

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(МИНОБРНАУКИ РОССИИ)**

7

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

**«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГАОУ ВПО «СПбПУ»)**

«Утверждаю»

**ПРОГРАММА
ГОСУДАРСТВЕННОГО МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОГО ЭКЗАМЕНА**

Направление 03.03.02 «Физика»

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2015**

1. Базовая программа

1.1. Квантовая теория

1. Волновая функция и её свойства. Принцип суперпозиции. Ортогональность, нормировка и полнота функций.
2. Операторы физических величин. Статистические свойства наблюдаемых величин. Средние значения физических величин. Эрмитовы операторы.
3. Уравнение Шредингера. Оператор Гамильтона. Уравнение непрерывности для плотности вероятности.
4. Стационарное уравнение Шредингера. Дискретный и непрерывный спектры энергий.
5. Свободное движение частицы. Оператор импульса. Собственные функции оператора импульса, нормировка функций.
6. Коммутаторы операторов. Одновременная измеримость физических величин. Обобщенное соотношение неопределённости Гейзенберга.
7. Оператор производной по времени. Теорема Эренфеста.
8. Матричная формулировка квантовой механики.
9. Унитарные преобразования. Представления Шредингера и Гейзенберга.
10. Свойства решений стационарного уравнения Шредингера для одномерных ям. Граничные условия.
11. Туннелирование частиц через барьер. Одномерные барьеры.
12. Гармонический осциллятор. Спектр энергии и волновые функции. Полиномы Эрмита.
13. Гармонический осциллятор в операторном виде. Операторы рождения и уничтожения.
14. Движение частицы в периодическом потенциале.
15. Движение в центрально-симметричном поле. Оператор момента импульса. Сферические функции.
16. Атом водорода. Спектр энергии и волновые функции.
17. Возмущения, не зависящие от времени. Теория возмущений для невырожденных уровней. Поправки к энергии и волновой функции.
18. Теория возмущений для вырожденных уровней. Секулярное уравнение.
19. Эффект Штарка. Расщепление уровней атома водорода в электрическом поле.
20. Теория возмущений, зависящих от времени. Вероятности переходов между состояниями.
21. Переходы под действием гармонического возмущения. Золотое правило квантовой механики (правило Ферми).
22. Рассеяние частиц. Амплитуда рассеяния, сечение рассеяния.
23. Сечение рассеяния в борновском приближении. Рассеяние на кулоновском центре, формула Резерфорда.
24. Квазиклассическое приближение. Квазиклассическая волновая функция, граничные условия. Правило квантования Бора-Зоммерфельда.
25. Общий формализм углового момента.
26. Спин частицы. Частица со спином $1/2$, спиноры. Оператор спина, матрицы Паули.
27. Движение электрона в магнитном поле. Уравнение Паули. Уровни Ландау.
28. Тонкая структура уровней атома водорода.
29. Принцип неразличимости тождественных частиц. Симметрия волновой функции по отношению к перестановкам частиц. Бозоны и фермионы. Принцип Паули.
30. Обменное взаимодействие в системе двух электронов.
31. Атом гелия.

Основная литература

1. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. Квантовая механика (нерелятивистская теория) – М.: Наука, 1989

2. А.С. Давыдов. Квантовая механика – М.: Наука, 1973
3. В.Б. Берестецкий, Е.М. Лифшиц, Л.П. Питаевский. Квантовая электродинамика – М.: Наука, 1980

Дополнительная литература

1. Л. Шифф. Квантовая механика – М.: ИЛ, 1959
2. З. Флюгге. Задачи по квантовой механике – М.: Мир, 1974, т. 1 и 2
3. М. Галицкий, Б.М. Карнаков, В.И. Коган. Задачи по квантовой механике – М.: Наука, 1992

1.2. Статистическая физика

1. Принципы статистического описания классических систем. Эргодическая гипотеза, статистические свойства наблюдаемых аддитивных величин, понятие равновесного состояния
2. Теорема Лиувилля, микроканоническое распределение замкнутых систем. Уравнение состояния идеального газа.
3. Энтропия равновесных и неравновесных систем, адиабатическая теорема, энтропия идеального газа, термодинамический предел.
4. Статистическая интерпретация и способы вычисления через число микросостояний интенсивных термодинамических параметров – температура, давление, химический потенциал.
5. Открытые системы с постоянной температурой – каноническое распределение Гиббса. Большое каноническое распределение и большой термодинамический потенциал.
6. Термодинамические следствия канонического распределения, начала термодинамики, их статистическая интерпретация, экстремальный принцип термодинамики.
7. Динамическое равновесие в системах, где идут реакции. Ионизационное равновесие, формула Саха.
8. Вырожденный идеальный газ. Принцип неразличимости тождественных частиц и критерий квантовости газа. Распределение Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна.
9. Уравнение состояния нерелятивистских и релятивистских квантовых газов.
10. Магнитные свойства невырожденного и вырожденного электронного газа.
11. Термодинамические свойства Бозе-газа, конденсация Бозе-Эйнштейна.
12. Равновесное тепловое излучение, термодинамика фотонов.
13. Системы слабовзаимодействующих частиц. Уравнение состояния Ван-дер-Ваальса.

Основная литература

1. Ландау Л.Д. Лифшиц Е.М. Статистическая физика. Части 1 и 2.– М.: Наука, 1995 г.
2. Лифшиц Е.М. Питаевский Л.П. Физическая кинетика. М.: Наука, 1979.
3. Сборник задач по теоретической физике. – Гречко Л.Г., Сугаков В.И., Томасевич О.Ф. и др.- М.: Высшая школа, 1984 г.

Дополнительная литература

1. Квасников И.А. Термодинамика и статистическая физика. Части 1 и 2. Изд. МГУ, 1987 г.
2. Румер Ю.Б., Рывкин М.Ш. Термодинамика, статистическая физика и кинетика. М.:Наука, 1977 г.
3. Ансельм А.И. Основы статистической физики и термодинамики. Изд. Лань, 2007 г.

2. Профильная программа

2.1. Ядерная физика (для магистерских программ «Физика ядра и элементарных частиц» и «Медицинская ядерная физика»)

1. Основные свойства атомных ядер: состав, масса, энергия связи, энергия отделения, заряд, спин, магнитный момент, радиус и форма, квадрупольный электрический момент, четность, статистика, изотопический спин. Свойства ядерных сил.
2. Модели ядер. Гидродинамическая модель. Модель Ферми – газа. Модель оболочек. Обобщенная модель ядра.
3. α - распад. Законы сохранения при α - распаде.
4. β -распад.
5. γ - излучение ядер. Вероятность γ - переходов, мультипольность излучения, правила отбора.
6. Нуклон–нуклонные взаимодействия и ядерные силы. Мезонная теория ядерных сил.
7. Классификация ядерных реакций. Законы сохранения в ядерных реакциях: энергии, импульса, момента количества движения, четности, изоспина.
8. Ядерные реакции с образованием составного ядра.
9. Оптическая модель ядерных реакций.
10. Прямые ядерные реакции.
11. Предравновесные ядерные реакции.
12. Фотоядерные реакции.
13. Деление ядер. Энергия деления, механизм деления, элементарная теория деления. Свойства осколков деления, мгновенные и запаздывающие нейтроны.

Основная литература

1. Экспериментальная ядерная физика [в 3 т.] / Мухин К.Н. — Изд. 6-е, испр. и доп. — СПб, 2008.
2. Широков Ю.М., Юдин Н.П. Ядерная физика. Изд. Наука, 1972.
3. Иродов И.Е. Сборник задач по атомной и ядерной физике. Атомиздат, 2003.

Дополнительная литература

1. Валантен Л. Субатомная физика: ядра и частицы. Том 1,2. М., 2000.
2. Немировский П.Э. Современные модели атомного ядра. Атомиздат, 2002.

2.2. Молекулярная биология клетки (для магистерской программы «Биофизика»)

1. Признаки и уровни организации живого. Строение клеток прокариот и эукариот. Диплоидные и гаплоидные организмы. «Центральная догма» молекулярной биологии.
2. Химическая термодинамика. Энтальпия, энтропия, свободная энергия Гиббса, химический потенциал. Основы кинетики химических реакций. Основные энергетические процессы в биосфере. АТФ. Сопряжение химических реакций.
3. Химический состав клетки. Классы биомолекул. Биополимеры. Методы выделения и фракционирования компонентов клетки (ультрацентрифугирование, хроматография, электрофорез).
4. Нуклеиновые кислоты. Химическое строение, уровни структуры. Тепловая денатурация ДНК. Оптические спектральные свойства нуклеиновых кислот. Фракционирование нуклеиновых кислот.
5. Белки. Химическое строение, уровни структуры. Фолдинг белка. Оптические спектральные свойства белков (поглощение, флуоресценция, оптическая активность).

6. Кислотно-основные свойства белков и нуклеиновых кислот, рН, буферные растворы. Выделение и фракционирование белков (хроматография, электрофорез, изофокусирование).
7. Аффинное взаимодействие биомолекул. Типы физических взаимодействий, обеспечивающих молекулярное узнавание. Аллостерия. Методы исследования специфичности связывания молекул.
8. Катализ. Ферменты. Уравнение Михаэлиса-Ментен. Ингибирование ферментативных реакций. Методы исследования ферментативной активности.
9. Метаболизм основных классов биомолекул. Катаболизм и анаболизм. Гликолиз. Цикл лимонной кислоты. Катаболизм и синтез жирных кислот и липидов.
10. Метаболизм азота. Основные пути биосинтеза и деградации аминокислот и нуклеотидов. Цикл мочевины. Фиксация азота.
11. Репликация. Матричный синтез нуклеиновых кислот. ДНК-полимеразы. Механизмы репликации. Репликационная вилка. ПЦР. Принципы секвенирования ДНК.
12. Ген. Экспрессия гена. Стадии экспрессии гена у прокариот и эукариот. Транскрипция. РНК-полимеразы. Сплайсинг.
13. Трансляция. Рибосомы, строение и функции. Рибосомальные и транспортные РНК. Генетический код. Аминоацилирование тРНК. Синтез белка на рибосоме.
14. Мутагенез и репарация. Спонтанный мутагенез. Основные виды мутагенов. Классификация мутаций. Системы репарации. Основные концепции молекулярной эволюции.
15. Рекомбинация. Виды рекомбинации (по механизму, по результату). Структура Холлидея. Мобильные генетические элементы. Горизонтальный перенос генов. Биологическое значение рекомбинации.
16. Гены прокариот: структура, транскрипция, регуляция транскрипции. Лактозный оперон. Плазмиды и бактериофаги. Регуляция развития умеренного фага лямбда.
17. Генетическая инженерия. Метод рекомбинантных ДНК. Ферменты генетической инженерии. Векторы для клонирования в бактериях. Получение рекомбинантных белков.
18. Антитела. Антигены. Специфический иммунитет. Строение молекул IgG. Специфичность антител. Получение и использование антител в практической молекулярной биологии.
19. Плазматическая мембрана, ее функции, биологическая роль. Химический состав. Транспорт через биологические мембраны. Белки-переносчики и белковые каналы. Потенциал покоя и потенциал действия. Эндоцитоз. Рецептор-опосредованный эндоцитоз.
20. Секреторный путь. Эндоплазматический ретикулум, аппарат Гольджи, лизосомы. Везикулярный транспорт. Понятие сигнальных пептидов. Гликозилирование белков. Экзоцитоз. Секреция.
21. Митохондрии и хлоропласты. Строение и функции. Окислительное фосфорилирование и синтез АТФ, другие биохимические функции митохондрий. Митохондриальный геном. Митохондриальные процессы. Фотосинтез в хлоропластах.
22. Цитоскелет. Основные компоненты. Актиновые филаменты, микротрубочки, промежуточные филаменты. Моторные белки. Элементы скелетной мышцы, миофибрилла. Роль цитоскелета в митозе, движении и морфогенезе клеток.
23. Клеточные сигнальные системы. Природа биологических сигналов. Обратные связи в сигнальных системах. Рецепторы, основные типы рецепторных белков. Межклеточная коммуникация.
24. Клеточное ядро. Строение и функции. Хромосомы, хроматин, уровни упаковки ДНК в хроматине. Ядерные РНК. Ядрышко – организация и функции. Двухнаправленный транспорт через ядерные поры.
25. Клеточный цикл. Фазы клеточного цикла. Митоз. Мейоз. Регуляция клеточного цикла. Апоптоз. Методы исследования клеточного цикла, проточная цитометрия.

Основная литература

1. Альбертс Б., Брей Д., Льюис Дж., Рэфф М., Робертс К., Уотсон Дж. Молекулярная биология клетки. т. 1-3 — М.: Мир, 1994
2. Стромберг А.Г., Семченко Д.П. Физическая химия. М.: Высшая школа, 2001.
3. Ленинджер А. Основы биохимии. т. 1-3 — М.: Мир, 1980.

Дополнительная литература

1. Робертс Дж., Кассерио М. Основы органической химии. т. 1,2 — М.: Мир, 1968.
2. Рубин А.Б. Биофизика. Учебник для вузов. т. 1,2. - М.: Книжный дом «Университет», 2000.
3. Кольман Я., Рём К. Наглядная биохимия. – М.: Мир, 2000.
4. Рыбчин В.Н. Основы генетической инженерии. СПб, 2-е изд., СПбГТУ, 1999.

2.3. Физика плазмы (для магистерской программы «Физика плазмы»)

1. Квазинейтральность плазмы. Радиус Дебая.
2. Равновесная плазма. Распределение Максвелла.
3. Плазма в потенциальном поле. Распределение Больцмана.
4. Движение слабоионизованной плазмы без магнитного поля. Коэффициенты диффузии, термодиффузии и подвижности.
5. Амбиполярная диффузия плазмы без магнитного поля.
6. Описание стационарного газового разряда в диффузионном режиме.
7. Движение заряженных частиц в однородном магнитном поле. Циклотронная частота.
8. Дрейф заряженных частиц в скрещенных электрическом и магнитном полях.
9. Магнитные зеркала. Пробкотрон.
10. Дрейф заряженных частиц в тороидальном магнитном поле.
11. Скорость диамагнитного дрейфа. Диамагнетизм плазмы.
12. Движение плазмы в магнитном поле. Диффузия и подвижность.
13. Квазинейтральность плазмы в магнитном поле. Амбиполярный режим.
14. Движение полностью ионизованной плазмы в магнитном поле.
15. Равновесие плазмы в магнитном поле.
16. Проводимость плазмы в высокочастотном поле.
17. Распространение поперечных волн в плазме без магнитного поля.

Основная литература

1. В.Е. Голант, А.П. Жилинский, И.Е. Сахаров. Основы физики плазмы. СПб. Лань. 2011
2. С.В. Мирнов. Энергия из воды. М. Тровант. 2008

Дополнительная литература

1. В.А. Рожанский. Теория плазмы. СПб. Лань. 2012
2. А.А.Кудрявцев, А.С. Смирнов, Л.Д. Цендин. Физика тлеющего разряда. СПб. Лань. 2011

2.4. Радиоастрономия (для магистерской программы «Физика космоса»)

1. Термодинамика межзвездного газа. Уравнение Клайперона. Первое начало термодинамики.
2. Уравнение состояния межзвездного газа. Адиабата Пуассона.
3. Распространение малых возмущений в газе. Фазовая и групповая скорость звука. Колебания звезд. Сейсмология Солнца.
4. Распространение возмущений с учетом самогравитации газа. Критерий неустойчивости Джинса. Фрагментация коллапсирующих облаков. Протозвезды.
5. Гравитационный коллапс сферического облака. Время свободного падения газа. Начальная и заключительная стадия коллапса.

6. Разрывные течения газа. Граничные условия на разрыве. Классификация разрывов. Ударные волны и контактные разрывы.
7. Ударные волны от вспышки сверхновых. Автомодельное решение Седова-Тейлора.
8. Окна прозрачности атмосферы. Плазменная частота, определяющая нижнюю границу прозрачности ионосферы.
9. Радиотелескопы. Диаграмма направленности антенны. Дифракция Френеля. Угловое разрешение антенны.
10. Роль водорода в астрофизических наблюдениях: Схема уровней атома H I. Формула Ридберга. Тонкая и сверхтонкая структура уровней. Лэмбовское расщепление.
11. Зоны H I и H II. Радиус и масса эмиссионной туманности. Ионизация и рекомбинация водорода.
12. Теорема Росселанда. Спектр эмиссионной туманности в ультрафиолете, видимом и радиодиапазонах.
13. Равновесное тепловое излучение. Формула Планка для интенсивности и плотности числа фотонов. Законы Кирхгофа, Стефана-Больцмана и Вина. Реликтовое излучение.
14. Теория космического радиоизлучения. Тормозное излучение плазмы. Магнитотормозное излучение. Синхронное излучение релятивистских электронов. Время высвечивания. Обратный Комптон-эффект.

Основная литература

1. Бочкарев Н.Г. «Основы физики межзвездной среды». Москва. 2010.
2. Засов А.В., Постнов К.А. «Общая астрофизика». 2006.

2.5. Физика твердого тела (для магистерской программы «Физика наноструктур и наноэлектроника»)

1. Кристаллические структуры. Симметрия кристаллов. Обратная решетка и зона Бриллюэна. Векторы обратной решетки и атомные плоскости.
2. Эффект Холла и магнетосопротивление в теории металлов Друде.
3. Электрон-ионное взаимодействие в металле. Экранирование. Диэлектрическая проницаемость Хартри. Обменная энергия в металле.
4. Длина экранирования в плазме. Плазменные колебания. Пространственная дисперсия в плазме.
5. Теплоемкость решетки. Модели Эйнштейна и Дебая. Колебания трехмерных решеток. Акустические и оптические моды. Квантование колебаний решетки. Фононы.
6. Взаимодействие поперечных оптических фононов с фотонами. Поляритоны.
7. Методы расчета зонной структуры твердых тел. Приближение сильной связи. Метод ячеек Вигнера-Зейтца. Метод ортогонализированных плоских волн. Метод присоединенных плоских волн.
8. Экситоны. Энергия связи и боровский радиус экситона. Экситоны в наноструктурах. Случаи сильного и слабого конфайнмента.
9. Взаимодействие электронов с оптическими фононами. Гамильтониан Фрелиха. Поляроны.
10. Типы оптических переходов в твердых телах. Многофотонное поглощение и комбинационное рассеяние света в твердых телах.
11. Размерное квантование. Структуры с квантовыми ямами, проводами и точками.
12. Сегнетоэлектрики. Классификация сегнетоэлектрических кристаллов. Фазовые переходы первого и второго рода в сегнетоэлектриках. Сегнетоэлектрические домены.
13. Ферромагнитный порядок. Магнитная структура ферромагнетика и антиферромагнетика. Магноны. Ферромагнитные домены.

Основная литература

1. Е.Ю. Перлин, Т.А. Вартанян, А.В. Федоров. Физика твердого тела. Оптика полупроводников, диэлектриков, металлов. СПб. РИО СПбГУ ИТМО. 2008
2. Ансельм А.И. Введение в теорию полупроводников. М. Наука. 2010
3. Ипатова И.П. Квантовая теория твердых тел. СПб. СПбГПУ. 2008

Дополнительная литература

4. Ч. Киттель. Квантовая теория твердых тел. М. Наука. 1967.
5. Н. Ашкрофт, Н. Мермин. Физика твердого тела. Т. 1,2. М. Мир. 1979.
6. Н.Б. Брандт, В.А. Кульбачинский. Квазичастицы в физике конденсированного состояния. М. Физматлит. 2005.