

Программа
вступительного испытания по специальной дисциплине
в аспирантуре НИЦ «Курчатовский институт»
по группе научных специальностей
1.3. Физические науки
1.3.21. Медицинская физика

1. Общие положения

1.1. Данная программа предназначена для подготовки к вступительным испытаниям в аспирантуру по специальной дисциплине. Программа вступительных испытаний в аспирантуру подготовлена в соответствии с федеральными государственными образовательными стандартами высшего образования (уровень магистра или специалиста).

Экзамен проводится с целью выявления у поступающего объёма научных знаний, научно-исследовательских компетенций, навыков системного и критического мышления, необходимых для обучения в аспирантуре. Поступающий должен показать профессиональное владение теорией и практикой в предметной области, продемонстрировать умение вести научную дискуссию.

1.2. Программой устанавливается:

форма, структура, процедура сдачи вступительного испытания;

шкала оценивания;

максимальное и минимальное количество баллов для успешного прохождения вступительного испытания;

критерии оценки ответов.

1.3. Вступительное испытание проводится на русском языке.

1.4. Организация и проведение вступительного испытания осуществляется в соответствии с Правилами приема, утвержденными приказом НИЦ «Курчатовский институт».

1.5. По результатам вступительного испытания, поступающий имеет право подать на апелляцию о нарушении, по мнению поступающего, установленного порядка проведения вступительного испытания и (или) о несогласии с полученной оценкой результатов вступительного испытания в порядке, установленном

Правилами приема, действующими на текущий год поступления.

2. Форма, процедура проведения и шкала оценивания вступительного испытания

2.1. Вступительное испытание проводится в форме экзамена на основе билетов. Экзамен проходит в устной форме. Подготовка к ответу составляет 1 астрономический час (60 минут) без перерыва с момента раздачи билетов. Ответ на билет оценивается от 0 до 10 баллов в зависимости от полноты и правильности ответов.

Билет включает в себя два вопроса по общефизическим дисциплинам, один вопрос по дисциплине специализации – Медицинская физика.

Вопросы по общей физике охватывают следующие темы: колебания и волны, основы молекулярной физики, термодинамики, оптики, а также квантовой и ядерной физики.

Вопросы по специализации включают в себя вопросы по научной специальности 1.3.21. Медицинская физика.

В случае проведения экзамена в дистанционном формате вступительное испытание проводится в режиме видеоконференцсвязи.

2.2. Экзамен по специальной дисциплине оценивается по 10-балльной шкале. Минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания по специальной дисциплине, устанавливается равным 4 баллам.

Шкала оценивания

Оценка, баллы	Уровень подготовленности, характеризуемый оценкой
9-10	Поступающий уверенно владеет материалом, приводит точные формулировки теорем, процессов и явлений, и других утверждений, сопровождает их строгими и полными доказательствами, уверенно отвечает на дополнительные вопросы программы вступительного испытания.
6-8	Поступающий владеет материалом, приводит точные формулировки теорем, процессов и явлений, и других утверждений, сопровождает их доказательствами, в которых допускает отдельные неточности.

	Отвечает на большинство дополнительных вопросов по программе вступительного испытания.
4-5	Поступающий знаком с основным материалом программы, приводит формулировки теорем, процессов и явлений, и других утверждений, но допускает некоторые неточности, сопровождает их доказательствами, в которых допускает погрешности либо описывает основную схему доказательств без указания деталей. Отвечает на дополнительные вопросы по программе вступительного испытания, допуская отдельные неточности.
0-3	Поступающий не владеет основным материалом программы, не знаком с основными понятиями, не способен приводить формулировки теорем, процессов и явлений, и других утверждений, не умеет доказывать теоремы и другие утверждения, не знает даже схемы доказательств. Не отвечает на большинство дополнительных вопросов по программе вступительного испытания.

3. Вопросы к экзамену

3.1. Вопросы по общефизическим дисциплинам

Колебания, основы молекулярной физики и термодинамика

1.1. Свободные колебания системы без трения. Математический маятник. Физический маятник. Сложение гармонических колебаний одного направления. Биения. Затухающие колебания. Вынужденные колебания. Резонанс.

1.2. Различные формы записи уравнения состояния идеального газа. Уравнение адиабаты идеального газа. Работа, совершаемая идеальным газом при политропическом и адиабатическом процессе. Физический смысл энтропии идеального газа.

1.3. Число ударов молекул газа о стенку. Газокинетический вывод выражения для давления газа на стенку. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории газов.

1.4. Распределение Максвелла. Наиболее вероятная скорость молекул, средняя арифметическая и средняя квадратичная скорости молекул. Распределение Больцмана. Распределение молекул по координатам. Барометрическая формула.

1.5. Явления переноса. Диффузия газов. Газокинетический вывод выражения для коэффициента диффузии. Вязкость газов. Газокинетический вывод выражения для коэффициента вязкости. Теплопроводность газов. Газокинетический вывод

выражения для коэффициента теплопроводности.

Электричество и магнетизм

1.6. Линии напряженности электрического поля и эквипотенциальные поверхности. Связь между напряженностью и потенциалом. Работа силы электрического поля. Потенциал. Электрический диполь в однородном и неоднородном поле (вращательный момент, энергия, сила). Дипольный электрический момент системы зарядов. Поле электрического диполя.

1.7. Поле вне и внутри объемно заряженного шара. Поле одной и двух заряженных плоскостей. Емкость. Конденсаторы. Емкость плоского конденсатора. Энергия заряженного конденсатора. Энергия электрического поля. Плотность энергии.

1.8. Сила и плотность тока. Закон Ома и закон Джоуля-Ленца в интегральной и дифференциальной формах. Мощность тока. Удельная тепловая мощность тока. Магнитное поле равномерно движущегося заряда. Сила Лоренца. Сила, действующая на заряд, движущийся в магнитном поле. Эффект Холла. Электромагнитная индукция в движущихся и неподвижных проводниках.

1.9. Закон Био-Савара-Лапласа. Теорема о циркуляции. Поле в центре и на оси кругового тока. Поле бесконечного прямого тока. Контур с током в однородном и неоднородном магнитном поле (вращательный момент, энергия, сила).

1.10. Явление электромагнитной индукции. Правило Ленца. ЭДС индукции. Индуктивность соленоида. Токи замыкания и размыкания. Энергия магнитного поля. Ток смещения. Полный ток. Уравнения Максвелла.

Оптика

1.11. Геометрическая оптика. Законы геометрической оптики. Центрированная оптическая система и ее основные элементы. Построение изображений с помощью линз. Поперечное увеличение оптических приборов. Оптические приборы: глаз, лупа, микроскоп, телескоп.

1.12. Геометрическая оптика как предел волновой. Основные фотометрические

величины: поток света, сила света, яркость, светимость, освещенность, интенсивность света. Спектральная чувствительность глаза.

1.13. Волновое уравнение. Уравнение плоской волны. Эффект Доплера для звуковых и электромагнитных волн.

1.14. Принцип Гюйгенса. Принцип Ферма. Законы отражения и преломления.

1.15. Явление интерференции. Сложение двух электромагнитных волн. Интенсивность суммарной волны. Временная когерентность, длина когерентности на примере опыта Юнга с монохроматическим протяженным источником.

1.16. Способы наблюдения интерференции света (зеркало Ллойда, бипризма и бизеркала Френеля). Интерференционные полосы равного наклона. Интерференционные полосы равной толщины. Простой клин. Кольца Ньютона. Интерференция света на тонких пленках. Просветление оптики.

1.17. Графическое сложение амплитуд. Зоны Френеля. Дифракция Френеля на круглом отверстии и на диске. Дифракция Френеля на щели. Дифракция Фраунгофера на щели.

1.18. Дифракционная решетка. Положение и угловая ширина главных дифракционных максимумов дифракционной решетки. Дисперсия и разрешающая способность дифракционной решетки. Дифракция рентгеновских лучей. Формула Брэгга-Вульфа.

1.19. Спектральные приборы (дифракционные, интерференционные). Основные характеристики спектральных приборов (дисперсия, светосила, разрешающая сила). Интерферометры двухлучевые и многолучевые. Интерферометр Фабри–Перо и его разрешающая способность. Интерферометр Майкельсона. Фурье-спектрометр.

Основы квантовой физики, строения вещества, атомной и ядерной физики

1.20. Экспериментальные законы теплового излучения (Стефана-Больцмана, Вина). Формула Планка. Вывод закона Стефана-Больцмана из формулы Планка.

1.21. Фотоэффект. Уравнение А. Эйнштейна для фотоэффекта. Опыт Боте. Фотоны. Эффект Комптона.

1.22. Постулаты Бора. Опыт Франка и Герца. Элементарная боровская теория водородоподобного атома.

1.23. Гипотеза де-Бройля. Экспериментальные основания квантовой механики.

1.24. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Оценка размеров и минимальной энергии одномерного гармонического осциллятора и водородоподобного атома.

1.25. Уравнение Шредингера. Физический смысл и свойства пси-функции. Частица в одномерной бесконечно глубокой потенциальной яме. Результаты квантовой механики для одномерного гармонического осциллятора и для водородоподобного атома.

1.26. Собственный механический и магнитный моменты электрона. Магнетон Бора. Принцип Паули. Заполнение электронных оболочек атома. Электронные конфигурации.

1.27. Энергетические зоны в твердых телах. Металлы, диэлектрики и полупроводники. Собственные и примесные полупроводники. Электронная и дырочная проводимость.

Литература

1. Базаров И. П. Б 17. Термодинамика: Учебник. 5 е изд., стер. – СПб.: Издательство «Лань», 2010. – 384 с.

2. Молекулярная физика. Матвеев А.Н. М.: Высшая школа, 1981. – 400 с.

3. Савельев И.В. Курс общей физики, в 3-х томах. М.: Наука, 1982.

4. Иродов И.Е. Основные законы электромагнетизма. М.: Высшая школа, 1991.

5. Иродов И.Е. Волновые процессы. М., СПб: Физматлит, 2002.

3.2. Вопросы по научной специальности 1.3.21. Медицинская физика.

1. Физика атомного ядра и элементарных частиц

Состав и характеристики атомного ядра. Масса и энергия связи. Модели атомного ядра. Ядерные силы. Радиоактивность. Законы радиоактивного распада. Ядерные реакции. Методы регистрации элементарных частиц. Действие

ионизирующего излучения на биологические объекты и системы. Механизмы поглощения рентгеновских и гамма-излучений, нейтронов, заряженных частиц биологическими объектами. Экспозиционные и поглощенные дозы излучений.

2. Термодинамика. Фазы и фазовые превращения.

Явления переноса. Физическая кинетика. Явления переноса: диффузия, вязкость и теплопроводность. Особенности явлений переноса в жидкостях и твердых телах. Фазы и фазовые превращения. Условия равновесия фаз. Фазовые диаграммы. Изотермы Ван-дер-Ваальса. Фазовые переходы первого рода. Критическое состояние. Сверхкритическое состояние и сверхкритические флюиды. Фазовые переходы второго рода. Поверхностные и капиллярные явления.

3. Электричество и магнетизм в биомедицине.

Мембранный потенциал. Электрогенные помпы. Потенциал действия. Математическое описание кинетики ионных токов, селективность ионных каналов. Распространение потенциала действия по нервному волокну. Внешние электрические поля тканей и органов. Потенциал электрического поля токового униполю. Потенциал электрического поля, создаваемого конечным токовым диполем. Дипольный эквивалентный электрический генератор сердца. Теория отведений Эйнтховена, генез электрокардиограмм. Электроэнцефалография. Электрические свойства тканей организма. Электропроводность тканей организма для постоянного тока. Закон Ома для электролитов, подвижность ионов. Природа емкостных свойств тканей организма. Импеданс тканей, эквивалентные схемы. Оценка жизнеспособности и патологических изменений тканей и органов по частотной зависимости импеданса и углу сдвига фаз между током и напряжением. Диэлектрическая проницаемость биологических тканей. Дисперсия электрических свойств тканей организма. Действие неионизирующего и излучения (электрических, магнитных и электромагнитных полей) на биологические объекты и системы, ткани живого организма.

4. Основы биофизики и биологии.

Пространственная организация биополимеров. Виды взаимодействий в биологических молекулах. Конформационная энергия и пространственная

организация биополимеров. Уровни структурной организации биополимеров. Взаимодействие макромолекул с растворителем. Состояние воды и гидрофобные взаимодействия в биоструктурах. Фолдинг белка. Особенности пространственной организации белков. Механизмы ферментативного катализа. Особенности пространственной организации и физико-химические свойства ДНК и хроматина. Механизм реакции полимеризации ДНК и его катализ. Репликация и репарация. Транскрипция. Особенности пространственной организации и физико-химические свойства РНК. Механизм синтеза белка. Преобразование энергии в живой клетке. Мембрана как универсальный компонент биологических систем. Избирательная проницаемость биомембран. Жидкостно-мозаичная модель. Мембранные белки. Пассивный и активный транспорт веществ через мембранные структуры клетки.

5. Физические методы исследования и технологии в биологии и медицине.

Оптическая спектроскопия. Абсорбционная спектроскопия в ультрафиолетовой и видимой областях. Спектры поглощения белков. Спектры поглощения нуклеиновых кислот. Флуоресцентная спектроскопия. Инфракрасная спектроскопия. Спектроскопия комбинационного рассеяния. Основы оптической наноскопии. Резонансный перенос энергии (FRET). Круговой дихроизм. Малоугловое рассеяние рентгеновских лучей и нейтронов. Рентгеноструктурный анализ и кристаллография биомолекул. Основные принципы ЯМР-спектроскопии. Применение спектроскопии ЯМР в структурно-динамических исследованиях биомолекул. ЯМР высокого разрешения, импульсные методы ЯМР, методы молекулярной динамики. Электронная микроскопия, криоэлектронная микроскопия и томография. Лазерная спектроскопия, исследования электронно-вращательных спектров, фотохимические методы исследования. Применение спектроскопии ЭПР при исследовании биологических объектов. ЭПР-спектроскопия в исследовании биологических мембран. Методы изучения конформационной подвижности: изотопный обмен, люминесцентные методы, гамма-резонансная спектроскопия. Масс-спектрометрия. Методы ионизации биологических макромолекул. Лазерная десорбция-ионизация из матрицы (MALDI). Ультразвук. Применение ультразвука в

биомедицине. Позитронно-эмиссионная томография.

6. Лазерные технологии для биомедицины.

Основы квантовой электроники и лазерной физики. Лазер и его устройство. Основные лазерные параметры и методы их измерения. Генерация коротких и сверхкоротких импульсов и методы управления параметрами излучения лазеров. Основные нелинейные эффекты в различных средах и их применение. Устройства для управления параметрами лазерного излучения.

Взаимодействие лазерного излучения с биотканями. Лазерный нагрев вещества. Лазерное испарение поверхности. Процессы абсорбции и десорбции в поле лазерного излучения. Лазерная фотохимия, типы фотохимических реакций. Фотоакустические явления. Механизмы лазерного возбуждения звука. Лазероиндуцированная кавитация. Фотоакустическая спектроскопия и микроскопия.

Лазерная фотобиология. Фотобиологические реакции: энергетические (фотосинтез), информационные (зрение), биосинтетические, деструктивно-модифицирующие (фотосенсибилизация, фотоионизация). Лазерная микро- и макродиагностика биомолекул, клеток и биотканей. Лазерная оптико-акустическая томография. Медицинские лазерные технологии.

Основная литература:

1. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т. III. "Электричество". М.: Физматлит, 2004. 654 с.
2. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т. IV "Оптика". М.: Физматлит, 2004. 792 с.
3. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т. V "Атомная и ядерная физика". М.: Физматлит, 2008. 782 с.
4. Савельев И.В. Курс общей физики. Т. II "Электричество и магнетизм. Волны. Оптика". М.: Кнорус, 2012. 570 с.
5. Савельев И.В. Курс общей физики. Т. III "Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц". М.: Кнорус, 2012. 359 с.
6. Литвинов О.С., Горелик В.С. Электромагнитные волны и оптика. М.: Издательство МГТУ им. Н.З. Баумана, 2006. 449 с.
7. Тамм И.Е. Основы теории электричества. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. 615 с.

8. Калашников С.Г. Электричество. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. 624 с.
9. Ландсберг Г.С. Оптика. Изд. 6-е, М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. 848 с.
10. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Электродинамика сплошных сред. М.: Наука, 2001.
11. Звелто О. Принципы лазеров. М.: Мир, 1990.
12. Коротеев Н.И., Шумай И.Л. Физика мощного лазерного излучения. М.: Наука, 1991.
13. Херман Й., Вильгельм Б. Лазеры сверхкоротких световых импульсов. М.: Мир, 1986.
14. Ананьев Ю.А. Оптические резонаторы и лазерные пучки. М.: Наука, 1990.
15. Шен И.Р. Принципы нелинейной оптики. М.: Наука, 1989.
16. Дмитриев В.Г., Тарасов Л.В. Прикладная нелинейная оптика. М.: Радио и связь, 2004.
17. Пихтин А.Н. Оптическая и квантовая электроника. Учебник. М.: Высш. шк., 2001.
18. Ярив А. Введение в оптическую электронику. М.: Высш. шк., 1983.
19. Физика полупроводниковых лазеров / Под ред. Х. Тукумы. М.: Мир, 1989.