

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

**Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(НИЯУ МИФИ)**

УТВЕРЖДАЮ
Проректор НИЯУ МИФИ
_____ В.В. Ужва

СОГЛАСОВАНО
Председатель Совета по подготовке
научно-педагогических кадров
_____ Н.А. Кудряшов

Ответственный секретарь
приемной комиссии
_____ В.И. Скрытный

Программа вступительного испытания
по направлению подготовки научно-педагогических кадров в
аспирантуре
03.06.01 «ФИЗИКА И АСТРОНОМИЯ»

Форма обучения
очная

МОСКВА, 2016

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Программа вступительного испытания сформирована на основе федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования.

Вступительное собеседование по направлению подготовки 03.06.01 «Физика и астрономия» осуществляется в письменной форме в виде вопросов (тестов и задач) по темам дисциплин. Собеседование проводится с целью выявления у абитуриента объёма научных знаний, научно-исследовательских компетенций, навыков системного и критического мышления, необходимых для обучения в аспирантуре. Абитуриент должен показать профессиональное владение теорией и практикой в предметной области, продемонстрировать умение вести научную дискуссию.

Билет для собеседования включает в себя два вопроса по общефизическим и математическим дисциплинам и один вопрос по дисциплине специализации. Вопросы по общей физике охватывают следующие темы: колебания и волны, основы молекулярной физики, термодинамики, оптики, а также квантовой и ядерной физики. Вопросы по высшей математике призваны определить на основе решения конкретных математических примеров уровень владения поступающим в аспирантуру математическими навыками, необходимыми при решении физических задач.

Дисциплины специализации включают в себя вопросы согласно следующим профилям (направленностям), соответствующим научным специальностям:

- 01.04.01 Приборы и методы экспериментальной физики
- 01.04.02 Теоретическая физика
- 01.04.07 Физика конденсированного состояния
- 01.04.08 Физика плазмы
- 01.04.13 Электрофизика, электрофизические установки
- 01.04.14 Теплофизика и теоретическая
- 01.04.16 Физика атомного ядра и элементарных частиц
- 01.04.20 Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника
- 01.04.21 Лазерная физика
- 01.04.23 Физика высоких энергий

Критерии оценки результатов испытания:

Оценка «отлично» ставится при следующем условии:

даны исчерпывающие и обоснованные ответы на вопросы, поставленные экзаменационной комиссией.

Оценка «хорошо» ставится при следующих условиях:

1. даны полные, достаточно глубокие и обоснованные ответы на вопросы, поставленные экзаменационной комиссией;
2. ответы на вопросы даются полно, но логическая последовательность не всегда соблюдается.

Оценка «удовлетворительно» ставится при следующих условиях:

1. даны в основном правильные ответы на вопросы, поставленные экзаменационной комиссией;
2. ответы на вопросы даются в основном полно, но при слабом логическом оформлении высказываний.

Оценка «неудовлетворительно» ставится в случае, когда не выполнены условия, позволяющие поставить оценку «удовлетворительно».

Решения экзаменационной комиссии принимаются большинством голосов.

2. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ ВСТУПИТЕЛЬНОГО СОБЕСЕДОВАНИЯ

2.1. Вопросы по общефизическим и математическим дисциплинам

I. Колебания, основы молекулярной физики и термодинамики

1. Свободные колебания системы без трения. Математический маятник. Физический маятник. Сложение гармонических колебаний одного направления. Биения. Затухающие колебания. Вынужденные колебания. Резонанс.
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.
3. Число ударов молекул газа о стенку. Газокинетический вывод выражения для давления газа на стенку. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории газов.
4. Распределение Максвелла. Наиболее вероятная скорость молекул, средняя арифметическая и средняя квадратичная скорости молекул. Распределение Больцмана. Распределение молекул по координатам. Барометрическая формула.
5. КПД тепловой машины. КПД цикла Карно. Теорема Карно.
6. 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.

II. Основы электромагнетизма

1. Линии напряженности электрического поля и эквипотенциальные поверхности. Связь между напряженностью и потенциалом. Работа силы электрического поля. Потенциал.
2. Электрический диполь в однородном и неоднородном поле (вращательный момент, энергия, сила). Дипольный электрический момент системы зарядов. Поле электрического диполя.
3. Поле вне и внутри объемно заряженного шара. Поле одной и двух заряженных плоскостей.
4. Емкость. Конденсаторы. Емкость плоского конденсатора. Энергия заряженного конденсатора. Энергия электрического поля. Плотность энергии.
5. Сила и плотность тока. Закон Ома и закон Джоуля-Ленца в интегральной и дифференциальной формах. Мощность тока. Удельная тепловая мощность тока.
6. Магнитное поле равномерно движущегося заряда. Сила Лоренца. Сила, действующая на заряд, движущийся в магнитном поле.
7. 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).
8. Явление электромагнитной индукции. Правило Ленца. Э.Д.С. индукции. Индуктивность соленоида. Токи замыкания и размыкания. Энергия магнитного поля
9. Ток смещения. Полный ток. Уравнения Максвелла.

III. Основы волновой оптики

1. Волновое уравнение. Уравнение плоской волны.
2. Эффект Доплера для звуковых и электромагнитных волн.
3. Принцип Гюйгенса. Принцип Ферма. Законы отражения и преломления.
4. Явление интерференции. Сложение двух электромагнитных волн. Интенсивность суммарной волны.
5. Временная когерентность, длина когерентности на примере опыта Юнга с монохроматическим протяженным источником.

6. Способы наблюдения интерференции света (зеркало Ллойда, бипризма и бизеркала Френеля).
7. Интерференционные полосы равного наклона. Интерференционные полосы равной толщины. Простой клин.
8. Кольца Ньютона. Интерференция света на тонких пленках. Просветление оптики.
9. Графическое сложение амплитуд. Зоны Френеля.
10. Дифракция Френеля на круглом отверстии и на диске. Дифракция Френеля на щели. Дифракция Фраунгофера на щели.
11. Дифракционная решетка. Положение и угловая ширина главных дифракционных максимумов дифракционной решетки. Дисперсия и разрешающая способность дифракционной решетки.
12. Дифракция рентгеновских лучей. Формула Брэгга-Вульфа.

IV. Основы квантовой физики, строения вещества, атомной и ядерной физики

1. Экспериментальные законы теплового излучения (Стефана-Больцмана, Вина).
2. Формула Планка. Вывод закона Стефана-Больцмана из формулы Планка.
3. Фотоэффект. Уравнение А.Эйнштейна для фотоэффекта.
4. Опыт Боте. Фотоны.
5. Эффект Комптона.
6. Постулаты Бора. Опыт Франка и Герца.
7. Элементарная боровская теория водородоподобного атома.
8. Гипотеза де-Бройля. Экспериментальные основания квантовой механики.
9. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Оценка размеров и минимальной энергии водородоподобного атома.
10. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Оценка минимальной энергии одномерного гармонического осциллятора.
11. Уравнение Шредингера. Физический смысл и свойства пси-функции.
12. Частица в одномерной бесконечно глубокой потенциальной яме. Результаты квантовой механики для одномерного гармонического осциллятора.
13. Результаты квантовой механики для водородоподобного атома.
14. Собственный механический и магнитный моменты электрона. Магнетон Бора.
15. Принцип Паули. Заполнение электронных оболочек атома. Электронные конфигурации.
16. Характеристические рентгеновские спектры. Закон Мозли.
17. Комбинационное рассеяние света. Эффект Рамана.
18. Энергетические зоны в твердых телах. Металлы, диэлектрики и полупроводники. Собственные и примесные полупроводники. Электронная и дырочная проводимость.

V. Высшая математика

1. Понятие производной функции. Основные правила дифференцирования функций. Нахождение экстремумов функции.
2. Понятие матрицы. Определитель матрицы и его вычисление.
3. Система линейных алгебраических уравнений (СЛАУ). Методы решения СЛАУ: метод Гаусса, метод Крамера. Критерий существования нетривиального решения системы однородных линейных алгебраических уравнений.
4. Понятие первообразной функции. Вычисление неопределенных и определенных интегралов, в т.ч. несобственных.
5. Понятие числового ряда. Признаки сходимости числовых рядов. Разложение функции в ряд Тейлора.
6. Понятия градиента функции, дивергенции, ротора и циркуляции векторного поля. Теоремы Остроградского-Гаусса и Стокса.

7. Понятие обыкновенного дифференциального уравнения. Типы ОДУ первого порядка и методы их решения: уравнение с разделяющимися переменными, однородное ОДУ, уравнение в полных дифференциалах, линейное дифференциальное уравнение, уравнения, не разрешенные относительно производной.

8. Линейное дифференциальное уравнение произвольного порядка с постоянными коэффициентами. Методы его решения.

9. Система линейных дифференциальных уравнений первого порядка. Методы её решения.

10. Понятие аналитической функции. Разложение функции, аналитической в кольце, в ряд Лорана. Классификация изолированных особых точек. Вычеты. Основная теорема о вычетах и ее приложения.

11. Основные уравнения математической физики. Классификация линейных дифференциальных уравнений с частными производными второго порядка с двумя независимыми переменными.

12. Решение краевых задач для уравнений гиперболического и параболического типов методом Фурье.

13. Решение задачи Коши для волнового уравнения в одномерном случае.

Список литературы:

1. Савельев И.В. Курс общей физики, в 3х томах. М.: Наука, 1982.
2. Иродов И.Е. Основные законы электромагнетизма. М.: Высшая школа, 1991.
3. Иродов И.Е. Волновые процессы. М., СПб: Физматлит, 2002.
4. Бронштейн И.Н. Справочник по математике: Для инженеров и учащихся втузов. / И.Н. Бронштейн, К.А. Семендяев, 13-е изд., испр. - М.: Наука, 1986. - 544 с.
5. Выгодский М.Я. Справочник по высшей математике (12-е изд.). М.: Наука, 1977.
6. Беклемишев Д.В. Курс аналитической геометрии и линейной алгебры: Учеб. для спец. вузов / Беклемишев Д.В. - 6-е изд., стереотип. - М.: Наука, 1987. - 319 с.
7. Тихонов А.Н. Уравнения математической физики: Учеб. пособие для вузов / Тихонов А.Н., Самарский А.А. - 5-е изд., стереотип. - М.: Наука, 1977. - 735 с.

2.2. Вопросы по дисциплинам специализации

Профиль (направленность): 01.04.01 Приборы и методы экспериментальной физики

1. Модели ядра, энергия связи.
2. Виды радиоактивности. Законы α распада.
3. Гамма-излучение возбужденных ядер. Эффект Мессбауэра.
4. Ионизационные потери энергии заряженных частиц. Образование δ -электронов. Формула Бете-Блоха.
5. Черенковское излучение. Переходное излучение.
6. Взаимодействие фотонов с веществом. Фотоэффект. Эффект Ожэ. Комптон-эффект. Образование электрон-позитронных пар.
7. Принципы работы газовых ионизационных детекторов. Ионизационная камера, пропорциональная камера, счетчик Гейгера-Мюллера.
8. Многопроволочная пропорциональная камера. Дрейфовая камера.
9. Принципы работы полупроводниковых детекторов.
10. Сцинтилляционные детекторы. Черенковские детекторы.
11. ФЭУ. Кремниевые фотоумножители.
12. Методы амплитудного анализа. Дискриминаторы, амплитудно-цифровые преобразователи.
13. Методы совпадений и антисовпадений.
14. Временной анализ: формирователи временной отметки, время-амплитудные и время-цифровые преобразователи.
15. Основные принципы ускорения заряженных частиц. Движение заряженных частиц в электромагнитных полях.
16. Классификация частиц и взаимодействий, основные свойства. Лептоны и кварки. Классификация адронов.
17. Крупнейшие экспериментальные комплексы на ЛНС.
18. Дискретные распределения. Непрерывные распределения. Функция плотности вероятности.
19. Биномиальное распределение. Распределение Пуассона. Свойства пуассоновского потока случайных событий.
20. Распределение Гаусса. Распределение χ^2 .
21. Формулировка гипотез. Выбор критерия согласия. Критерии для проверки простых гипотез. Критерий Пирсона.
22. Оценка параметров фиксированным значением. Метод моментов. Метод максимального правдоподобия. Метод наименьших квадратов.
23. Оценка параметров интервалом значений. Данные, распределенные по нормальному закону. Общий одномерный случай.
24. Понятие автоматизации физических измерений
25. Средства автоматизации физических измерений

Литература

1. Акимов, Ю.К. Фотонные методы регистрации излучений - 2-е изд., испр. и доп. - Дубна : ОИЯИ, 2014.
2. Болоздыня, А.И., И. М. Ободовский. Детекторы ионизирующих частиц и излучений. Принципы и применения. - Долгопрудный : ИНТЕЛЛЕКТ, 2012.
3. Григорьев, В.А. Газоразрядные детекторы элементарных частиц: учебное пособие для вузов - Москва: НИЯУ МИФИ, 2012.
4. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика. М., Атомиздат, 2009.
5. Введение в физику тяжелых ионов: учебное пособие для вузов / ред.: Ю. Ц. Оганесян. - Москва: МИФИ, 2008.

6. Д. Перкинс. Введение в физику высоких энергий. Энергоатомиздат, 2007.
7. Емельянов В.М., С. Л. Тимошенко. Введение в релятивистскую ядерную физику: Учеб. пособие для вузов - М.: МИФИ, 2003
8. Капитонов И.М. Введение в физику ядра и частиц 2002.
9. Л.Б. Окунь. Лептоны и кварки. М.: Наука, 1990.
10. Лавренчик В.Н. Постановка физического эксперимента и статистическая обработка его результатов, М., Энергоатомиздат, 1986.
11. В.А.Григорьев, А.А.Колюбин, В.А.Логинов «Электронные методы ядерно-физического эксперимента, М, Энергоатомиздат. 1988
12. А.И. Абрамов и др. "Основы экспериментальных методов ядерной физики", М.:Энергоатомиздат,1985.
13. Автоматизация физических исследований и эксперимента: компьютерные измерения и виртуальные приборы на основе LabVIEW (30 лекций): учебное пособие для вузов / П. А. Бутырин [и др.]. - 2-е изд. - Москва: ДМК Пресс, 2011.

Профиль (направленность): 01.04.02 Теоретическая физика

1. Принцип наименьшего действия, уравнения Лагранжа, уравнения Гамильтона, канонические преобразования, уравнение Гамильтона-Якоби. Законы сохранения (теорема Нётер).
2. Нерелятивистское финитное и инфинитное движение в центральном поле: формы траекторий в потенциалах $-a/r$, $-b/r^2$, $-a/r-b/r^2$. Формула Резерфорда, обсудить отдельно предельный случай малых углов.
3. Движение заряженной частицы в постоянном электромагнитном поле и в поле плоской электромагнитной волны.
4. Колебания механических систем со многими степенями свободы. Собственные частоты и нормальные колебания (проиллюстрировать на примерах). Вынужденные колебания. Резонанс.
5. Действие электромагнитного поля. Преобразование Лоренца для полей. Уравнения Максвелла. Локальное сохранение заряда и энергии-импульса.
6. Запаздывающие потенциалы. Потенциалы Лиенара-Вихерта. Поле системы зарядов на далеких расстояниях. Дипольное излучение. Квадрупольное и магнитно-дипольное излучение. Рассеяние электромагнитной волны свободными зарядами.
7. Излучение ультрарелятивистского заряда. Угловое и спектральное распределение. Торможение излучением.
8. Замедление времени в гравитационном поле. Центральное-симметричное статическое гравитационное поле (решение Шварцшильда). Движение в поле Шварцшильда. Наблюдаемые эффекты (отклонение света, прецессия перигелия).
9. Гравитационные волны в линейном приближении. Мощность излучения гравитационных волн.
10. Уравнение Шредингера. Соотношение неопределенности. Плотность вероятности и потока вероятности. Расплывание волнового пакета. Общие свойства стационарных состояний в одномерном случае.
11. Решение одномерного уравнения Шредингера в прямоугольной яме и для гармонического осциллятора.
12. Собственные значения и собственные функции оператора момента импульса. Разделение переменных в уравнении Шредингера в центральном поле. Решение в кулоновском поле (уровни энергии и волновые функции стационарных состояний).
13. Квазиклассическое приближение. Правило квантования Бора-Зоммерфельда. Коэффициент прохождения потенциального барьера.

14. Уравнение Шредингера в магнитном поле. Квантование Ландау. Прецессия спина в магнитном поле.
15. Стационарная теория возмущений. Эффект Штарка.
16. Многоэлектронные атомы. Самосогласованное поле. Уравнение Томаса-Ферми.
17. Вариационный метод решения уравнения Шредингера (примеры-расчет энергии основного состояния He или H²⁺). Уравнение Хартри-Фока.
18. Квантовомеханическая теория рассеяния. Формула Борна. Фазовая теория рассеяния. Резонансное рассеяние (формула Брейта-Вигнера).
19. Термодинамические величины классического идеального (одно- и многоатомного) газа.
20. Слабонеидеальный классический газ. Вириальное разложение. Уравнение вандер-Ваальса.
21. Термодинамические величины идеальных бозе- и ферми-газов (примеры: энергия, энтропия, давление и теплоемкость вырожденного электронного газа и излучения абсолютно черного тела, бозе-конденсация).
22. Теплопроводность твердых тел (теория Дебая). Тепловое расширение.
23. Спектр и термодинамические свойства слабонеидеального ферми-газа с отталкиванием, эффект Купера (задача Бардина-Купера-Шриффера).
24. Равновесие фаз. Химическое и ионизационное равновесия.
25. Решение уравнения Дирака для атома водорода. Тонкая структура.
26. Рассеяние фотона электроном (эффект Комптона).
27. Тормозное излучение электрона и образование пар фотоном на ядре.
28. Аномальный магнитный момент электрона.
29. Радиационное расщепление уровней 2s_{1/2}, 2p_{1/2} в атоме водорода (лэмбовский сдвиг).
30. Гравитационные волны на поверхности идеальной жидкости.
31. Ламинарное течение вязкой несжимаемой жидкости по трубе.
32. Магнитогидродинамическое течение вязкой жидкости между двумя параллельными плоскостями.
33. Альфвеновские и магнитозвуковые волны.
34. Звуковые волны в идеальной жидкости. Поглощение звука в неидеальной жидкости.
35. Термодинамические соотношения для диэлектриков в электрическом поле. Силы, действующие на (жидкий либо аморфный) диэлектрик.
36. Отражение и преломление электромагнитной волны на плоской границе двух диэлектрических сред.
37. Плоская электромагнитная волна в анизотропной диэлектрической среде.
38. Излучение Вавилова-Черенкова.
39. Кинетические коэффициенты (теплопроводность, вязкость, электропроводность) слабонеоднородного газа.
40. Бесстолкновительная плазма: самосогласованное поле, диэлектрическая проницаемость, продольные и ионно-звуковые волны, затухание Ландау.

Литература

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. - Теоретическая физика. Т. 1. Механика. - М.: Наука. - 1988.
2. Алексеев А.И. – Техника вычислений в классической механике. – М.: МИФИ, 1980.
3. Ермаченко В.М., Карнаков Б.М., Кельнер С.Р., Чернов А.С. - Практикум по теоретической физике. Механика. Под редакцией Нарожного Н.Б. - М.: МИФИ, 1987.
4. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Т.2. Теория поля. М.: Наука. 1972 (другие издания - 1989, 2001).

5. Алексеев А.И. Сборник задач по классической электродинамике. М.: Наука, 1977.
6. Джексон Дж. Классическая электродинамика. М.: Мир, 1987.
7. Батыгин В.В., Топтыгин И.М. Сборник задач по электродинамике. М.: Наука, 1970.
8. Берков А.В., Кобзарев И.Ю. Теория тяготения Эйнштейна. М., МИФИ, 1989.
9. Берков А.В., Кобзарев И.Ю. Приложение теории тяготения к астрофизике и космологии. М., МИФИ, 1990.
10. Вайнберг С. Гравитация и космология. М., Мир, 1972.
11. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Т.3. Квантовая механика. Нерелятивистская теория. М.: Наука. 1972 (другие издания - 1989, 2001).
12. Давыдов А.С. Квантовая механика. М.: Наука, 1963 (другое издание – 1973).
13. Левич В.Г., Вдовин Ю.А., Мямлин В.А. Курс теоретической физики. Т.2. М.: Физматгиз, 1962 (другое издание – 1971).
14. Галицкий В.М., Карнаков Б.М., Коган В.И. Задачи по квантовой механике. М.: Наука, 1981 (другие издания - 1992, в двух томах - 2001).
15. Шифф Л. Квантовая механика. М.: Иностранная литература. 1959.
16. Блохинцев Д.И. Основы квантовой механики, М.: Наука, 1976.
17. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика. Ч. 1. – М.: Наука. Физматлит, 1995.
18. Левич В.Г., Вдовин Ю.А., Мямлин В.А. Курс теоретической физики. Т. 1.- М.: Физматгиз, 1962.
19. Киттель Ч. Статистическая термодинамика. - М.: Наука, 1977.
20. Кубо Р. Статистическая механика. - М.: Мир, 1967.
21. В.М. Ермаченко, Б.М. Карнаков, С.Р. Кельнер, А.С. Чернов. Практикум по теоретической физике. Распределения статистической физики. – М.: МИФИ, 1989.
22. Леонтович М.А. Введение в термодинамику. Статистическая физика. - М.: Наука, 1983
23. Балеску Р. Равновесная и неравновесная статистическая механика. Т. 1.- М.: Мир, 1978
24. Майер Дж., Гепперт-Майер М., Статистическая механика, М: Мир, 1980.
25. Берестецкий В.Б., Лифшиц Е.М., Питаевский Л.П. Теоретическая физика. В 10 т., М.: Наука. Т.4. Квантовая электродинамика. 1968, 1980, 1989, 2001.
26. Ахиезер А.И., Берестецкий В.Б. Квантовая электродинамика. М.: Наука, 1981.
27. Пескин М.Е., Шредер Д.В., Введение в квантовую теорию поля, М.: РХД, 2001.
28. Ициксон К., Зюбер Ж.Б., Квантовая теория поля, М.: Мир, 1984.
29. Л.Д.Ландау, Лифшиц Е.М. Гидродинамика, М. Наука, 1986.
30. Седов Л.И. Механика сплошной среды, М. Наука, 1994.
31. Галицкий В.М., Ермаченко В.М. Макроскопическая электродинамика. М.: Высшая школа, 1988.
32. Ермаченко В.М. Феноменологическая электродинамика сплошной среды. М.: МИФИ, 1998.
33. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Электродинамика сплошных сред. М.: ГИФМЛ, 1982.
34. Силин В.П. Введение в кинетическую теорию газов, М. Наука, 1971.
35. Лифшиц Е.М., Питаевский Л.П. Физическая кинетика, М. Наука, 1979.

Профиль (направленность): 01.04.07 Физика конденсированного состояния

1. Фазовое состояние вещества. Фазовое равновесие. Правило фаз Гиббса. Диаграммы состояния веществ.
2. Кристаллические структуры. Кристаллическая решетка. Свойства симметрии кристаллических решеток. Элементарная ячейка. Обратная решетка.

3. Теория и методы структурного анализа. Индексы Миллера. Условие дифракции Лауэ. Формула Брэгга-Вульфа.
4. Моды и ветви колебаний. Модели одно- и двухатомных линейных цепочек. Фононы.
5. Теплоемкость кристаллической решетки. Модели Дебая и Эйнштейна.
6. Энергетические состояния электронов в металле. Электронная структура металлов и металлическая связь. Зона Бриллюэна.
7. Распределение Ферми для электронов. Поверхность Ферми. Плотность состояний. Электронная теплоемкость.
8. Статистика электронов и дырок в полупроводниках. Собственный и примесный полупроводник. Число носителей. Уровень Ферми.
9. Генерация и рекомбинация неравновесных носителей тока в полупроводниках. Монополярная и биполярная генерация. Время жизни носителей.
10. Динамика электронов и дырок в полупроводниках и металлах. Приближение эффективной массы.
11. Электропроводность. Рассеяние носителей. Время релаксации импульса.
12. Термоэлектрические явления. Эффекты Зеебека и Пельтье.
13. Гальваномагнитные явления. Эффект Холла.
14. Проводник в магнитном поле. Уровни Ландау.
15. Парамагнетизм немагнитных веществ. Закон Кюри.
16. Обменное взаимодействие. Магнитный фазовый переход. Спонтанная намагниченность. Ферромагнетизм и антиферромагнетизм.
17. Явление сверхпроводимости. Эффект Мейсснера. Глубина проникновения магнитного поля. Длина когерентности. Квантование магнитного потока.
18. Сверхпроводник в магнитном поле. Сверхпроводники первого и второго рода. Критические магнитные поля.

Литература

1. Ч. Киттель. Введение в физику твердого тела. М. Физматлит: 2006
2. К. Шалимова. Физика полупроводников. М.: Лань, 2010.
3. Н.Б.Брандт, В.А.Кульбачинский. Квазичастицы в физике конденсированного состояния. М. Физматлит, 2007.
4. Е.С. Боровик, В.В. Еременко, А.С. Мильнер Лекции по магнетизму. М.:Физматлит, 2005.
5. В.А. Боков Физика магнетиков. Санкт-Петербург. Невский диалект, 2002.
6. В.В. Шмидт, Введение в физику сверхпроводников, М.: Наука, 2000.
7. А.А. Абрикосов Основы теории металлов. М.: Физматлит, 2005.
8. А.И. Лебедев. Физика полупроводниковых приборов. М.: Физматлит, 2008.
9. Гуревич А.Л. Физика твердого тела. С.-Петербург, Невский диалект, 2004.
10. Дж. Блейкмор. Физика твердого тела. М.: Мир, 1988.
11. Д. Уайт. Квантовая теория магнетизма, М.: Мир, 1985.
12. Тинкхам М. Введение в физику сверхпроводимости М.: Наука, 1980
13. М. Ашкрофт, Н. Мермин, Физика твердого тела, в 2-х томах, М., Мир, 1977
14. А.И. Ансельм. Введение в теорию полупроводников. М. 1978.
15. К. Зеегер. Физика полупроводников. М.: Мир, 1977.
16. Дж. Займан. Принципы теории твердого тела. М.: Мир, 1974.
17. П. ДеЖэн, Сверхпроводимость металлов и сплавов, М.: Мир, 1968.
18. Г.Н. Елманов, А.Г. Залужный, В.И. Скрытний, Е.А. Смирнов, В.Н. Яльцев. Физическое материаловедение: Учебник для вузов. В 6 т. /Под общей ред. Б.А. Калина/ Том 1. Физика твердого тела. - М.: МИФИ, 2007.

19. В.В. Нечаев, Е.А. Смирнов, С.А. Кохтев, Б.А. Калин, А.А. Полянский, В.И. Стаценко. Физическое материаловедение: Учебник для вузов. В 6 т. /Под общей ред. Б.А. Калина/ Том 2. Основы материаловедения. - М.: МИФИ, 2007.

20. Н.В. Волков, В.И. Скрытный, В.П. Филиппов, В.Н. Яльцев. Физическое материаловедение: Учебник для вузов. В 6 т. /Под общей ред. Б.А. Калина/ Том 3. Методы исследования структурно-фазового состояния материалов. - М.: МИФИ, 2008.

21. Е.Г. Григорьев, Ю.А. Перлович, Г.И. Соловьев, А.Л. Удовский, В.Л. Якушин. Физическое материаловедение: Учебник для вузов. В 6 т. /Под общей ред. Б.А. Калина/ Том 4. Физические основы прочности. Радиационная физика твердого тела. Компьютерное моделирование. - М.: МИФИ, 2008.

22. М.И. Алымов, Г.Н. Елманов, Б.А. Калин, А.Н. Калашников, В.В. Нечаев, А.А.Полянский, И.И. Чернов, Я.И. Штромбах, А.В. Шульга. Физическое материаловедение: Учебник для вузов. В 6 т. /Под общей ред. Б.А. Калина/ Том 5. Материалы с заданными свойствами. - М.: МИФИ, 2008.

23. Б.А. Калин, П.А. Платонов, И.И. Чернов, Я.И. Штромбах. Физическое материаловедение: Учебник для вузов. В 6 т. /Под общей ред. Б.А. Калина/ Том 6. Часть 1. Конструкционные материалы ядерной техники. - М.: МИФИ, 2008.

Дополнительная литература

1. Новиков И.И. Теория термической обработки металлов, изд. 3-е, М., Металлургия, 1978.
2. Шульце Г. Металлофизика, М., Мир, 1971.
3. Уманский Я.С, Скаков Ю.А. Физика металлов, М., Атомиздат, 1978.
4. Баррет Ч.С., Массальский Т.Б. Структура металлов, Ч. 1, 2, Пер. с англ. - М., Металлургия 1984.
5. Блантер М.Е. Теория термической обработки, М., Металлургия, 1984.

Профиль (направленность): 01.04.08 Физика плазмы

1. Движение заряженных частиц в электрическом поле. Основные уравнения электронной оптики. Электронные линзы.
2. Закон Ленгмюра. Поток заряженных частиц в вакууме с учетом объемного заряда. Пирсова оптика.
3. Движение заряженных частиц в однородном и неоднородном магнитном поле. Магнитные линзы. Дрейфовое приближение. Адиабатические инварианты. Дрейф в поле произвольной силы (электрической, магнитной, центробежной, силы тяжести).
4. Движение заряженных частиц в скрещенных электрическом и магнитном полях. Электростатические энергоанализаторы. Заряженная частица в высокочастотном поле.
5. Понятие плазмы. Дебаевский радиус. Плазменная частота. Идеальность и неидеальность плазмы.
6. Кулоновское взаимодействие частиц плазмы. Кулоновский логарифм. Длина пробега. Стокновительная проводимость плазмы. "Убегающие электроны". Время максвеллизации и выравнивания температур между компонентами плазмы.
7. Диффузия и теплопроводность плазмы в присутствии и в отсутствие магнитного поля.
8. Законы термо, фото и автоэлектронной эмиссии. Эффект Шоттки. Теория Фаулера. Формула Саха-Ленгмюра.
9. Неупругие процессы в газе – возбуждение, ионизация, перезарядка, термическая ионизация, рекомбинация, образование отрицательных ионов.
10. Зажигание разряда в газе. Закон Пашена. Искровой пробой при высоком давлении, стримерная теория.

11. Электрические разряды (тлеющий, дуговой, коронный, ВЧ-разряд) – сравнительная характеристика параметров и режимов горения.
12. Основные типы колебаний и волн в плазме (ленгмюровские, ионно-звуковые, магнитно-звуковые, циклотронные, гибридные, альфвеновские). Тензор диэлектрической проницаемости, дисперсионное уравнение на примере одного из видов волн. Затухание Ландау.
13. Основные термоядерные реакции, зависимость их сечений от температуры. Энергобаланс в единице объема термоядерной плазмы и энергобаланс термоядерного реактора. Критерий Лоусона.
14. Принцип магнитной термоизоляции плазмы. Диагнетизм плазмы. Вмороженность магнитного поля в плазме. Проникновение магнитного поля в плазму. Скиновое время. Z-пинч и его устойчивость. Θ -пинч.
15. Ловушка с магнитными пробками. Время жизни плазмы. Неустойчивости плазмы и методы их подавления. Способы создания и нагрева плазмы. Амбиполярные ловушки. Радиационные пояса Земли.
16. Замкнутые магнитные ловушки. Вращательное преобразование и способы его создания. Магнитные поверхности и перекрещенность силовых линий. Дрейф и основные неустойчивости плазмы. Энергетический принцип устойчивости. Критерий Сайдемана.
17. Токамаки и стеллараторы – сравнительный анализ. Геометрия магнитного поля. Способы создания и нагрева плазмы. Диффузия и теплопроводность плазмы. Энергетическое время жизни. Влияние примесей. Диверторы.
18. Инерциальный термоядерный синтез и способы его осуществления. Критерий Лоусона для ИС. Лазерный нагрев и сжатие плазмы. Лазеры для ЛТС. Мишени для ЛТС.
19. Торможение быстрых частиц в твердом теле. Ядерные и электронные столкновения. Потенциалы взаимодействия.
20. Взаимодействие ионов с твердым телом: торможение, каналирование, коррелированные столкновения, ион-ионная эмиссия. Метод вторичной ионной масс-спектрометрии.
21. Распыление поверхности твердого тела. Образование каскадов и закономерности каскадного распыления. Распыление за счет энергии электронных возбуждений.
22. Взаимодействие электронов с твердым телом. Торможение, электрон-электронная эмиссия. Метод Оже-спектрометрии. Ион-электронная эмиссия.
23. Захват частиц в твердое тело и обратное газовыделение. Блистерообразование.
24. Закономерности рассеяния ионов поверхностью твердого тела. Метод обратного резерфордского рассеяния. Модификация поверхности твердых тел при ионной бомбардировке, образование конусов, вискеро, ионная полировка.
25. Оптическая спектроскопия плазмы. Модели состояния плазмы (Модель коронального равновесия. Модель ЛТР и ЧЛТР. Модель ПТР. Систематика уровней в атомах и ионах. Непрерывный спектр излучения плазмы. Интенсивность излучения плазмы.)
26. Интерферометрия.
27. Лазерное рассеяние. Лазерная флуоресценция.
28. Корпускулярная диагностика плазмы. Зондовые методы диагностики плазмы. Зонд Ленгмюра.
29. Плазменные ускорители. Электродинамическое ускорение плазменных сгустков.
30. Физические основы создания инжекторов, нейтральных атомов для токамаков и стеллараторов.

Литература

1. Морозов Д.Х. Введение в теорию горячей плазмы / Д. Х. Морозов. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва : НИЯУ МИФИ. Ч.1., Ч.2, 2013.
2. Жданов С.К., Курнаев В.А., Романовский М.К., Цветков И.В. Основы физических процессов в плазме и плазменных установках

3. Готт Ю.В., Курнаев В.А., Вайсберг О.Л. Корпускулярная диагностика лабораторной и космической плазмы
4. Фортов В.Е. Лекции по физике экстремальных состояний вещества / В. Е. Фортов. - Москва: Издательский дом МЭИ, 2013. - 234 с. - (Высшая школа физики. Вып.1).
5. Савинов В.П. Физика высокочастотного емкостного разряда / В. П. Савинов. - Москва : Физматлит, 2013.
6. Генерация пучков заряженных частиц в диодах со взрывоэмиссионным катодом / А. И. Пушкарев [и др.]. - Москва : Физматлит, 2013.
7. Савельев И.В. Курс общей физики. т.2
8. Арцимович Л.А., Лукьянов С.Ю. Движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях.
9. Г. А. Месяц Импульсная энергетика и электроника. М. : Наука, 2004
10. С.П.Масленников Физика и техника мощных импульсных систем. Импульсные коммутирующие приборы. М.: МИФИ, 2003.
11. П. Н. Дашук Техника больших импульсных токов и магнитных полей. М. : Атомиздат, 1970.
12. В. Е. Черковец, С. А. Казаков, В. Г. Наумов Лазерная техника для физических исследований и практических применений М.: МИФИ, 2006.
13. М. В. Кузелев, А. А. Рухадзе, П. С. Стрелков Плазменная релятивистская СВЧ-электроника. М. : МГТУ, 2002.
14. Г. Кнопфель Сверхсильные импульсные магнитные поля. М.: Мир, 1972.
15. А. Шваб Измерения на высоком напряжении. М.: Энергия, 1973.
16. Физика высоких плотностей энергий. М.: Мир, 1974 Под ред. : П. Кальдиrola, Г. Кнопфель
17. А. С. Савелов Методы исследования плазмы (лазерная диагностика) М.: МИФИ, 2008.
18. Б.Ю.Богданович, А.В.Нестерович, А.Е.Шиканов, М.Ф.Ворогушин, Ю.А.Свистунов Дистанционный радиационный контроль с линейными ускорителями. Т1. Линейные ускорители для генерации тормозного излучения и нейтронов. М.: Энергоатомиздат, 2009.
19. А. Н. Диденко СВЧ – энергетика. М. : Наука, 2003.
20. Е.В.Берлин, Л.А.Сейдман Ионно-плазменные процессы в тонкопленочной технологии. М.: Техносфера, 2010.
21. Б.М.Рябов Измерение импульсных напряжений. М.: Энергоатомиздат, 1983.
22. Г.А.Шнеерсон Поля и переходные процессы в аппаратуре сверхсильных токов. М.: Энергоатомиздат, 1992.
23. Г.С. Кучинский Частичные разряды в высоковольтных конструкциях. Л.: Энергия, 1979.

Профиль (направленность): 01.04.13 Электрофизика, электрофизические установки

1. Устройства мощной импульсной техники. Высоковольтные генераторы импульсных напряжений и мощные генераторы импульсов тока. Импульсные трансформаторы. Генераторы Аркадьева- Маркса. Индукционные накопители энергии. Формирующие линии.
2. Коммутаторы на основе вакуумных и газонаполненных разрядников. Статистическое время запаздывания разряда в газоразрядных коммутаторах. Управляемые трехэлектродные разрядники. Разрядники с лазерным поджигом искры.
3. Движение в скрещенных электромагнитных полях. Системы релятивистских уравнений движения заряженной частицы в электромагнитных полях (цилиндрическая и декартова системы координат).

1. Уравнения корпускулярной оптики. Теорема Буша. Электростатические корпускулярные линзы. Магнитные корпускулярные линзы. Оптика Пирса. Квадрупольные линзы. Матричный метод.
2. Физические процессы на поверхности катодов. Термоэлектронные, автоэмиссионные, фото- электронные, взрывоэмиссионные, лазерно- плазменные эмиттеры электронов.
3. Плазменные источники ионов. Ионные источники с осциллирующими электронами. Вакуумно- дуговые источники ионов. Лазерные ионные источники. ВЧ и СВЧ ионные источники.
4. Квазиплоский релятивистский электронный диод. Ограничение тока диода пространственным зарядом. Ток Альвена. Нерелятивистское и ультрарелятивистские приближения. Закон Богуславского- Ленгмюра- Чайлда. Первеанс электронного диода. Ограничение тока пучка собственным магнитным полем.
5. Ионные диоды. Подавление электронной проводимости. Магнитная изоляция.
6. Транспортировка сильноточных пучков. Основные понятия и характерные масштабы. Качественное поведение сильноточных пучков. Поперечные и продольные эффекты пространственного заряда. Особенности зарядовой и токовой нейтрализации электронных пучков ионами и ионных пучков электронами.
7. Электростатический предельный ток пучка. Предельный ток нейтрализованного пучка. Транспортировка пучков в магнитном поле.
8. Эффект Черенкова, нормальный и аномальный эффекты Допплера. Синхротронное, ондуляторное и циклотронное излучение. Особенности спектра в релятивистском случае. Понятие о когерентности излучения системы частиц.
9. Методы диагностики потоков заряженных частиц. Магнитоиндукционные, емкостные, акустические, черенковские, колориметрические, электрооптические и ядерные датчики тока и положения пучка. Методы измерения энергии и спектра пучка.
10. Понятие о газовом разряде. Кривая Пашена. Разряд Пеннинга. Разряд с полым катодом. ВЧ и СВЧ- разряды. Оптический пробой газа и лазерная плазма.
11. Условие квазинейтральности ионизованного газа. Масштабы пространственного и временного разделения зарядов в ионизованном газе. Экранирование электрического поля в ионизованном газе. Длина Дебая. Электростатические колебания Ленгмюра. Связь между частотой колебаний Ленгмюра и длиной Дебая. Плазменные критерии.
12. Частота кулоновских столкновений. Проводимость плазмы. Формула Спитцера. Влияние магнитного поля на проводимость плазмы. Тензор проводимости. Эффект Холла.
13. Принцип действия магнитогидродинамического генератора. Плазменные ускорители и двигатели. Ускоритель Холла. Ускоритель с замкнутым дрейфом электронов. Ускоритель с собственным магнитным полем (рельсотрон).
14. Плазменные диоды для генерации нейтронов и рентгеновского излучения. Диоды с осциллирующими дейтронами (инерциальным электростатическим удержанием-ИЕС). Плазменный фокус.
15. Электродинамические волноводы и резонаторы. Фазовая и групповая скорости. Замедляющие системы.
16. Передающие и трансформирующие линии. Экспоненциальная и коническая коаксиальная линии. Трансформация импульсов с помощью ступенчатой линии. Примеры конструкций понижающих и повышающих трансформирующих линий.
17. Электропрочность вакуумной изоляции. Проблемы ввода напряжения в вакуум. Изоляторы электронных и ионных диодов сильноточных ускорителей. Основные факторы, влияющие на электрическую прочность изоляторов. Методика расчета и проектирования высоковольтных изоляторов.
18. Электрофизические основы СВЧ-энергетики. Распространение электромагнитных волн в поглощающих средах. Отражение и преломление плоской волны на границе двух сред с различными электродинамическими характеристиками. Распространение СВЧ колебаний в

стандартных и сверхпроводящих волноводах. Поглощение энергии в резонаторных рабочих камерах.

Литература

1. Савельев И.В. Курс общей физики, в 3-х томах. М.: Наука, 1982.
2. Иродов И.Е. Основные законы электромагнетизма. М.: Высшая школа, 1991.
3. Иродов И.Е. Волновые процессы. М., СПб: Физматлит, 2002.
4. Савельев И.В. Курс общей физики. В 3х томах. М.: - М.: Наука, Гл. ред. физ-мат. лит., 1982.
5. Иродов И.Е.. Основные законы механики - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Высш. школа, 1997.
6. Иродов И.Е.. Основные законы электромагнетизма - 2-е изд. ,стереотип. - М.: Высш. школа, 1991.
7. Иродов И.Е. Волновые процессы - М.; СПб : Физматлит, 2001, 1999, 2002
8. Мухин К.Н. Введение в ядерную физику - М. : Госатомиздат, 1963.
9. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика Учебник для вузов в 2 т. - 4-е изд., перераб. и доп. - М. : Энергоатомиздат. 1983.
10. Фолкенберри Л. Применение операционных усилителей и линейных интегральных схем. Пер. с англ. - М.: Мир, 1985.
11. Фролкин В.Т., Попов Л.Н. Импульсные и цифровые устройства. Учебное пособие для высших учебных заведений. - М.: Радио и связь, 1992.
12. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники. Пер. с англ. Мир, 1993.
13. Шуренков В.В., Беклемишев В.В., Коршунов А.М. Физика контактных явлений - М. : МИФИ, 1988.
14. Рашиков В.И., Рошаль А.С.. Численные методы решения физических задач: Учебное пособие. –СПб.: «Лань», 2005
15. Аверьянов Г.П., Рошаль А.С.. Введение в информатику: Учебное пособие –М.: МИФИ, 2002.
16. Аверьянов Г.П., Рошаль А.С. Основы современной информатики: Учебное пособие – М: МИФИ, 2007.
17. Лебедев А.Н., Шальнов А.В. Основы физики и техники ускорителей. . –М.: Энергоатомиздат, 1991.
18. Диденко А.Н., Гаврилов Н.М., Пучков В.Н. Техническая электродинамика. -М.: МИФИ, 2000.
19. Вальднер О.А., Диденко А.Н., Шальнов А.В. Ускоряющие волноводы. – М: Атомиздат, 1973.
20. Капчинский И. М. Теория линейных резонансных ускорителей. М.: Энергоатомиздат, 1982
21. Диденко А.Н., Григорьев И.П., Усов Ю.П.. Мощные электронные пучки и их применение. М.: Атомиздат, 1977.
22. Дж. Лоусон Физика пучков заряженных частиц. М.: Мир, 1980.
23. Пучков В.Н. Формирование магнитных полей: Учебное пособие. - М.: МИФИ, 1989.
24. Милованов О.С., Собенин Н.П.: «Техника сверхвысоких частот». М.: Энергоатомиздат, 2007.
25. Милованов О.С., Пономаренко А.Г. “Усилители и автогенераторы метровых волн”. М. МИФИ. 1989.
26. Гоноровский И.С. Основы радиотехники. М. Радио. 1957.
27. Милованов О.С., Собенин Н.П.: «Техника сверхвысоких частот». Атомиздат, 1980.
28. Каминский В.И., Сенюков В.А., Собенин Н.П. Высшие типы волн в элементах ускоряющих структур: Учеб. пособие для вузов. М.: МИФИ, 2002.

29. В.И. Каминский, М.В. Лалаян, Н.П. Собонин. Ускоряющие структуры: учеб. пособие для вузов. М.: МИФИ, 2005.
30. Диденко А.Н., Каминский В.И., Лалаян М.В., Собонин Н.П. Сверхпроводящие ускоряющие резонаторы. – М.:МИФИ, 2008.
31. Глазков А.А., Саксаганский Г.Л. Вакуум электрофизических установок и комплексов. – М.: Энергоатомиздат, 1985.
32. Шатохин В.Л. Технология вакуумных систем: Учебное пособие. – М.: МИФИ, 2000.
33. Райзер Ю.П. Физика газового разряда: Учеб. Руководство.- М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987.
34. Сливков И.Н. Процессы при высоком напряжении в вакууме. – М.: Энергоатомиздат, 1986.

Профиль (направленность): 01.04.14 Теплофизика и теоретическая теплотехника

1. Законы термодинамики. Термодинамические функции.
2. Фазовые переходы
3. Ударные волны. Законы сохранения на фронте ударной волны. Ударная адиабата.
4. Термическое уравнение состояния. Уравнение состояния идеального газа. Уравнение Ван-дер-Ваальса.
5. Теплопроводность газов.
6. Уравнения состояния жидкости и плотных газов. Плотность, сжимаемость, теплоемкость.
7. Закон соответственных состояний, термодинамическое подобие.
8. Энтропия. Статистическое обоснование закона возрастания энтропии.
9. Механизм и скорость химической реакции. Закон действующих масс. Порядок реакции. Константа скорости. Закон Аррениуса.
10. Вязкостный режим течения. Понятие о пограничном слое. Уравнения ламинарного пограничного слоя.
11. Уравнения Рейнольдса осредненного турбулентного движения. Полуэмпирическая теория турбулентности Прандтля. Универсальный профиль скорости для течений вблизи гладких и шероховатых поверхностей.
12. Уравнения теплопроводности и диффузии в химически реагирующей среде
13. Теория и критерий теплового взрыва.
14. Теория детонации. Модель Чепмена. Модель Зельдовича-Неймана-Деринга.
15. Условие химического равновесия. Теплота реакции.
16. Распространение звука в газе, дисперсия и затухание звука. Вязкость.
17. Взаимодействие молекул. Различные составляющие межмолекулярных сил.
18. Потенциальные функции межмолекулярного взаимодействия.
19. Фазовые переходы первого и второго рода.
20. Статистическое описание идеального газа. Распределение Больцмана. Термодинамические свойства одно-, двух- и трехатомных газов.
21. Диаграмма состояния вещества. Тройная точка
22. Диаграмма состояния вещества. Правило фаз Гиббса.
23. Конвективный теплообмен. Теплообмен в ламинарном пограничном слое.
24. Теплообмен при кипении. Кривая кипения.
25. Перепад давления в двухфазном потоке.
26. Механизмы теплообмена в двухфазном потоке.
27. Кризис теплообмена при кипении жидкости в большом объеме и каналах.

Литература

1. Савельев И.В. Курс общей физики, в 3-х томах. М.: Наука, 1982..
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика, Т. 5. М.: Наука, 2001.
3. Квасников И.А. Теория равновесных систем. Термодинамика. Т.1., Статистическая физика, Т. 2. Изд-во УРСС, М, 2002.
4. Румер Ю.Б., Рывкин М.Ш. Термодинамика, статистическая физика и кинетика. Новосибирск, Изд-во Новосибирского ун-та, 2000.
5. Силин В.П. Введение в кинетическую теорию газов, М.: Изд-во ФИ им. Лебедева, 1998.
6. Еремин Е.Н. Основы химической термодинамики. Москва: Высшая школа, 1974. 341с.
7. Дж. Гиршфельдер, Ч. Кертисс, Р. Берд. Молекулярная теория газов и жидкостей, Л., М., 1961.
8. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа.М.: Наука, 1973.
9. Каплан И.Г. Межмолекулярные взаимодействия. Физическая интерпретация, компьютерные расчеты и модельные потенциалы. Москва: Бинوم. Лаборатория знаний, 2014. 397с.
10. Миронова Г.А., Брандт Н.Н., Салецкий А.М. Молекулярная физика и термодинамика в вопросах и задачах. СПб: Лань, 2012. 480с.
11. Фортон В.Е. Уравнения состояния вещества: от идеального газа до кварк-глюонной плазмы: Москва: Физматлит, 2012. 522с.
12. Орленко Л.П. Физика взрыва. В 2-х томах. Москва: Физматлит, 2002.
13. Базаров И. П. Термодинамика. – М.: Высшая школа, 2010.
14. Карслоу Г., Егер Д. Теплопроводность твердых тел: Пер. с англ. – М.: Наука, 1964.
15. Справочник по теплогидравлическим расчетам в ядерной энергетике / ред. П. Л. Кириллов. – М.: ИздАТ. Т.1, 2010.
16. Кириллин В.А., Сычев В.В., Шейндлин А.Е. Техническая термодинамика. – М.: Энергия, 1980.
17. Крейт Ф., Блэк У. Основы теплопередачи: Пер. с англ. – М.: Мир, 1983.
18. Кутателадзе С.С. Основы теории теплообмена. – Изд. 5-е, перераб. и доп. – М.: Атомиздат, 1979.
19. Кутателадзе С.С., Леонтьев А.И. Тепломассообмен и трение в турбулентном пограничном слое. –2-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1985.
20. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика. – Изд. 5-е, стереотип. – М.: Физматлит, 2006.
21. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. – Изд. 7-е, испр. – М.: Дрофа, 2003.
22. Лыков А.В. Теория теплопроводности. – М.: Высшая школа, 1967.
23. Новиков И.И., Боришанский В.М. Теория подобия в термодинамике и теплопередаче. – М.: Атомиздат, 1979.
24. Структура турбулентного потока и механизм теплообмена в каналах / М.Х. Ибрагимов, В.И. Субботин, В.П. Бобков и др. – М.: Атомиздат, 1978.
25. Теплообмен в ядерных энергетических установках: Учебное пособие для вузов. – Изд. 3-е, перераб. и доп. / Б.С. Петухов, Л.Г. Генин, С.А. Ковалев, С.Л. Соловьев. – М.: Изд. МЭИ, 2003.
26. Хинце И.О. Турбулентность. – М.: Физматгиз, 1963.
27. Теплопередача в двухфазном потоке / Под ред. Д. Баттерворса и Г. Хьюитта: Пер. с англ. – М.: Энергия, 1980.
28. Дорошук В.Е. Кризисы теплообмена при кипении воды в трубах. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1983.

29. Делайе Дж., Гио М., Ритмюллер М. Теплообмен и гидродинамика двухфазных потоков в атомной и тепловой энергетике: Пер. с англ. / Под ред. П.Л. Кириллова. – М.: Энергоатомиздат, 1984.

Профиль (направленность): 01.04.16 Физика ядра и элементарных частиц

1. Модели ядра, энергия связи.
2. Виды радиоактивности. Законы α распада.
3. Гамма-излучение возбужденных ядер. Эффект Мессбауэра.
4. Ионизационные потери энергии заряженных частиц. Образование δ -электронов.
Формула Бете-Блоха.
5. Черенковское излучение. Переходное излучение.
6. Взаимодействие фотонов с веществом. Фотоэффект. Эффект Ожэ. Комптон-эффект. Образование электрон-позитронных пар.
7. Принципы работы газовых ионизационных детекторов. Ионизационная камера, пропорциональная камера, счетчик Гейгера-Мюллера.
8. Принципы работы полупроводниковых детекторов.
9. Сцинтилляционные детекторы. Черенковские детекторы.
10. Классификация частиц и взаимодействий, основные свойства. Лептоны и кварки.
Классификация адронов.
11. СРТ-теорема. Нарушение P, C, T-четностей.
12. Теория Ферми слабого взаимодействия.
13. Физика K⁰-мезонов. Регенерация K⁰-мезонов. Осцилляция странности. CP-нарушение в K-мезонах.
14. Смешивание кварков.
15. Открытие W, Z-бозонов, бозона Хиггса.
16. Масса нейтрино. Двойной безнейтринный бета-распад.
17. Осцилляции нейтрино.
18. Упругое eN-рассеяние. Формулы Резерфорда, Мотта, Розенблюта.
19. Кварковая модель адронов. Описание свойств адронов, мультиплеты.
20. Глубоко-неупругие процессы, кварк-партоновая модель.
21. Механизм Хиггса нарушения электрослабой симметрии.
22. Вселенная и ее состав.
23. Кинематические переменные в реакциях взаимодействия и распада. Законы сохранения энергии и импульса.
24. Вероятность распада и сечение процесса. Фазовый объем.
25. Кинематика двухчастичных распадов. Энергетические и угловые распределения продуктов двухчастичного распада.
26. Основные сведения о космических лучах (КЛ). Основные понятия, интенсивность, состав, общая картина спектров (протонно-ядерная компонента, электроны, позитроны, гамма, антипротоны).
27. Крупнейшие экспериментальные комплексы на LHC.

Литература

1. Л.Б. Окунь. Лептоны и кварки. М.: Наука, 1990.
2. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика. М., Атомиздат, 1974
3. Д. Перкинс. Введение в физику высоких энергий. Энергоатомиздат, 2007, 1991, 1975.
4. Рубаков В.А.; Горбунов Д.С. Введение в теорию ранней Вселенной, М.: Красанд, 2010.
5. Капитонов И.М. Введение в физику ядра и частиц 2002.

6. Белоцкий К.М.; Емельянов В.М. Лекции по основам электрослабой модели и новой физике: Москва: МИФИ, 2007

Профиль (направленность): 01.04.20 Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника

1. История развития ускорительной техники. Классификация ускорителей заряженных частиц. Основные ускорительные центры России и мира.
2. Основные характеристики пучков заряженных частиц и ускорителей. Энергия и ток пучка. Энергетический спектр. Акцептанс канала ускорителя и эмиттанс пучка.
3. Основные типы источников ионов: дуоплазматрон, источники с осциллирующими электронами, лазерные источники ионов, источник ионов с вакуумной дугой, СВЧ источники ионов.
4. Типы электронной эмиссии. Катодные устройства.
5. Уравнения корпускулярной оптики. Электростатические и магнитные линзы.
6. Импульсные электростатические ускорители. Ускорители Ван-де-Граафа. Каскадные ускорители.
7. Принцип индукционного ускорения. Бетатрон. Линейный индукционный ускоритель.
8. Бетатронные колебания. Основные причины дефокусировки пучков. Теорема Ирншоу. Теорема Лиувилля.
9. Движение пучка в продольном магнитном поле. Фокусировка фольгами и сетками. Фокусировка внешним магнитным полем. Квадрупольная фокусировка.
10. Фазовое движение. Принцип автофазировки. Уравнение фазовых колебаний. Захват частиц в режим ускорения.
11. Классический циклотрон, ограничение энергии и фокусировка в классическом циклотроне. Изохронные циклотроны. Фазотрон.
12. Микротрон, разрезные микротроны.
13. Электронные и ионные синхротроны.
14. Ускорители электронов на бегущей и стоячей волне. Современные ускоряющие структуры. Электродинамические характеристики ускоряющих волноводов.
15. Излучение Черенкова. Эффекты нагрузки током и обрыва импульса в высокопоточных линейных резонансных ускорителях электронов.
16. Линейные ускорители ионов: системы Альвареца и Видероз. Ускорители с пространственно-однородной квадрупольной и переменной фазовой ВЧ фокусировкой.
17. Метод встречных пучков. Накопление заряженных частиц. Циклические и линейные коллайдеры.
18. Применение эффекта сверхпроводимости в ускорительной технике.
19. Генераторы СВЧ. Клистроны, магнетроны, лампы бегущей волны.
20. Применение ускорителей заряженных частиц в науке, промышленности и медицине.
21. Новые методы ускорения. Коллективное ускорение. Ускорение в прямых импульсных электронных потоках.

Литература

1. Савельев И.В. Курс общей физики, в 3-х томах. М.: Наука, 1982.
2. Иродов И.Е. Основные законы электромагнетизма. М.: Высшая школа, 1991.
3. Иродов И.Е. Волновые процессы. М., СПб: Физматлит, 2002.
4. Савельев И.В. Курс общей физики. В 3х томах. М.: - М.: Наука, Гл. ред. физ-мат. лит., 1982.
5. Иродов И.Е.. Основные законы механики - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Высш. школа, 1997.

6. Иродов И.Е.. Основные законы электромагнетизма - 2-е изд. ,стереотип. - М.: Высш. школа, 1991.
7. Иродов И.Е. Волновые процессы - М.; СПб : Физматлит, 2001, 1999, 2002
8. Мухин К.Н. Введение в ядерную физику - М. : Госатомиздат, 1963.
9. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика Учебник для вузов в 2 т. - 4-е изд., перераб. и доп. - М. : Энергоатомиздат. 1983.
10. Фолкенберри Л. Применение операционных усилителей и линейных интегральных схем. Пер. с англ. - М.: Мир, 1985.
11. Фролкин В.Т., Попов Л.Н. Импульсные и цифровые устройства. Учебное пособие для высших учебных заведений. - М.: Радио и связь, 1992.
12. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники. Пер. с англ. Мир, 1993.
13. Шуренков В.В., Беклемишев В.В., Коршунов А.М. Физика контактных явлений - М. : МИФИ, 1988.
14. Рашиков В.И., Рошаль А.С.. Численные методы решения физических задач: Учебное пособие. –СПб.: «Лань», 2005
15. Аверьянов Г.П., Рошаль А.С.. Введение в информатику: Учебное пособие –М.: МИФИ, 2002.
16. Аверьянов Г.П., Рошаль А.С. Основы современной информатики: Учебное пособие – М: МИФИ, 2007.
17. Лебедев А.Н., Шальнов А.В. Основы физики и техники ускорителей. . –М.: Энергоатомиздат, 1991.
18. Диденко А.Н., Гаврилов Н.М., Пучков В.Н. Техническая электродинамика. -М.: МИФИ, 2000.
19. Вальднер О.А., Диденко А.Н., Шальнов А.В. Ускоряющие волноводы. – М: Атомиздат, 1973.
20. Капчинский И. М. Теория линейных резонансных ускорителей. М.: Энергоатомиздат, 1982
21. Диденко А.Н., Григорьев И.П., Усов Ю.П.. Мощные электронные пучки и их применение. М.: Атомиздат, 1977.
22. Дж. Лоусон Физика пучков заряженных частиц. М.: Мир, 1980.
23. Пучков В.Н. Формирование магнитных полей: Учебное пособие. - М.: МИФИ, 1989.
24. Милованов О.С., Собенин Н.П.: «Техника сверхвысоких частот». М.: Энергоатомиздат, 2007.
25. Милованов О.С., Пономаренко А.Г. “Усилители и автогенераторы метровых волн”. М. МИФИ. 1989.
26. Гоноровский И.С. Основы радиотехники. М. Радио. 1957.
27. Милованов О.С., Собенин Н.П.: «Техника сверхвысоких частот». Атомиздат, 1980.
28. Каминский В.И., Сенюков В.А., Собенин Н.П. Высшие типы волн в элементах ускоряющих структур: Учеб. пособие для вузов. М.: МИФИ, 2002.
29. В.И. Каминский, М.В. Лалаян, Н.П. Собенин. Ускоряющие структуры: учеб. пособие для вузов. М.: МИФИ, 2005.
30. Диденко А.Н., Каминский В.И., Лалаян М.В., Собенин Н.П. Сверхпроводящие ускоряющие резонаторы. – М:МИФИ, 2008.
31. Глазков А.А., Саксаганский Г.Л. Вакуум электрофизических установок и комплексов. – М.: Энергоатомиздат, 1985.
32. Шатохин В.Л. Технология вакуумных систем: Учебное пособие. – М.: МИФИ, 2000.
33. Райзер Ю.П. Физика газового разряда: Учеб. Руководство.- М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987.

34. Сливков И.Н. Процессы при высоком напряжении в вакууме. – М.: Энергоатомиздат, 1986.

Профиль (направленность): 01.04.21 Лазерная физика

1. Полуклассическая теория излучения. Вероятность однофотонных процессов.
2. Спонтанные и индуцированные переходы.
3. Форма и интенсивность спектральных линий.
4. Форма спектральных линий в атомных и молекулярных газах.
5. Электронные, колебательные и вращательные переходы.
6. Правила отбора. Однородное и неоднородное уширение спектральных линий.
7. Естественная ширина, столкновительное и доплеровское уширение.
8. Поперечное и продольное времена релаксации.
9. Уширение спектральных линий активных центров в кристаллах.
10. Понятие о зонной структуре энергетических уровней твердых тел, оптические переходы в полупроводниках.
11. Принцип работы приборов квантовой электроники.
12. Методы создания инверсии населенности и отрицательного поглощения.
13. Оптические резонаторы. Резонатор Фабри-Перо (конфокальный и концентрический резонаторы, неустойчивый резонатор).
14. Продольные и поперечные типы колебаний, спектр частот и расходимость излучения. Добротность резонатора.
15. Устройство и параметры лазеров: трехуровневая система на рубине.
16. Устройство и параметры лазеров: четырехуровневая система на неодимовом стекле.
17. Лазеры на растворах красителей.
18. Лазеры на атомных и молекулярных газах.
19. Лазеры на полупроводниковых материалах.
20. Лазеры на электронно-колебательных переходах примесей.
21. Лазеры на центрах окраски.
22. Волоконные лазеры.
23. Режим работы лазеров: непрерывный режим генерации., переходные процессы.
24. Режим работы лазеров: режим модуляции добротности резонатора, режим синхронизации мод.
25. Сверхкороткие импульсы.
26. Методы стабилизации частоты лазеров.
27. Стандарты частоты.

Литература

1. Борн М., Вольф Э. Основы оптики. М., Наука, 1970.
2. Гудмен Дж. Введение в Фурье-оптику. М., Мир, 1970.
3. Сивухин Д.В. Оптика. М., Физматлит, 2006.
4. Ахманов С.А., Никитин С.Ю. Физическая оптика. М., Изд-во МГУ, 1998
5. Звелто О. Принципы лазеров, М., 2008
6. Карлов Н.В. Лекции по квантовой электронике, М., “Наука”, 1988.
7. Ярив А. Квантовая электроника и нелинейная оптика. М., Сов. радио, 1980
8. Собельман И.И. Введение в теорию атомных спектров. М.: Наука, 1977, 319 с.
9. Ельяшевич М.А. Атомная и молекулярная спектроскопия: Атомная спектроскопия. М.: URSS, 2007, 416 с.
10. Ельяшевич М.А. Атомная и молекулярная спектроскопия: Молекулярная спектроскопия. М.: URSS, 2007.
11. Райзер Ю.П. Физика газового разряда. М.: Наука, 1987.
12. В. Демтрёдер. Лазерная спектроскопия. М.: Наука, 1985.

Профиль (направленность): 01.04.23 Физика высоких энергий

1. Классификация частиц и взаимодействий, основные свойства. Лептоны и кварки. Классификация адронов.
2. СРТ-теорема. Нарушение P, C, T-четностей.
3. Теория Ферми слабого взаимодействия.
4. Физика K⁰-мезонов. Регенерация K⁰-мезонов. Осцилляция странности. CP-нарушение в K-мезонах.
5. Смешивание кварков.
6. Открытие W, Z-бозонов, бозона Хиггса.
7. Черенковское излучение. Переходное излучение.
8. Кварковая модель адронов. Описание свойств адронов, мультиплеты.
9. Глубоко-неупругие процессы, кварк-партоновая модель.
10. Поиск частиц скрытой массы.
11. Механизм Хиггса нарушения электрослабой симметрии.
12. Вселенная и ее состав.
13. Современная модель расширяющейся Вселенной. RD-, MD-стадии, стадия доминантности Лямбда-члена.
14. Инфляция. Современные модели, пространство де-Ситтера.
15. Крупномасштабная структура Вселенной. Джинсовская неустойчивость. Анизотропия CMB.
16. Барионная асимметрия Вселенной.
17. Кинематические переменные в реакциях взаимодействия и распада. Законы сохранения энергии и импульса.
18. Вероятность распада и сечение процесса. Фазовый объём.
19. Кинематика двухчастичных распадов. Энергетические и угловые распределения продуктов двухчастичного распада.
20. Основные сведения о космических лучах (КЛ). Основные понятия, интенсивность, состав, общая картина спектров (протонно-ядерная компонента, электроны, позитроны, гамма, антипротоны).
21. Классификация КЛ по происхождению (первичные и вторичные лучи, галактические и внегалактические, атмосферные и альбедо).
22. Регистрация КЛ. ШАЛ.
23. Распространение заряженных КЛ.
24. Крупнейшие экспериментальные комплексы на ЛНС.
25. Расширения Стандартной модели.
26. Квантовая хромодинамика (КХД). Неабелева калибровочная группа, асимптотическая свобода и удержание (конфайнмент) цветных объектов.
27. Кварковая структура адронов. Изоспин и ароматическая симметрия сильных взаимодействий. Мультиплеты адронов.

Литература

1. Л.Б. Окунь. Лептоны и кварки. М.: Наука, 1990.
2. Д. Перкинс. Введение в физику высоких энергий. Энергоатомиздат, 2007, 1991,1975.
3. Ченг Т.П., Ли Л.Ф. Калибровочные теории в физике элементарных частиц, М.: Мир, 1987. -624 с.
4. Волошин М.Б., Тер-Мартirosян К.А. Теория калибровочных взаимодействий элементарных частиц, М.: Энергоатомиздат - 1984.

5. Бронников К.А., Рубин С.Г. Лекции по гравитации и космологии, учебное пособие для вузов, К. А. Бронников, С. Г. Рубин, Москва: МИФИ, 2008
6. Михеева Е.В., Лукаш В.Н. Физическая космология, Москва: Физматлит, 2012
7. Рубаков В.А., Горбунов Д.С. Введение в теорию ранней Вселенной, М.: Красанд, 2010.
8. Белоцкий К.М., Емельянов В.М. Лекции по основам электрослабой модели и новой физике, Москва: МИФИ, 2007

Согласовано:

Председатель экзаменационной комиссии

Курнаев Валерий Александрович,
д.ф.-м.н., профессор

Заместители председателя экзаменационной комиссии

Попруженко Сергей Васильевич,
д.ф.-м.н., профессор

Евтихий Николай Николаевич,
д.ф.-м.н., профессор

Руднев Игорь Анатольевич д.ф.-м.н.

Диденко Андрей Николаевич,
д.ф.-м.н., профессор

Калин Борис Александрович,
д.ф.-м.н., профессор

Никитенко Владимир Роленович,
д.ф.-м.н., профессор

Яшин Игорь Иванович,
д.ф.-м.н., профессор

Друцкой Алексей Георгиевич,
д.ф.-м.н., профессор