председателем. В течение не менее 60 минут абитуриент письменно отвечает на вопросы, указанные в экзаменационном билете. Во время экзамена абитуриенты могут пользоваться учебными программами, также справочной литературой, учебниками, конспектами лекций, другими пособиями. По окончании времени экзамена абитуриенты устно отвечают на вопросы билета, и члены комиссии оценивают ответ, задают уточняющие вопросы. Продолжительность опроса абитуриента не должна превышать 30 минут. Ответ на экзамене заслушивает не менее двух членов экзаменационной комиссии.

Обсуждение и окончательное оценивание ответов абитуриентов экзаменационная комиссия проводит на закрытом заседании, определяя итоговую оценку по 100-бальной шкале.

Критерии оценки:

<b>Количество баллов</b>	<b>Характеристика ответов</b>
0-59	Ответы неудовлетворительные
60-69	Ответы не точные
70-84	Ответы точные, но не полные
85-100	Ответы точные и полные, показана глубина знаний

Минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение вступительных испытаний – 60 баллов.

Решение об оценке знаний абитуриента принимается комиссией открытым голосованием простым большинством членов комиссии, участвующих в заседании.

Результаты экзамена доводятся до абитуриента сразу после закрытого заседания экзаменационной комиссии.

Результаты экзаменов фиксируются секретарем в протоколах заседаний экзаменационных комиссий, экзаменационных ведомостях.

#### **4. Содержание вступительного экзамена в магистратуру**

##### **4.1. Вопросы, выносимые на экзамен, для поступающих на магистерскую программу по направлению 03.04.02 Физика любой направленности**

1. Идеальная жидкость. Линия и трубка тока. Уравнение непрерывности. Уравнение Бернулли. Динамическое и статическое давление.
2. Погрешности измерения физических величин. Метод анализа размерностей.
3. Преобразования Галилея. Принцип относительности Галилея–Ньютона. Релятивистский закон преобразования скоростей.
4. Закон Архимеда. Уравнение гидростатики для несжимаемой жидкости. Уравнение непрерывности.
5. Закон всемирного тяготения. Принцип эквивалентности инертной и гравитационной масс. Потенциальная энергия частицы в гравитационном поле.
6. Законы Ньютона. Закон сохранения импульса.
7. Закон сохранения механической энергии. Система центра масс. Теорема Кенига. Центр масс системы. Теорема о движении центра масс.
8. Реактивное движение. Уравнение Мещерского.
9. Гармонические колебания. Энергия системы, совершающей гармонические колебания. Вынужденные колебания. Резонанс.
10. Закон Гука. Потенциальная энергия пружины. Связь силы и градиента потенциальной энергии.
11. Кинетическая энергия вращения твердого тела. Орбитальный и собственный моменты импульса. Закон сохранения момента импульса. Уравнение динамики вращательного движения.
12. Математический маятник. Уравнение и характеристики движения.
13. Момент инерции твердого тела (кольца и стержня).
14. Закон сохранения заряда. Закон Кулона. Напряженность электрического поля. Принцип суперпозиции. Силовые линии.
15. Поток вектора через поверхность. Теорема Гаусса. Теорема Гаусса в дифференциальной форме. Применение теоремы Гаусса для расчета электрических полей.
16. Проводники в электрическом поле. Генератор Ван-де-Граафа.
17. Потенциальность электростатического поля. Циркуляция вектора. Ротор векторного поля. Потенциал электрического поля. Градиент. Связь потенциала и напряженности поля.
18. Сила Лоренца. Закон Ампера. Сила взаимодействия параллельных проводников с током.
19. Диэлектрики. Электрический дипольный момент молекулы. неполярные молекулы во внешнем электрическом поле. Полярные молекулы во внешнем электрическом поле.
20. Электрический ток. Плотность тока. Закон Ома в дифференциальной форме. Обобщенный закон Ома.
21. Магнитное поле длинного прямолинейного проводника с током. Магнитное поле на оси кольца с током. Магнитное поле в веществе. Парамагнетики и диамагнетики.
22. Движение заряженной частицы в однородном магнитном поле. Движение заряженной частицы в параллельных электрическом и магнитном полях.
23. Экспериментальные факты, лежащие в основе квантовой теории. Волновые и корпускулярные свойства материи. Атом водорода по Бору. Основные постулаты квантовой механики. Чистые и смешанные состояния квантовомеханической системы. Волновая функция, матрица плотности. Принцип неопределенности.
24. Описание эволюции квантовомеханических систем. Уравнения Гейзенберга и Шредингера. Стационарные состояния. Линейный квантовый гармонический осциллятор. Энергии и волновые функции стационарных состояний.

25. Прохождение частиц через потенциальный барьер. Туннельный эффект.
26. Угловой момент. Сложение моментов в квантовой механике.
27. Движение в центральном поле. Атом водорода: волновые функции и уровни энергии.

#### **Литература**

1. Д.В. Сивухин «Общий курс физики» (в 5 томах) - М: Физматлит, 2002.
2. И.В. Савельев «Курс общей физики», (в 5 томах) - М: Наука, 1992.
3. А.С. Давыдов, Квантовая механика. М., Физматгиз, 1973.
4. Э.В. Шпольский, Атомная физика, т.1,2. М., Наука, 1974.
5. Л.Д. Ландау, Лифшиц Е.М. Квантовая механика. М., Физматгиз, 1974.
6. А.А. Соколов, И.М. Тернов, Квантовая механика и атомная физика. М., Просвещение, 1970.
7. П.В. Елютин, В.Д. Кривченков, Квантовая механика. М., Наука, 1976.

## 4.2. Дополнительные вопросы для поступающих на направление 03.04.02 Физика

### 4.2.1. Раздел «Теоретическая и математическая физика»:

1. Принцип наименьшего действия. Уравнения Лагранжа.
2. Принцип относительности Галилея. Преобразование Галилея функции Лагранжа взаимодействующих частиц.
3. Однородность времени. Закон сохранения энергии.
4. Однородность пространства. Закон сохранения импульса.
5. Движение в центрально симметричном поле. Закон сохранения момента импульса.
6. Задача Кеплера. Законы Кеплера.
7. Рассеяние частиц. Формула Резерфорда.
8. Малые свободные колебания. Вынужденные колебания, резонанс.
9. Тензор инерции и момент импульса твердого тела. Уравнения движения твердого тела.
10. Преобразования Лежандра. Уравнения Гамильтона.
11. Классический статистический ансамбль: фазовое пространство и функция распределения классического ансамбля.
12. Уравнение Лиувилля.
13. Микроканоническое распределение Гиббса: Принцип (Толмена) равных априорных вероятностей. Статистический вес и энтропия системы. Вычисление термодинамических величин. Вероятность и энтропия (как мера неопределенности состояния системы).
14. Каноническое распределение Гиббса для закрытой системы в термостате: Каноническая статистическая сумма (интеграл) и ее связь со свободной энергией системы. Вычисление термодинамических величин.
15. Вычисление термодинамических величин с помощью большого канонического распределения Гиббса.
16. Квантовые микроканоническое и каноническое распределения.
17. Квантовое большое каноническое распределение.
18. Классический одноатомный идеальный газ.
19. Квантовые одноатомные идеальные газы.
20. Уравнение Больцмана. Вывод уравнения из цепочки Боголюбова.
21. Классическая и квантовая механика. Описание состояния. Волновая функция. Атомизм, ансамбль, квантовые числа. Соотношение неопределенностей.
22. Каноническое квантование. Уравнение Шредингера. Краевые условия. Собственные значения и собственные функции. Дискретные и непрерывные собственные значения. Нормировка собственных функций. Плотность и ток вероятности. Уравнение непрерывности.
23. Классический предел. Уширение волнового пакета. Условие классического движения. Квазиклассика.
24. Одномерное движение. Одномерные ямы. Энергетический спектр. Отражение и прохождение сквозь потенциальный барьер. Квазистационарные состояния.
25. Методы вычислений. Вариационные оценки. Теория возмущений. Вырожденные состояния.
26. Орбитальный момент. Коммутационные соотношения. Сохраняющиеся величины. Операторы  $L_0$ ,  $L_+$ ,  $L_-$ . Собственные значения и собственные функции. Спин. Матрицы Паули. Сложение моментов. Коэффициенты Клебша-Гордона.
27. Центрально-симметричное поле. Задача двух тел. Система центра инерции. Радиальное уравнение. Краевые условия. Гармонический осциллятор в  $R^3$ . Потенциал Кулона. Потенциал Юкавы.
28. Теория рассеяния. Рассеяние в классической и квантовой механике. Амплитуда рассеяния и S-матрица. Фазы рассеяния. Аналитические свойства S-матрицы.

29. Борновское приближение. Рассеяние медленных и быстрых частиц. Рассеяние в кулоновском поле. Эйкональное приближение.
30. Резонансное рассеяние. Квазистационарные (нестабильные) состояния и их распад.

### Литература

1. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц, Механика, Наука, 1988.
2. Г. Голдстейн, Классическая механика, Наука, 1975.
3. Ю.Г. Павленко, Лекции по теоретической механике, изд-во МГУ, 1991.
4. В.И. Арнольд, Математические методы классической механики, М. Изд-во «Едиториал-УРСС», 2003.
5. Базаров И.П., Геворкян Э.В., Николаев П.Н. Термодинамика и статистическая физика. (1986).
6. Базаров И.П., Геворкян Э.В., Николаев П.Н. Неравновесная термодинамика и физическая кинетика. (1989)
7. Квасников И.А. Термодинамика и статистическая физика: Теория равновесных систем, Том 1, 2, 3. МГУ, 2003.
8. Кубо Р. Статистическая механика. М.: Мир, 1967.
9. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Том V, Статистическая физика. М.: Наука, 1976.
10. Д.И. Блохинцев, Основы квантовой механики, (любое издание).
11. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц, Квантовая механика, (любое издание).
12. А.И. Базь, Я.Б. Зельдович, А.М. Переломов, Рассеяние, реакции и распады в нерелятивистской квантовой механике, Наука, Москва, 1971.

#### 4.2.2. Раздел «Физика атомного ядра и элементарных частиц»

1. Основные свойства атомных ядер. Опыт Резерфорда. Размеры ядер. Ядро как совокупность протонов и нейтронов. Распределение заряда в ядре. Масса и энергия связи ядра. Стабильные и радиоактивные ядра. Квантовые характеристики ядерных состояний. Спин ядра.
2. Радиоактивность. Закон радиоактивного распада. Статистический характер распада. Искусственная радиоактивность. Виды распада. Альфа-распад. Туннельный эффект. Зависимость периода альфа-распада от энергии альфа-частиц.
3. Бета-распад. Экспериментальное доказательство существования нейтрино. Разрешенные и запрещенные бета-переходы. Несохранение четности в бета-распаде.
4. Гамма-излучение ядер. Электрические и магнитные переходы. Ядерная изомерия. Внутренняя конверсия. Эффект Месбауэра.
5. Нуклон - нуклонное взаимодействие и свойства ядерных сил. Система двух нуклонов. Дейтрон - связанное состояние в  $n$ - $p$  системе. Тензорный характер ядерных сил. Зарядовая независимость ядерных сил. Изоспин. Обменный характер ядерных сил. Мезонная теория нуклон-нуклонного взаимодействия.
6. Модели атомных ядер. Микроскопические и коллективные модели. Модель Ферми-газа. Физическое обоснование оболочечной модели. Потенциал среднего ядерного поля. Спин-орбитальное взаимодействие. Одночастичные состояния в ядерном потенциале.
7. Коллективные свойства ядер. Модель жидкой капли. Полуэмпирическая формула энергии связи ядра. Деформация ядер. Колебательные и вращательные состояния ядер.
8. Ядерные реакции. Методы изучения ядерных реакций. Детекторы частиц. Принципы работы ускорителей. Сечения реакций. Каналы реакций. Законы сохранения в ядерных реакциях.
9. Кинематика ядерных реакций. Механизмы ядерных реакций. Модель составного ядра. Резонансные ядерные реакции. Формула Брейта - Вигнера.
10. Прямые ядерные реакции. Оптическая модель ядра.
11. Взаимодействие фотонов и электронов с ядрами.
12. Деление ядер. Деление изотопов урана нейтронами. Цепная реакция деления. Ядерные взрывы. Ядерные реакторы. Реакции синтеза легких ядер. Термоядерная энергия.
13. Трансурановые элементы. Сверхтяжелые ядра.
14. Взаимодействие ядерного излучения с веществом. Взаимодействие заряженных частиц со средой. Потери энергии на ионизацию и возбуждение атомов. Пробеги заряженных частиц.
15. Взаимодействие нейтронов с веществом. Замедление нейтронов. Прохождение гамма-излучения через вещество. Биологическое действие излучения и защита от него.
16. Современные астрофизические представления. Эволюция и состав Вселенной. Реликтовое излучение. Космологический нуклеосинтез в горячей Вселенной. Нуклеосинтез в звездах. Распространенность химических элементов. Нейтринная астрономия. Сверхновые. Нейтронные звезды. Черные дыры. Космические лучи.
17. Частицы и взаимодействия. Четыре типа фундаментальных взаимодействий. Константы и радиусы взаимодействия. Принципы описания взаимодействия частиц в квантовой теории поля. Переносчики взаимодействия. Понятие о диаграммах Фейнмана.
18. Основные характеристики частиц. Классификация частиц. Калибровочные бозоны, лептоны и адроны. Фундаментальные частицы. Квантовые числа частиц и законы сохранения. Античастицы.

19. Эксперименты в физике высоких энергий. Экспериментальные методы в физике высоких энергий. Ускорители. Встречные пучки. Пучки вторичных частиц. Детекторы. Реакции с частицами. Взаимодействия и распады частиц.
20. Электромагнитные взаимодействия. Основные свойства электромагнитного взаимодействия. Испускание и поглощение фотонов. Упругое рассеяние электронов. Формула Мотта. Формфакторы нуклонов и частиц.
21. Сильные взаимодействия. Классификация адронов. Барионы и мезоны. Супермультиплеты адронов. Странность и другие адронные квантовые числа. Глубоконеупругие процессы. Кварки. Глюоны. Кварковая модель адронов. Цвет кварков и глюонов. Потенциал сильного взаимодействия. Асимптотическая свобода и невылетание кварков (конфайнмент).
22. Слабые взаимодействия. Основные характеристики слабого взаимодействия. Распады мюона и тау-лептона. Лептоны и лептонные квантовые числа. Промежуточные бозоны  $W^+$ ,  $W^-$ ,  $Z$ . Законы сохранения в слабых взаимодействиях. Слабые распады лептонов и кварков. Нейтрино и антинейтрино. Взаимодействие нейтрино с веществом.
23. Дискретные симметрии. Симметрии и законы сохранения. Пространственная инверсия. Зарядовое сопряжение. Обращение времени. Несохранение пространственной и зарядовой четности в слабых взаимодействиях. СРТ - инвариантность. Экспериментальная проверка инвариантности различных типов фундаментальных взаимодействий. CP - преобразование.  $K^0$  - мезоны. Нарушение CP- симметрии в распаде  $K^0$  - мезонов.

#### Литература

1. К.Н. Мухин. "Экспериментальная ядерная физика", т.1,2, М., Энергоатомиздат. 1993.
2. Ю.М. Широков и Н.П. Юдин. Ядерная физика. М.: Наука, 1972.
3. И.М. Капитонов. Введение в физику ядра и частиц. М.: МГУ, 2000
4. Б.С. Ишханов, И.М. Капитонов, Н. П. Юдин. "Частицы и атомные ядра", М., МГУ 2005.
5. Б.С. Ишханов, И.М. Капитонов, И.А. Тутынь. "Нуклеосинтез во Вселенной", М., Изд. МГУ, 1999.
6. Б.С. Ишханов, И.М. Капитонов, Н. П. Юдин. "Частицы и атомные ядра", М., МГУ 2005.
7. Л. Валантэн. Субатомная физика: Ядра и частицы. В двух томах. М.: Мир, 1986.
8. Г. Фрауэнфельдер, Э. Хенли. Субатомная физика. М.: Мир, 1979.
9. К. Готтфрид, В.Вайскопф. "Концепции физики элементарных частиц", М., Мир, 1988.
10. А. Любимов, Д. Киш. "Введение в эксперим. физику частиц", Дубна, Изд. ОИЯИ, 1999.
11. Ф. Бопп. "Введение в физику ядра, адронов и элементарных частиц", М., Мир, 1999.

### 4.2.3. Раздел «Физика наноструктур и наноматериалов»

#### Квантовая физика и физика твердого тела

1. Тепловое излучение. Формула Стефана-Больцмана. Закон Кирхгофа. Правило смещения Вина. Формула Вина. Формула Рэлея-Джинса. Формула Планка.
2. Квантовая теория света. Фотоэффект. Уравнение Эйнштейна. Рентгеновское излучение. Эффект Комптона.
3. Уровни энергии атомов и спектры. Опыты Франка-Герца. Атом Бора.
4. Гипотеза де Бройля. Волна де Бройля. Эксперимент Дэвиссона и Джермера.
5. Вероятностная интерпретация волновой функции. Условие нормировки волновой функции. Принцип суперпозиции состояний.
6. Операторы физических величин в квантовой механике. Собственные функции и собственные значения. Операторы координаты, импульса, момента импульса и гамильтониан. Коммутационные соотношения.
7. Постулаты квантовой механики. Вычисление средних значений динамических переменных.
8. Соотношения неопределенностей Гейзенберга. Интерпретация соотношений неопределенностей.
9. Стационарное и нестационарное уравнение Шредингера. Плотность заряда и плотность потока.
10. Частица в прямоугольной потенциальной яме. Энергетический спектр.
11. Линейный гармонический осциллятор. Квантование энергии.
12. Прохождение микрочастиц через потенциальный барьер. Туннельный эффект.
13. Энергетические уровни электронов в водородоподобном атоме. Квантовые числа и степень вырождения электронных состояний. Спектры щелочных металлов.
14. Спин электрона. Опыты Штерна и Герлаха. Полный механический и полный магнитный моменты электрона. Спин-орбитальное взаимодействие. Тонкая структура спектральных линий.
15. Принцип Паули. Правила Хунда. Электронные оболочки атома. Периодическая система элементов Менделеева. Характеристические рентгеновские спектры. Закон Мозли.
16. Атом во внешних полях. Эффект Зеемана. Эффект Пашена-Бака. Эффект Штарка.
17. Характеристики атомных ядер. Масса и энергия связи ядра. Ядерные силы и модели ядер. Радиоактивность. Эффект Мёссбауэра. Реакции деления и слияния ядер.
18. Кристаллическая структура и кристаллическая решетка. Решетка Бравэ, индексы Миллера. Ячейка Вигнера-Зейтца. Интерференционные условия Брэгга и Лауэ.
19. Уравнение Шредингера для кристалла. Приближение сильно связанных электронов.
20. Граничные условия Кармана-Борна для электрона в кристаллических структурах. Зоны Бриллюэна. Число состояний электронов в энергетической зоне.
21. Движение электрона в постоянном магнитном поле: траектория движения, циклотронная эффективная масса. Квантование энергии электрона в магнитном поле. Уровни Ландау.
22. Эффективная масса носителей заряда. Метод эффективной массы. Циклотронный резонанс. Эффект Холла.
23. Колебания одномерной одноатомной и двухатомной решеток. Акустические и оптические ветви колебаний.
24. Фононы. Температура Дебая. Колебания атомов трехмерной решетки.
25. Экспериментальные данные по теплоемкости твердых тел. Теплоемкость кристаллической решетки. Теории Эйнштейна и Дебая. Температурная зависимость теплоемкости твердых тел.
26. Механизмы рекомбинации в твердых телах.
27. Термоэлектрические явления в полупроводниках. Эффект Зеебека. Термоэдс (эффект Томсона). Эффект Пельтье.

28. Электрические и магнитные свойства сверхпроводников. Уравнения Лондонов.
29. Термодинамика перехода в сверхпроводящее состояние. Квантование магнитного потока.
30. Теория Гинзбурга-Ландау.
31. Энергия границы между сверхпроводящей и нормальной фазой. Сверхпроводники I и II рода.
32. Стационарный и нестационарный эффект Джозефсона.

### **Физика наноструктур и наноматериалов**

1. Физико-химические особенности наноструктурных материалов.
2. Размерная зависимость физических свойств наноматериалов (фазовые превращения, кинетические, электрические, магнитные, механические свойства).
3. Способы получения наноматериалов (методы диспергирования и методы агрегации).
4. Методы синтеза (литография, эпитаксия, химический синтез, самосборка, нанофабрикация).
5. Виды наноматериалов, их свойства и применение.
6. Влияние наноструктурирования объемного материала на магнитные свойства.
7. Нанопоры в магнитных частицах. Ферромагнитные жидкости.
8. Материалы с гигантским магнитосопротивлением.
9. Структура фуллерена C<sub>60</sub> и его физико-химические свойства. Применение.
10. Углеродные нанотрубки. Методы получения. Структура. Механические свойства. Электрические свойства. Применение углеродных нанотрубок.
11. Физико-химические свойства графена и его применения.
12. Квантовые ямы, квантовые проволоки.
13. Квантовые точки, флюоресценция.
14. Биологические наноструктуры (белки, мицеллы и везикулы).
15. Нанодиагностика, наноконтейнеры для доставки лекарств, нанобиосенсоры.
16. Наномашины и наноприборы (МЭМС, НЭМС).
17. Атомные кластеры: определение, виды, способы получения. Использование атомных кластеров в нанотехнологиях.
18. Виды квантового транспорта.

### **Литература**

1. Ефимов Г.В. Квантовая механика (избранные главы): Учебное пособие / Ефимов Гарий Владимирович. - Дубна: ОИЯИ, 2012.
2. Блохинцев Д.И. Основы квантовой механики: Учебное пособие / Блохинцев Дмитрий Иванович. - 7-е изд., стер. - СПб.: Лань, 2004.
3. Неволин В.К. Квантовая физика и нанотехнологии / Неволин Владимир Кириллович. - М.: Техносфера, 2011.
4. Фейнман Р. Фейнмановские лекции по физике. Т.7 : Физика сплошных сред / Фейнман Ричард Филлипс, Лейтон Роберт Б., Сэндс Мэтью; Пер.с англ. А.В.Ефремова, Ю.А.Симонова; Под ред. Я.А.Сморозинского. - 7-е изд. - М.: УРСС: ЛИБРОКОМ, 2015.
5. Гуртов В.А. Физика твердого тела для инженеров: Учебное пособие для вузов / Гуртов Валерий Алексеевич, Осауленко Роман Николаевич; Науч.ред. Л.А.Алешинной. - 2-е изд., испр.и доп. - М.: Техносфера, 2012.
6. Епифанов Г.И. Физика твердого тела: Учебное пособие / Епифанов Г.И. - 4-е изд., стер. - СПб.: Лань, 2011.
7. Пул Ч.П.,мл. Нанотехнологии: Учебное пособие для вузов / Пул Чарлз П.,мл., Оуэнс Фрэнк Дж.; Пер.с англ. под ред. Ю.И.Головина. - 5-е изд., испр.и доп. - М.: Техносфера, 2010.
8. Методы получения и свойства нанообъектов: Учебное пособие / Минько Нина Ивановна, Строкова Валерия Валерьевна, Жерновский Игорь Владимирович, Нарцев

- Владимир Михайлович; Рец. П.Г.Комохов, Е.И.Евтушенко. - М.: Флинта: Наука, 2009.
9. Старостин В.В. Материалы и методы нанотехнологии: Учебное пособие / Старостин Виктор Васильевич; Под ред. Л.Н.Патрикеева; Рец. А.А.Евдокимов. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008.
  10. А.Хилл Наноструктурные материалы. // Мир материалов и технологий. М., ТЕХНОСФЕРА, 2009.
  11. Н.И. Минько и др. Методы получения и свойства нанообъектов. М., Флинта: Наука, 2009.

#### **4.2.4. Раздел «Радиационная биофизика и астробиология»**

1. Предмет и задачи радиационной биологии. Радиационная химия воды. Прямое и косвенное действие ионизирующих излучений. Соотношение прямого и косвенного действия ионизирующего излучения на клетки организма.
2. Повреждения ДНК при действии ионизирующей радиации (повреждения оснований, одно- и двунитевые разрывы, АП сайты, сшивки, кластерные повреждения) и УФ-света.
3. Повреждения ДНК при действии алкилирующих и фотосенсибилизирующих агентов. Мутагены, вызывающие дезаминирование оснований ДНК.
4. Типы репарационных процессов. Фотореактивация.
5. Ферменты, участвующие в репарации ДНК: репарационные эндонуклеазы, ДНК-N-глицозилазы, ДНК-полимеразы, экзонуклеазы, полинуклеотидлигаза (свойства, механизмы действия).
6. Механизм репарации однонитевых разрывов ДНК: сверхбыстрая, быстрая и медленная репарации. Генетический контроль, основные ферменты.
7. Механизм эксцизионной репарации. Основные этапы и генетический контроль. Репарация короткими и длинными фрагментами.
8. SOS-репарация.
9. Механизм пострепликативной репарации. Генетический контроль процесса рекомбинации и пострепликативной репарации.
10. Роль клеточного ядра и цитоплазмы в клеточной радиочувствительности. Задержка клеточного деления. Радиочувствительность клеток на разных стадиях клеточного цикла. Формы клеточной гибели.
11. Кривые выживания клеток. Количественные характеристики кривых выживания. Средняя летальная доза, экстраполяционное число. Механизмы, определяющие наклон и «плечо» кривых выживания.
12. Математические модели кривых выживания: классические модели, стохастическая модель, вероятностная модель, репарационные модели, молекулярные модели, модели, учитывающие влияние качества излучения, биофизическая модель.
13. Мутагенное действие излучений. Типы мутаций. Премутационные повреждения. Особенности мутагенного действия излучений на клетки прокариот. Количественные закономерности мутагенного действия излучений.
14. Механизмы репаративного мутагенеза. Мутагенные и немутагенные пути репарации. Механизмы репликативного мутагенеза. Мутатест, SOS-хроматест, люкс-тест, ламбда-тест.
15. Мутагенное действие излучений на клетки эукариот. Цитогенетические эффекты облучения. Типы хромосомных и хроматидных aberrаций. Количественные закономерности цитогенетического действия излучений. Методы изучения цитогенетических нарушений при облучении (анафазный, метафазный методы, FISH-техника).
16. Относительная биологическая эффективность (ОБЭ) излучений. Методы оценки ОБЭ и её связь с линейной передачей энергии (ЛПЭ). Типы зависимостей ОБЭ(ЛПЭ). Влияние факторов физической и биологической природы на величину ОБЭ излучений. Современные представления о природе ОБЭ.

17. Особенности мутагенного действия плотноионизирующих излучений. Закономерности мутагенного действия тяжелых заряженных частиц на клетки прокариот. Цитогенетические эффекты плотноионизирующих излучений.
18. Кислородный эффект (КО) при облучении. Закономерности проявления кислородного эффекта. Роль репарации ДНК в проявлении КО. Зависимость КО от ЛПЭ излучений. Основные гипотезы, объясняющие КЭ. Кислородный эффект в терапии злокачественных опухолей.
19. Химические радиопротекторы и радиосенсибилизаторы. Основные типы радиопротекторов. Механизмы защитного действия сульфгидрильных соединений, индолилалкиламинов и многоатомных спиртов на клетки. Защитное действие радиопротекторов на организм. Особенности действия аноксических радиосенсибилизаторов. Практическое использование радиосенсибилизаторов.
20. Радиочувствительность тканей, органов, организма. Радиационные синдромы. Особенности действия радиации на костный мозг и желудочно-кишечный тракт. Радиочувствительность организма. Лучевая болезнь человека. Острая лучевая болезнь. Фазы лучевой болезни. Хроническая лучевая болезнь. Механизм отдаленных последствий облучения. Применение ионизирующих излучений в медицине. Радиация и космос.
21. Космическое излучение. Состав КИ, защитные свойства магнитосферы и атмосферы Земли. Антропогенные радионуклиды. Категории антропогенного радиационного фона. Смирнова
22. Виды радиационного мониторинга.
23. Космогенные радионуклиды. Первичные радионуклиды в земной коре и океане.
24. Виды облучения. Пути поступления радионуклидов в организм.
25. Формирование дозы космического излучения вблизи поверхности Земли. Широтная и высотная зависимости дозы излучения.

#### Литература:

1. Ярмоненко С.П. Радиобиология человека и животных. М., Высшая школа, 2004.
2. Ярмоненко С.П., Коноплянников А.Г., Вайнсон А.А. Клиническая радиобиология. М., Медицина, 1992.
3. Кудряшов Ю.Б. «Радиационная биофизика» М., Физматлит, 2004
4. Красавин Е.А. Проблема ОБЭ и репарация ДНК. М., Энергоатомиздат, 1989.
5. Красавин Е.А., Козубек С. Мутагенное действие излучений с разной ЛПЭ. М., Энергоатомиздат, 1991.
6. Тимофеев-Ресовский Н.В., Иванов В.И., Корогодин В.И. Применение принципа попадания в радиобиологии. М., Атомиздат, 1968.
7. Стент Г. Молекулярная генетика. М., Мир, 1974.
8. Жестяников В.Д. Репарация ДНК и её биологическое значение, Л., Наука, 1979.
9. В.К. Сахаров. Радиэкология. М.: Издательство "Лань", 2006, стр. 22-47.
10. Цикл лекций Тимошенко Г.Н. по курсу «Охрана окружающей среды», доступный в электронном виде на сайте кафедры "Биофизика" [http://lrb.jinr.ru/kafedra/html/for\\_students/for\\_students.shtml](http://lrb.jinr.ru/kafedra/html/for_students/for_students.shtml)
11. О.А. Барсуков, К.А. Барсуков. Радиационная экология. М.: Научный мир, 2003
12. В.Ф. Козлов. Справочник по радиационной безопасности. М.: Энергоатомиздат, 1987.
13. А.М. Кузин. Природный радиоактивный фон и его значение для биосферы Земли. М.: Наука, 1991, стр. 7- 65.
14. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99): Гигиенические нормативы СП 2.6.1.758-99. М.: Центр санитарно-эпидемиологического нормирования, гигиенической сертификации и экспертизы Минздрава России, 1999.

15. Охрана окружающей среды при обезвреживании радиоактивных отходов. М.: Энергоатомиздат, 1989
16. В.В. Бадяев, Ю.А. Егоров, С.В. Казаков. Охрана окружающей среды при эксплуатации АЭС. М.: Энергоатомиздат, 1990, стр. 5- 71
17. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности ОСПОРБ-99. М.: НКП "Апрохим", 2000
18. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности ОСПОРБ-99. М.: НКП "Апрохим", 2000.
19. Руководство по методам контроля за радиоактивностью окружающей среды. Под ред.И.А. Соболева, Е.Н. Беляева, М.: "Медицина", 2002, стр. 15-25, 37-47, 85-101.

#### **4.2.5 Раздел «Электроника и автоматика физических установок»**

##### **Приборы и устройства микроэлектроники**

1. Классификация диодов. Устройство диодов. Параметры и характеристики диодов. Выпрямительные диоды. Диоды типа р-і-п. Поликристаллические диоды. Точечные диоды. Диоды с барьером Шотки.
2. Классификация транзисторов. Устройство биполярного транзистора. Принцип работы биполярных транзисторов. Параметры биполярного транзистора. Характеристики биполярного транзистора. Схемы включения биполярного транзистора.
3. Дрейфовые транзисторы. Бездрейфовые транзисторы. Однопереходные транзисторы. Лавинные транзисторы.
4. Классификация полевых транзисторов. Параметры полевых транзисторов. Характеристики полевых транзисторов. Принцип работы полевых транзисторов. Схемы включения полевых транзисторов. Примеры применения полевых транзисторов.
5. Классификация тиристоров. Параметры тиристоров. Характеристики тиристоров. Принцип работы тиристоров. Схемные примеры применения тиристоров.
6. Классификация фотоэлементов. Принцип работы фотоэлементов. Параметры фотоэлементов. Характеристики фотоэлементов. Схемные примеры применения фотоэлементов.
7. Классификация усилителей. Параметры усилителей. Характеристики усилителей. Принципы построения усилительных схем. Режимы работы усилителей. Обратная связь в усилителях. Усилители напряжения. Усилители тока. Усилители мощности. Схемные примеры усилителей.
8. Классификация генераторов на транзисторах. Схема мультивибратора. Схема ждущего мультивибратора. Схема блокинг-генератора. Схема генератора синусоидальных колебаний.
9. Инвертирующий интегральный усилитель. Неинвертирующий интегральный усилитель. Электрический фильтр на интегральном усилителе. Компараторы на усилителях.
10. Интегрирующие усилители. Дифференцирующие усилители.
11. Классификация, параметры и характеристики первичных преобразователей неэлектрических величин. Схемы включения датчиков. Согласование выходов преобразователей с входом измерительной цепи.
12. Резисторные преобразователи. Индуктивные преобразователи. Ёмкостные преобразователи. Электролитические преобразователи. Фотоэлектрические преобразователи. Пьезоэлектрические преобразователи.
13. Гальванические преобразователи. Индукционные преобразователи. Термопары. Вентильные преобразователи. Построение функциональных датчиков на основе преобразователей.

14. Роль цифровых устройств в технике физического эксперимента. Модули, предназначенные для первичной обработки сигналов.
15. Коэффициент разветвления по выходу, объединение выходов микросхем, входы цифровых микросхем, Уровни напряжения логических схем.
16. Арифметические операции над числами в двоичном коде. Операция Исключающее ИЛИ.
17. Элементы И, И-НЕ, ИЛИ, ИЛИ-НЕ. Работа элементов для отрицательной логики. Причины появления короткого импульса на выходе элемента 2И-НЕ
18. Объяснить работу инвертора и триггера Шмитта с искаженным входным сигналом. Формирователь импульса начальной установки по включению питания.
19. Стандартное включение шифратора и мультиплексора.
20. Применение одновибраторов. Использование одновибратора для подавления дребезга контактов кнопки. Генератор импульсов на двух одновибраторах.
21. Принцип работы и разновидности триггеров. Использование триггера в качестве флага процесса.
22. Дать определение схем регистров. Регистры, срабатывающие по фронту. Регистры, срабатывающие по уровню.
23. Определение сдвигового регистра. Типы сдвиговых регистров.
24. Организация последовательной передачи информации с помощью регистров сдвига.
25. Создание линии задержки входного сигнала на регистре сдвига.
26. Асинхронные счетчики. Делитель частоты на 10, выдающий меандр.
27. Синхронные счетчики. Основные отличия в работе синхронных счетчиков от асинхронных.
28. Принципы работы формирователя временного интервала и формирователя импульса заданной длительности.
29. Использование ПЗУ в качестве универсальной комбинационной микросхемы.
30. Алгоритмы работы микропрограммного автомата на ПЗУ.

#### Литература:

1. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники: В 3-х томах, 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Мир, 1993 г.
2. Палий А. В. , Саенко А. В. , Замков Е. Т. Схемотехника электронных средств: учебное пособие, Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2016, Объем: 95 стр., ISBN: 978-5-9275-2128-9  
[http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_red&id=493263](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=493263)
3. Галочкин В.А. Схемотехника аналоговых и цифровых устройств Учебное пособие. — Под редакцией Елисеева С.Н. — Самара: ПГУТИ, 2016. — 441 с. — ISBN 978-5-904029-51-7.
4. Попков О.З. Основы преобразовательной техники: Учебное пособие для вузов / Попков Олег Захарович; Рец. В.П.Феоктистов, В.В.Москаленко. - 3-е изд., стер. - М.: Издательский дом МЭИ, 2010. - 200с.

#### Физические установки

1. Общее уравнение движения заряженных частиц в электромагнитном поле.
2. Закон сохранения энергии при движении заряженных частицы в электромагнитном и магнитном поле.
3. Движение заряженной частицы в продольном магнитном поле.
4. Электростатическая аксиальная линза.
5. Магнитная линза азимутального поля.
6. Уравнение движения частицы в аксиально-симметричном поле.
7. Условие существования равновесной орбиты в бетатроне.
8. Электронно-лучевая трубка.

9. Распространение электромагнитной волны в волноводе, 2 типа волн, фазовая и групповая скорости в диспергирующей среде.
10. Электромагнитная волна в резонаторе, стоячая волна, поле в резонаторе.
11. Волноводы и резонаторы. Триод, лучевой тетрод, пентод.
12. Рассеяние электромагнитных волн, запаздывающие потенциалы.
13. Дипольное излучение, антенны, проволочные антенны, точечный диполь.
14. Вибраторы и антенны.
15. Ламповые ВЧ и СВЧ - системы: клистроны, магнетроны, волновые лампы.
16. Эмиттанс пучка.
17. Дисперсия частиц пучка.
18. Назначение и общие принципы действия ускорителей заряженных частиц.
19. Принцип автофазировки в ускорительной физике.
20. Заряд и масса частиц пучка, энергия (импульс) частиц, размеры пучка. Трехмерный эмиттанс. Нормальный эмиттанс.
21. Слабая и сильная фокусировки в ускорителях.
22. Светимость ускорителя. Ограничение интенсивности ускорителя.
23. Генерация синхротронного излучения. Виглеры и ондуляторы.
24. Лазер на свободных электронах. Излучение из виглера, излучение из ондулятора.
25. Классификация ускорителей.
26. Принципы построения экспериментальных установок в релятивистской ядерной физике.
27. Источники заряженных частиц для ускорителей. Электронные пушки. Ионные источники.
28. Физические основы детектирования заряженных частиц.
29. Детектирование нейтронов и фотонов.
30. Детектирование нейтрино.

#### **Литература:**

1. Малахов А.И. Люди высоких энергий: Документальная повесть. /Малахов Александр Иванович/ - М: Академика, 2016. -253с ISBN 978-5-4225-0107-6
2. Солонин В.И. Ядерные реакторные установки. Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010 г. [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_red&id=340457&sr=1](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=340457&sr=1)
3. Датчики и детекторы физико-энергетических установок: Учебное пособие / Королев С.А., Михеев В.П. - М.:НИЯУ "МИФИ", 2011. - 232 с. ISBN 978-5-7262-1547-1 <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=563195>
4. Рухадзе А.А. Физика сильноточных релятивистских электронных пучков. /Рухадзе Анри Амвросиевич [и др.]: Под ред. А.А.Рухадзе. -2-е изд. доп. -М.: Ленанд, 2016.-200с, ISBN 978-5-9710-3375-2