

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ДРУЖБЫ НАРОДОВ»

Факультет физико-математических и естественных наук

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ
ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ**


для поступающих в аспирантуру по направлению

03.06.01 Физика и астрономия

Профили:

«Теоретическая физика»; «Физика плазмы»; «Радиофизика»

Директор направления:
д.ф.-м.н., проф. В.И. Ильгисонис




Москва
2016

Программа вступительных испытаний для поступающих в аспирантуру Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов» по направлению 03.06.01 Физика и астрономия, профили: «Теоретическая физика»; «Физика плазмы»; «Радиофизика»¹ составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта¹ к обязательному минимуму, необходимому для полноценной подготовки кадров высшей квалификации по данному направлению.

Программа вступительных испытаний для поступающих в аспирантуру по направлению 03.06.01 Физика и астрономия утверждена на заседании Ученого совета факультета физико-математических и естественных наук. Протокол заседания № 0201-08/08 от «29» марта 2016 г.

Председатель
Ученого совета факультета
физико-математических и естественных наук

 /Л.Г. Воскресенский/

¹ Приказ Министерства образования и науки РФ от 30 июля 2014 г. N 867 "Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия (уровень подготовки кадров высшей квалификации)

Общие требования

На экзамене поступающие должны:

- продемонстрировать знание основных физических законов в объеме базовых курсов общей физики;
- продемонстрировать владение профессиональными знаниями, соответствующими выбранной специализации;
- уметь решать задачи и отвечать на качественные вопросы, соответствующие квалификации (степени) «магистр физики»;
- владеть аппаратом и уметь использовать математические методы в обоснованиях деланных выводов и заключений;
- уметь в понятной форме, логически последовательно и непротиворечиво обосновать и изложить письменно ход своих рассуждений при решении задач и ответах на вопросы.

Основные разделы программы вступительного экзамена

Базовый курс физики

1. Механика

1. Законы динамики Ньютона. Уравнение Лагранжа в форме Лагранжа и Гамильтона.
2. Законы сохранения энергии и импульса в механике. Энергия и масса, соотношение Эйнштейна.
3. Упругий и неупругий удары. Рассеяние частиц в поле центральной силы. Эффективное сечение рассеяния.
4. Вращательное движение. Момент импульса и момент силы. Момент инерции. Теорема Штейнера. Закон сохранения момента импульса.
5. Движение твердого тела. физический маятник. Прецессия гироскопа.
6. Гармонические колебания материальной точки. Энергия гармонических колебаний. Затухающие и вынужденные колебания. Явление резонанса.
7. Закон всемирного тяготения Ньютона. Движение в поле тяготения. Законы Кеплера. Космические скорости.
8. Неинерциальные системы отсчета. Силы инерции. Центробежная сила. Сила Кориолиса. Опыт Фуко.
9. Деформация твердых тел. Упругие напряжения. Закон Гука. Модуль Юнга и коэффициент Пуассона.
10. Волны в упругих средах. Продольные и поперечные возмущения. Уравнение волны. Распространение звука в упругих средах.
11. Законы гидростатики. Барометрическая формула. Стационарное течение идеальной жидкости. Уравнение Бернулли.
12. Принципы относительности Эйнштейна и Галилея. Основные положения специальной теории относительности. Преобразования Лоренца. Законы релятивистской динамики.

2. Молекулярная физика и термодинамика

1. Законы идеальных газов. Уравнение состояния Клапейрона. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории. Связь температуры со средней кинетической энергией молекул.
2. Распределение Максвелла и вычисление средних значений. Распределение Максвелла-Больцмана.
3. Первое начало термодинамики. Теплоемкость. Вычисление работы и теплоемкости при изопроцессах.
4. Молекулярная теория теплоемкости. Теорема о равномерном распределении энергии по степеням свободы. Теплоемкость одно-, двух- и многоатомных газов. Теплоемкость твердого тела. закон Дюлонга и Пти. Теория теплоемкости Эйнштейна и Дебая.
5. Второе начало термодинамики. Обратимые и необратимые процессы. Различные формулировки второго начала. Цикл Карно и теорема Карно. Неравенство Клаузиуса. Закон возрастания энтропии. Статистический смысл энтропии.
6. Флуктуации. Броуновское движение. Формула Эйнштейна для смещения броуновской частицы. Опыты Перрена.
7. Явления переноса в газах. Средняя длина свободного пробега. Эффективное поперечное сечение. Диффузия, вязкость и теплопроводность. Связь между коэффициентами переноса.
8. Реальные газы. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Изотермы реального газа. Критическое состояние вещества. критические параметры для газа Ван-дер-Ваальса. Внутренняя энергия реального газа.
9. Процесс Джоуля – Томпсона. Методы получения низких температур. Сжижение газов.
10. Свойства вещества при низких температурах. Сверхпроводимость и сверхтекучесть. Теорема Нернста.
11. Фазы и фазовые превращения. Уравнение Клапейрона – Клаузиуса. Испарение и конденсация. Плавление и кристаллизация. Кипение. Тройные точки. Диаграммы состояния. Фазовые превращения второго рода.

3. Электричество и магнетизм

1. Электростатика. Закон Кулона. Теорема Гаусса. Напряженность электрического поля. Силовые линии. Принцип суперпозиции полей. Энергия системы зарядов.
2. электрическое поле системы зарядов. Разложение по мультиполям. Диполь. Свободные и связанные заряды. Поляризация диэлектриков. Поляризуемость молекул и диэлектрическая восприимчивость. Диэлектрическая проницаемость. Векторы электрической поляризации и электрической

- индукции. Энергии электростатического в диэлектриках. Пьезоэлектричество. Сегнетоэлектрики.
3. Постоянный электрический ток. Уравнение сохранения электрического заряда. Законы Ома и Джоуля – Ленца. Источники постоянного тока. Сторонние силы. Механизм проводимости металлов. Зависимость сопротивления от температуры. Правила Кирхгофа. Мост постоянного тока.
 4. Магнитное взаимодействие токов. Закон Ампера. Магнитное поле и его напряженность. Закон Био – Савара – Лапласа. Циркуляция вектора напряженности магнитного поля. Магнитный момент контура с током. Контур с током в магнитном поле.
 5. Закон электромагнитной индукции Фарадея. Правило Ленца. Измерение напряженности магнитного поля. Самоиндукция. Взаимная индукция. Токи Фуко. Магнитная энергия токов.
 6. Магнитное поле в веществе. Вектор намагничивания. Вектор магнитной индукции. Магнитная восприимчивость среды и магнитная проницаемость. Диа-, пара- и ферромагнетизм. Законы Кюри и Кюри – Вейсса. Ферриты.
 7. уравнения Максвелла в дифференциальной и интегральной формах. Ток смещения. Энергия и поток энергии электромагнитного поля.
 8. Движение заряженных частиц в однородном электрическом и магнитном полях. Сила Лоренца. Электрический дрейф. Определение удельного заряда частицы. Опыты Милликена и Иоффе по определению элементарного электрического заряда. Эффект Холла.
 9. Электрический ток в вакууме. Работа выхода электронов из металлов. Термоэлектронная эмиссия. Электронные лампы. Вторичная электронная эмиссия. Автоэлектронная эмиссия. Электронный осциллограф.
 10. Зонная теория проводимости. Металлы, полупроводники, диэлектрики. Свободная и примесная проводимости полупроводников. Выпрямляющее действие контактов полупроводников.
 11. Переменный электрический ток. Метод комплексных амплитуд. Импеданс цепи. Активное и реактивное сопротивления. Закон Ома для переменного тока. Работа и мощность переменного тока. Правила Кирхгофа. Эффективное напряжение и ток. Трансформатор.
 12. Электрический колебательный контур. Период свободных колебаний. Затухание колебаний. Вынужденные колебания. Добротность колебательного контура. Резонанс напряжений. Резонанс токов. Резонансные кривые. Ширина резонансной кривой.
 13. Плоские электромагнитные волны в неограниченной однородной среде. Волновое уравнение. Бегущие волны. Амплитуда и фаза волны. Частота колебаний и волновой вектор. Фазовая и групповая скорости. Поперечность электромагнитных волн. Стоячие волны. Скорость распространения электромагнитных волн. Волны в двухпроводной линии. Вибратор Герца.

4. Оптика

1. Интерференция света. Разность хода интерферирующих лучей. Порядок интерференции. Роль размеров источников и степени монохроматичности

- интерферирующих волн. Интерференция в тонких пленках. Кольца Ньютона. Двухлучевые и многолучевые интерферометры. Разрешающая способность.
2. Дифракция света. Принцип Гюйгенса – Френеля. Дифракция Френеля. Зоны Френеля. Дифракция Фраунгофера. Дифракция на щели. Дифракционная решетка. Дифракция рентгеновских лучей. Формула Вульфа – Брэгга.
 3. Отражение и преломление света на границе раздела двух диэлектриков. Коэффициенты отражения и преломления. Поляризация света при прохождении через границу раздела. Закон Брюстера. Полное внутреннее отражение.
 4. Поляризация света. Естественный и поляризованный свет. Поляризационные устройства. Поляризация при двойном лучепреломлении. Интерференция поляризованных лучей. Эллиптическая и круговая поляризация света.
 5. Тепловое излучение. Абсолютно черное тело. Закон Кирхгофа. Закон Стефана – Больцмана. Закон Вина. Формула Рэлея – Джинса. Формула Планка.
 6. Законы фотоэффекта. Уравнение Эйнштейна. Внутренний и внешний фотоэффект. Фотон. Энергия и импульс фотона.
 7. Дисперсия света. Нормальная и аномальная дисперсия. Комбинационное рассеяние света.
 8. Измерение скорости света. Опыты Физо и Майкельсона. Эффект Доплера в оптике. Сложение скоростей в теории относительности.

5. Физика атома и атомных явлений

1. Опыты Резерфорда по рассеянию альфа-частиц. Ядерная модель атома. Комбинационный принцип. Формула Бальмера. Атом Бора. Принцип соответствия. Опыты Франка и Герца.
2. Корпускулярно-волновой дуализм. Гипотеза де Бройля. Свойства волн де Бройля. Экспериментальное подтверждение гипотезы де Бройля. Статистическая интерпретация волн де Бройля. Соотношения неопределенностей.
3. Уравнение Шредингера. Смысл волновой функции. Средние значения. Задачи с потенциальными «ямами» и «барьерами». Уровни энергии линейного гармонического осциллятора.
4. Магнитные свойства атомов. Магнетон Бора. Опыт Штерна и Герлаха. Спин электрона. Принцип Паули.
5. Вероятности квантовых переходов. Коэффициенты Эйнштейна. Правила отбора. Ширина уровней энергии. Ширина и форма спектральных линий.
6. Общие принципы индуцированного усиления электромагнитного излучения. Лазеры и мазеры. Лазер на рубине. Мазер на аммиаке.
7. Спектры атомов водорода и атомов щелочных металлов по Шредингеру. Тонкая структура термов.
8. Сложение моментов импульса. Типы связей электронных компонентов в атоме. Мультиплетность термов. Спектр атома гелия.
9. Электронные оболочки атомов. Периодическая система элементов.

10. Рентгеновское излучение атомов. Поглощение и рассеяние рентгеновского излучения. Комpton-эффект.
11. Простой и сложный эффект Зеемана. Эффект Пашена – Бака. Электронный парамагнитный резонанс. Эффект Штарка.
12. Адиабатическое приближение. Полосатые спектры молекул.
13. Типы химической связи молекул.

6. Физика атомного ядра

1. Систематика элементарных частиц. Закон сохранения барионного и лептонного чисел.
2. Радиоактивные ядра. Типы и законы радиоактивного распада. Эффект Мёссбауэра.
3. Состав ядер. Размеры, заряд и масса ядер. Изотопы, изобары. Спин ядра. Магнитный момент нуклонов. Магнитный момент ядра. Энергия связи ядер.
4. Классификация ядерных реакций. Прямые ядерные реакции. Составное ядро. Деление и синтез ядер.

Физика плазмы

1. Понятие плазмы. Квазинейтральность, микрополя, дебаевский радиус, идеальная и неидеальная плазма. Образование плазмы и элементарные физические процессы в плазме: диссоциация, возбуждение, ионизация, рекомбинация, тормозное излучение, перезарядка, ядерные реакции синтеза. Упругие (кулоновские) столкновения частиц плазмы. Кулоновский логарифм. Длина свободного пробега и частота упругих столкновений в плазме.
2. Условие термодинамического равновесия, термическая ионизация, формула Саха, корональное равновесие, снижение потенциала ионизации.
3. Понятие о методах описания динамических плазменных явлений: изучение движения отдельных частиц плазмы; гидродинамика плазмы; кинетика плазмы; линейное приближение.
4. Уравнения Больцмана и Власова, столкновительный член, время максвеллизации и скорость выравнивания температур различных компонент плазмы.
5. Плазма в одночастичном приближении. Движение заряженной частицы в магнитном поле, движение в скрещенных электрическом и магнитном полях. Дрейфовое приближение. Дрейф в электрическом поле, в поле внешней силы, в неоднородном магнитном поле, тороидальный дрейф. Вращательное преобразование. Токамак, стелларатор. Адиабатические инварианты: поперечный (сохранение магнитного момента), продольный инвариант, сохранение магнитного потока. Открытые ловушки.
6. Магнитная гидродинамика плазмы. Магнитное давление. Параметр β . Проникновение магнитного поля в плазму, вмороженность магнитного поля. Законы сохранения в идеальной одножидкостной МГД. Равновесные конфигурации плазмы в магнитной гидродинамике, пинч. Колебания и волны

в замагниченной плазме: альфвеновская волна, магнитозвуковые волны. Диэлектрическая проницаемость плазмы в области низких частот, гибридные частоты, вистлеры. Обыкновенные и необыкновенные волны в плазме.

7. Проблема макроскопической устойчивости плазмы. Основные виды магнитогидродинамических неустойчивостей, методы их подавления. Желобковая неустойчивость плазмы. Принцип “минимума В”.
8. Представления о методах диагностики плазмы: оптическая спектроскопия, просвечивание СВЧ и лазерными лучами, корпускулярная диагностика, зондовые методы. Особенности диагностики быстрых процессов.
9. Состояние термоядерных исследований - последние достижения, новые вопросы. Применение плазмы: плазменные источники излучения, электрореактивные двигатели, плазмохимические генераторы, МГД-генераторы, обработка поверхности (очистка, упрочнение), ионное легирование.

Теоретическая физика

1. Канонические уравнения Гамильтона, условия их интегрируемости по Лиувиллю.
2. Уравнения Лагранжа – Рауса для потенциальных систем. Уравнение Гамильтона – Якоби. Интегральный инвариант Пуанкаре – Картана.
3. Уравнения движения релятивистского заряда во внешнем электромагнитном поле. Уравнения Мещерского для релятивистской ракеты.
4. Уравнения Максвелла в среде в ковариантной форме. Электромагнитное поле произвольно движущегося заряда. Мультипольное разложение электромагнитных потенциалов в волновой зоне. Уравнения Максвелла в квазистационарном приближении. Релятивистская сила реакции излучения в ковариантной форме.
5. Квазиклассическое приближение в квантовой механике.
6. Квантовая теория излучения в дипольном приближении: интенсивность излучения,
7. коэффициенты Эйнштейна. Соотношение неопределенностей и квантовые корреляции. Теплоемкость твердых тел. Теория излучения абсолютно черного тела.
8. Уравнение Дирака во внешнем электромагнитном поле. Распределения Бозе – Эйнштейна и Ферми – Дирака. Теория флуктуаций в гауссовском приближении. Квантовая теория потенциального рассеяния в борновском приближении.
9. Уравнения переноса Максвелла – Больцмана.
10. Большое каноническое распределение Гиббса. Приближение Томаса – Ферми.
11. Распределение Гиббса для классических и квантовых систем.
12. Уравнения гидродинамики вязкой жидкости. Уравнения магнитной гидродинамики.
13. Метод самосогласованного поля Хартри – Фока.

Радиофизика

1. Отражение и преломление плоской электромагнитной волны на границе раздела двух диэлектриков (без потерь), граничные условия. Коэффициенты отражения и прохождения для различных (ТЕ- и ТМ-) поляризаций, анализ их особенностей. Угол Брюстера. Явление полного внутреннего отражения.
2. Металлический прямоугольный волновод. Типы волн, распространяющихся в волноводе. Зависимость фазовой скорости от частоты и параметров волновода. Критический и закритический режим. Отраженные волны. Коэффициент стоячей волны. Согласование волновода с внешней нагрузкой.
3. Отражательный клистрон - СВЧ генератор. Процессы в отражательном клистроне (ОК). Движение электронов в зазоре резонатора и пространстве дрейфа ОК. Скоростная модуляция, углы пролета, параметр группирования, фаза группировки. Зоны генерации, электронная настройка и ее крутизна.
4. Зонная теория проводимости: зонная структура металлов, полупроводников и диэлектриков. Уровень Ферми. Собственная и примесная проводимость полупроводников. Дрейфовое и диффузионное движение заряда в полупроводниках. Уравнение непрерывности. Уравнение диффузии, диффузионная длина.
5. Р-п-переход. Вольтамперная характеристика р-п-перехода. Физическая природа прямого и обратного тока в р-п-переходе. Принцип работы и основные характеристики полупроводниковых диодов и варикапов.
6. Физические основы работы фотодиодов, их основные характеристики и схемы включения. Физические основы работы светодиодов, типы светодиодов и их основные характеристики.
7. Колебательный контур. Анализ уравнений, описывающих явления в колебательных контурах последовательного и параллельного типа. Амплитудно-частотные и фазо-частотные характеристики. Основные параметры резонансного LC-контурa. Примеры применения LC-контуров в радиотехнике.
8. Радиотехнические сигналы и их спектры на примере следующих сигналов: прямоугольного импульса, сигнала с АМ- и ЧМ-модуляцией. Частотные искажения при прохождении радиосигналов через линейные цепи.
9. Представление непрерывного сигнала его значениями в дискретных точках временного интервала. Дискретизация по времени и квантование по уровню. Теорема Котельникова.
10. Магнитные моменты атомов, их квантование. Поведение магнитных моментов атомов в магнитном поле, явление магнитного резонанса: ЭПР и ЯМР.
11. Принцип действия и особенности конструкций лазеров. Методы создания инверсной разности населенностей в активных средах лазеров, требования, предъявляемые к этим средам. Основные свойства оптических резонаторов лазеров. Условие самовозбуждения лазера.

12. Операционные усилители (ОУ). Устройство и основные параметры. Типовые схемы включения операционных усилителей (инвертирующий, неинвертирующий усилители, повторитель напряжения, преобразователь ток-напряжение). Частотные характеристики ОУ, устойчивость усилительной схемы с ОУ. Интегратор на ОУ.

Вступительный экзамен оценивается экзаменационной комиссией по 100-балльной (100-процентной) шкале в соответствии с критериями выставления оценки.

ECTS	Баллы %	Критерии выставления оценки
А	95-100	Оценка «отлично» - ставится при полных, исчерпывающих, аргументированных ответах на все основные и дополнительные экзаменационные вопросы. Ответы должны отличаться логической последовательностью, четкостью в выражении мыслей и обоснованностью выводов, демонстрирующих знание источников, понятийного аппарата и умения ими пользоваться при ответе.
В	86-94	Оценка ставится при достаточно полных и аргументированных ответах на все основные и дополнительные экзаменационные вопросы. Ответы должны отличаться логичностью, четкостью, знанием понятийного аппарата и литературы по теме вопроса при незначительных упущениях при ответах.
С	69-85	В целом неплохое знание рассматриваемого вопроса, но с заметными ошибками.
Д	61-68	Оценка «удовлетворительно» - ставится при неполных и слабо аргументированных ответах, демонстрирующих общее представление и элементарное понимание существа поставленных вопросов, понятийного аппарата и обязательной литературы.
Е	51-60	Самое общее представление о рассматриваемом вопросе, отвечающее лишь минимальным требованиям. Серьезные ошибки.
Ф	0-50	Оценка «неудовлетворительно» - ставится при незнании и непонимании абитуриентом существа экзаменационных вопросов.

Список литературы для подготовки к вступительному экзамену в аспирантуру

Рекомендуемая литература

1. А.Ф. Александров, Л.С. Богданкевич, А.А. Рухадзе. Основы электродинамики плазмы. М.: Высшая школа, 1988.
2. А.Ф. Александров, А.А. Рухадзе. Лекции по электродинамике плазмоподобных сред. М.: Изд. МГУ, 1999.
3. Электродинамика плазмы. Сб. под ред. А.И. Ахиезера. М.: Наука, 1974.
4. Ф. Клеммоу, Дж. Доуэрти. Электродинамика частиц и плазмы. М.: Мир, 1996.
5. Р. Хокни, Дж. Иствуд. Численное моделирование методом частиц. -М: Мир, 1987.
6. Ч. Бэдсел, А. Ленгдон. Физика плазмы и численное моделирование. – М: Энергоатомиздат, 1989.
7. Ю.С. Сигов. Вычислительный эксперимент: мост между прошлым и будущим физики плазмы. - М: Физматлит, 2001. 286 с.
8. В.В. Воеводин, Вл. В. Воеводин. Параллельные вычисления. СПб: БХВ-Петербург, 2002.
9. А.М. Горелик. Современный Фортран для компьютеров традиционной архитектуры и для параллельных вычислительных систем // Вычислительные методы и программирование. Т. 5. 2004.
10. В.Э. Малышкин. Основы параллельных вычислений. Электронная версия учебного пособия. 2003. ЦИТ СГГА.
11. Ю.П.Райзер. Физика газового разряда. М.Наука. 1987
12. В.А.Грановский. Электрический ток в газе под ред. Л.А.Сены. М.1971
13. О.А. Синкевич, И.П.Стаханов. Физика плазмы. М.Высшая школа 1991
14. Е.П.Велихов, А.С.Ковалев. Физические явления в газоразрядной плазме. М.Наука. 1987
15. В.Д. Пархоменко, Ю.Д. Третьяков. Низкотемпературная плазма. Пламохимическая технология. Новосибирск, Наука, 1991.
16. В.П. Силин. Параметрическое воздействие излучения большой мощности на плазму. М.: Наука, 1973.
17. Л.А. Арцимович, Р.З. Сагдеев. Физика плазмы для физиков. М.: Атомиздат, 1979
18. Б.Б. Кадомцев. Коллективные явления в плазме. М.: Наука, 1988.
19. Ф. Чен. Введение в физику плазмы. М.: Мир, 1987.
20. А.С. Кингсеп. Введение в нелинейную физику плазмы. М.: Изд-во МФТИ, 1996.
21. Г. Бейтман. МГД-неустойчивости. М.: Энергоиздат. 1982.
22. А.Б. Михайловский. Теория плазменных неустойчивостей. Т.1. Неустойчивости однородной плазмы. М.: Атомиздат, 1970.
23. Р. Кулсруд. Магнитогидродинамическое описание плазмы. В сб. Основы физики плазмы, под ред. А. А. Галеева и Р. Судана, т.1. М.: Энергоатомиздат, 1983, с. 122.
24. Б. А. Дубровин, С. П. Новиков, А. Т. Фоменко. Современная геометрия. // М.: "Наука", 1979
25. А. В. Бочаров, А. М. Вербовецкий, А. М.
26. М.Б. Виноградов и др. Симметрии и законы сохранения уравнений математической физики. М.: Изд-во "Факториал", 1997.
27. Линейная трансформация и поглощение волн в плазме. - УФН, 1971, т.104, вып.3,с.413-457.
28. Н.С. Ерохин., С.С. Моисеев. Волновые процессы в неоднородной плазме. - В сб. "Вопросы теории плазмы" под ред. М.А.Леонтовича. М.: Атомиздат, 1973, вып.7, с.146-204.
29. Диагностика плазмы. Под ред. Р. Хадлстоуна и С. Леонарда. М.: Мир, 1967.
30. В.Е. Голант. Сверхвысокочастотные методы исследования плазмы. М.: Наука, 1968.
31. А.Н. Кондратенко. Плазменные волноводы. М.: Атомиздат, 1976.

32. Л.А. Душин, О.С. Павличенко. Исследование плазмы с помощью лазеров. М.: Атомиздат, 1968.
33. Г. Грим. Спектроскопия плазмы. М.: Атомиздат, 1969.
34. Диагностика плазмы. Под ред. С.Ю. Лукьянова. М.: Атомиздат, 1973.
35. Лоусон. Физика пучков заряженных частиц. М.: Мир, 1984.
36. Рухадзе А.А. и др. Физика сильноточных релятивистских электронных пучков М.: Атомиздат, 1980.
37. Молоковский С.И., Сушков А.Д. Интенсивные электронные и ионные пучки. М.: Энергоатомиздат, 1991.
38. Абрамян Е.А., и др. Интенсивные электронные пучки. М.: Энергоатомиздат, 1984.
39. Незлин М.В. Динамика пучков в плазме. М.: Энергоатомиздат, 1982.
40. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Механика. – М.: Наука, 2002.
41. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика. – М.: Наука, 1986.
42. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория упругости. – М.: Наука, 1986.
43. Терлецкий Я.П. Статистическая физика. – М.: Высшая школа, 1994.
44. Терлецкий Я.П., Рыбаков Ю.П. Электродинамика. - М.: Высшая школа, 1990.
45. Ландау Л.Д. и Лифшиц Е.М. Квантовая механика. – М.: Наука, 1989.
46. Рыбаков Ю.П., Терлецкий Я.П. Квантовая механика. - М.: Изд-во РУДН, 1991.
47. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория поля. - М., Наука, 1988. - 506 с.
48. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Электродинамика сплошных сред. – М.: Наука, 1982.
49. Методы нелинейной динамики и теории хаоса в задачах электроники сверхвысоких частот: В 2-х т.: Коллективная монография. Т. 2: Нестационарные и хаотические процессы / Под ред. А.А. Короновского, Д.И. Трубецкова, А.Е. Храмова. – М.: Физматлит, 2009.
50. Гусев В.Г. Электроника и микропроцессорная техника: Учебник для вузов. – 5-е изд., стереотип. – М.: Высшая школа, 2008.
51. Агравал Г. Применение нелинейной волоконной оптики: Учебное пособие. Пер. с англ. В.И. Кузина / Под науч. ред. И.Ю. Денисюка. – СПб.: Лань, 2011.
52. Молотков Н.Я. Учебные эксперименты по волновой оптике. СВЧ демонстрации: Учебное пособие. – Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект», 2011.
53. Фальковский О.И. Техническая электродинамика: Учебник. – 2-е изд., стереотип. – СПб.: Лань, 2009.
54. Ахманов С.А. Статистическая радиофизика и оптика. Случайные колебания и волны в линейных системах. – 2-е изд., перераб., и доп. – М.: Физматлит, 2010.
55. Звелто О. Принципы лазеров: Монография. Пер. с англ. Д.Н. Козлова / Под ред. Т.А. Шмаонова. – 4-е изд. – СПб.: Лань, 2008.
56. Попов В.П. Основы теории цепей: Учебник для вузов. – 6-е изд., испр. – М.: Высшая школа, 2007.
57. Яблонский А.А. Курс теории колебаний: Учебное пособие. – 4-е изд., стереотип. – СПб.: Лань, 2003.
58. Калитеевский Н.И. Волновая оптика: Учебное пособие. – 5-е изд., стереотип. – СПб.: Лань, 2008.
59. Грундман М. Основы физики полупроводников. Нанопластика и технические приложения: Пер. с англ. / Под ред. В.А. Гергеля. – 2-е изд. – М.: Физматлит, 2012.
60. Оптоэлектроника / Под общ. ред. И.Б. Федорова. – М.: Янус-К, 2011.
61. Лебедев А.И. Физика полупроводниковых приборов. – М.: Физматлит, 2008.
62. Догадин Н.Б. Основы радиотехники: Учебное пособие. – СПб.: Лань, 2007.