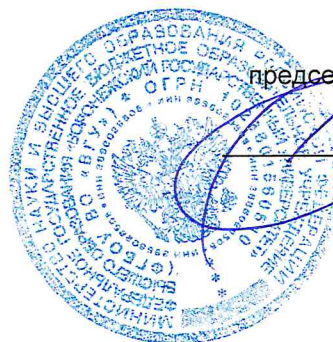


МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)



УТВЕРЖДАЮ
председатель приемной комиссии

Д.А. Ендовицкий

29.08.2019

**Программа вступительного экзамена
по специальной дисциплине
по программе подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре
по направлению
03.06.01 Физика и астрономия**

Профиль: Теоретическая Физика

1. Принцип наименьшего действия. Уравнения Лагранжа.
2. Законы сохранения как следствия симметрии функции Лагранжа.
3. Движение в центральном поле. Кеплерова задача.
4. Формула Резерфорда.
5. Параметрический резонанс.
6. Ангармонические колебания.
7. Движение в быстро осциллирующем поле.
8. Канонические уравнения (уравнения Гамильтона).
9. Скобки Пуассона. Канонические преобразования. Теорема Лиувилля.
10. Действие как функция координат и времени. Уравнение Гамильтона-Якоби.
11. Разделение переменных в уравнении Гамильтона-Якоби.
12. Уравнение Эйлера для идеальной жидкости. Звуковые волны.
13. Обтекание тел идеальной жидкостью. Парадокс Даламбера.
14. Подъёмная сила Жуковского.
15. Уравнение Навье-Стокса.
16. Обтекание тел вязкой жидкостью. Формула Стокса.
17. Ударные волны.
18. Специальная теория относительности. Преобразования Лоренца. Четырёхмерные векторы.
19. Релятивистская механика: функция Лагранжа релятивистской частицы в поле, уравнение движения релятивистской частицы.
20. Система уравнений Максвелла для электромагнитного поля в вакууме. Энергия и импульс электромагнитного поля.
21. Основные уравнения постоянного электрического поля.
22. Электрическое поле на больших расстояниях от системы зарядов.
23. Уравнения постоянного магнитного поля. Закон Био-Савара-Лапласа. Магнитная энергия постоянных токов.
24. Запаздывающие потенциалы. Потенциалы Лиенара-Вихерта.
25. Электромагнитные волны. Волновое уравнение. Плоские волны. Монохроматическая плоская волна.
26. Общая теория излучения. Спектральное разложение излучения. Дипольное излучение.
27. Магнитно-дипольное и квадрупольное излучения.
28. Торможение излучением.
29. Рассеяние электромагнитных волн свободным зарядом.
30. Тензор электромагнитного поля. Преобразования Лоренца для поля.
31. Тензор энергии-импульса электромагнитного поля.
32. Уравнения электромагнитного поля в поляризующихся и намагничивающихся средах.
33. Квазистационарное приближение для электродинамики проводников. Скин-эффект.
34. Электромагнитные волны в диэлектриках в отсутствие дисперсии.

35. Дисперсия диэлектрической проницаемости. Аналитические свойства диэлектрической проницаемости.
36. Уравнение Шредингера. Основные свойства уравнения Шредингера. Уравнение непрерывности.
37. Одномерное движение. Одномерный осциллятор.
38. Квазиклассическое приближение.
39. Прохождение частицы через барьер.
40. Общие свойства движения частицы в центральном поле. Радиальное уравнение Шредингера.
41. Атом водорода (дискретный спектр).
42. Атом водорода (непрерывный спектр).
43. Теория возмущений (стационарный случай).
44. Вариационный метод.
45. Спин. Оператор спина. Уравнение Паули.
46. Принципы тождественности и Паули. Уравнения Хартри-Фока.
47. Эффект Зеемана.
48. Общая теория рассеяния. Борновское приближение.
49. Рассеяние заряженных частиц (формула Резерфорда).
50. Нестационарная теория возмущений. Квантовые переходы. Золотое правило Ферми.
51. Излучение света атомами и молекулами.
52. Спонтанные и вынужденные переходы. Коэффициенты Эйнштейна.
53. Молекулы. Адиабатическое приближение. Принцип Франка-Кондона. Электронные колебательные и вращательные спектры.
54. Релятивистское уравнение Клейна-Гордона. Уравнение Дирака и его решение для свободной частицы.
55. Ядерные силы и их свойства. Статические свойства ядер (размеры и форма, энергия связи, спин и четность состояний, электрический и магнитный моменты, изотопический спин).
56. Модели атомных ядер. Оболочечная, гидродинамическая и обобщенная модели ядер.
57. Альфа-, бета- и гамма- радиоактивности и их основные закономерности.
58. Метод круговых процессов, метод термодинамических потенциалов.
59. Общие условия равновесия и устойчивости термодинамических систем. Термодинамические неравенства.
60. Механическое и статистическое описание макросистем. Эргодическая проблема.
61. Микроканоническое распределение. Каноническое распределение Гиббса.
62. Идеальный изотермический газ. Парадокс Гиббса.
63. Теорема о равномерном распределении кинетической энергии по степеням свободы и теорема о вириале.
64. Распределение Максвелла-Больцмана для идеального газа.
65. Уравнение Ван-дер-Ваальса.
66. Фазовые переходы первого рода. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса.

67. Фазовые переходы второго рода. Уравнение Эренфеста.
68. Квантовое каноническое и большое каноническое распределения.
69. Квантовая теория теплоемкости твердых тел.
70. Распределение Бозе–Эйнштейна. Бозе–эйнштейновская конденсация.
71. Распределение Ферми–Дирака и его свойства.
72. Уравнение состояния квантовых газов. Слабое вырождение бозе- и ферми-газов.
73. Вырожденный электронный газ. Электронная теплоемкость металлов.
74. Флуктуации. Примеры вычисления флуктуаций. Рассеяние света на флуктуациях плотности.
75. Основы неравновесной термодинамики.
76. Кинетическое уравнение Больцмана. H-теорема Больцмана.
77. Уравнение Фоккера–Планка.
78. Теория броуновского движения.

Рекомендуемая литература

Основная

1. Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. 5-е изд., стереотип. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012. 224 с.,
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория поля. М., Наука, 1994.
3. Бредов М.М., Румянцев В.В., и др. Классическая электродинамика. М., Наука, 1985.
4. Давыдов А.С. Квантовая механика. М., Наука, 2012.
5. Блохинцев Д.И. Основы квантовой механики. М., Наука, 2003.
6. Капитонов И.М. Физика ядра и элементарных частиц. М.: Наука, 2004
7. Сивухин Д.В. Курс общей физики, т.5, часть 1. М., Наука, 1988
8. Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела. М., Высшая школа, 2000.
9. Займан Дж. Принципы теории твердого тела. М., Физматлит. 1988.

Дополнительная

10. Тамм И.Е. Основы теории электричества. М., Наука, 1976.
11. Ландсберг Г.С. Оптика. М., Наука, 1976.
12. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика. М., Физматгиз, 2012.
13. Соколов А.А., Тернов И.М., Жуковский В.Ч. Квантовая механика. М., Наука, 1991.
14. Н. Ашкрофт, Н. Мермин. Физика твердого тела. М., Мир. 2007
15. А. А. Абрикосов. Основы теории металлов. М., Наука, 2013

Профиль: Радиоп физика

1. Спектральный анализ периодических и непериодических сигналов.
2. Преобразование Фурье и его основные свойства.
3. Комплексная огибающая, полная фаза и мгновенная частота узкополосного сигнала.
4. Спектральный метод анализа прохождения сигналов через линейные стационарные системы.

5. Простейшие дифференцирующие и интегрирующие цепи.
6. Импульсные характеристики линейных стационарных цепей и их нахождение с помощью операторного метода.
7. Стационарные и нестационарные случайные процессы и способы их описания.
8. Корреляционно - спектральная теория случайных процессов. Теорема Винера - Хинчина.
9. Воздействие шумов на линейные системы.
10. Марковские процессы. Уравнение марковского процесса. Уравнение Фоккера -Планка – Колмогорова
11. Статистические характеристики огибающей и фазы узкополосного нормального случайного процесса.
12. Безынерционные и инерционные нелинейные преобразования шумов.
13. Шумы в автогенераторах. Распределение амплитуды, ширины и формы спектральной линии.
14. Интерпретация обработки сигналов и случайных процессов как задача выбора решения
15. Обнаружение и выделение сигнала. Простая и сложная гипотезы. Пространство наблюдений, сигналов и решений.
16. Точечные и интервальные оценки. Эффективные оценки. Неравенство Крамера - Рао.
17. Достаточность и состоятельность оценок. Байесовские оценки. Оценки максимального правдоподобия.
18. Оценки параметров случайных процессов.
19. Тепловой шум. Классический и квантовый вариант формулы Найквиста.
20. Консервативные колебательные системы. Условия возникновения состояния равновесия.
21. Диссипативные колебательные системы. Колебательный контур с малым нелинейным затуханием.
22. Фазовый портрет маятника с затуханием. Особая точка типа «центр».
23. Линейный контур с постоянным затуханием.
24. Метод медленно меняющихся амплитуд.
25. Фазовая плоскость и фазовое пространство. Особые точки в нелинейных системах.
26. Метод комплексных амплитуд.
27. Метод гармонического баланса.
28. Классические колебательные системы. Качественное рассмотрение колебаний маятника.
29. Нахождение скорости на сепаратрисе колебаний маятника.
30. Методы приближенного рассмотрения колебательных систем. Метод последовательных приближений.
31. Фазовый портрет маятника с затуханием. Особая точка типа «седло».
32. Солитон.
33. Нелинейный контур без затухания.
34. Колебания в контуре с нелинейной емкостью р-п перехода.

35. Виды трения. Сухое трение. Линейное трение. Квадратичное трение.
36. Вынужденные колебания в линейных системах.
37. Колебания в контуре с нелинейной индуктивностью.
38. Методы приближенного рассмотрения колебательных систем.
39. Понятие о волнах. Примеры волновых движений. Волновое уравнение и его модификации.
40. Волновое уравнение. Плоские волны в однородной изотропной среде.
41. Уравнения Максвелла в комплексной форме. Поляризация волн.
42. Энергия электромагнитного поля
43. Распространение волн в анизотропных средах. Тензор диэлектрической проницаемости.
44. Диэлектрическая проницаемость сред со свободными зарядами.
45. Дисперсия электромагнитных волн в неполярных и полярных диэлектриках.
46. Распространение волн в диспергирующих средах. Комплексная диэлектрическая проницаемость
47. Распространение плоских волн в кристаллических средах
48. Распространение электромагнитных волн в поглощающих средах.
49. Распространение плоских волн в магнитоактивной плазме.
50. Распространение электромагнитных волн в феррите.
51. Гиротропия ионосферы.
52. Распространение волн в нелинейных средах. Уравнения для нелинейных волн.
53. Теория дифракции. Распространение ограниченных волновых пучков.
54. Метод Кирхгофа и функция Грина в теории дифракции.
55. Самовоздействие волновых пучков и волновых пакетов в нелинейных средах.
56. Волноводное распространение пучков.
57. Волновой пакет в диспергирующей среде.

Рекомендуемая литература

Основная

1. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. - М.: Высшая школа, 2000.
2. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы. - М.: Дрофа, 2006.
3. Нефедов В.И. Основы радиоэлектроники и связи. – М.: Высшая школа, 2002.
4. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов. – СПб: Питер, 2003.
5. Тихонов В.И. Статистическая радиотехника. — М. Сов радио, 1982.
6. Куликов Е.И. Прикладной статистический анализ. М. — Горячая линия – Телеком, 2008.
7. Мигулин В.В., Медведев В.И., Мустель Е.Р., Парыгин В.Н. Основы теории колебаний. М.: Наука, 1988.
8. Виноградова М. Б. Теория волн: Учебное пособие для студентов физических специальностей. – М.: Наука, 1990.
9. Никольский В. В. Электродинамика и распространение радиоволн: Учеб. Пособие для студ. радиотехн. спец. вузов. – М.: Наука, 1989.

10. Вайнштейн Л. А. Электромагнитные волны. – М.: Радио и связь, 1988.

Дополнительная

11. Электротехника и основы электроники / О.А.Антонова, О.П.Глудкин, П.Д.Давыдов и др.; Под ред. О.П.Глудкина и Б.П.Соколова. - М.: Высшая школа, 1993.
12. Каганов В.И. Радиотехнические цепи и сигналы: компьютеризированный курс. – М.: Форум: ИНФРА-М, 2005.
13. Лайонс Р. Цифровая обработка сигналов; под ред. А.А. Бритова. – М.: Бином, 2007.
14. Умняшкин С.В. Теоретические основы цифровой обработки и представления сигналов. – М.: Форум: ИНФРА-М, 2008.
15. Трубецков Д. И. Линейные колебания и волны: Учебное пособие для студ. вузов, обуч. по физич. спец. – М.: Физматлит, 2001.

Профиль: Оптика

1. Электромагнитная теория света. Уравнения Максвелла для диэлектрической среды. Вектор Умова-Пойнтинга. Волновое уравнение. Плоские и сферические волны. Фазовая и групповая скорости света.
2. Распространение электромагнитных волн оптического диапазона в проводящей среде. Комплексная диэлектрическая проницаемость. Комплексный показатель преломления.
3. Дисперсия света. Зависимость диэлектрической проницаемости, показатель преломления, показатель поглощения)
4. Поглощение света. Закон Бугера для оптически однородных сред.
5. Дисперсионные соотношения Крамерса - Кронига.
6. Фотонное эхо и самоиндуцированная прозрачность. Солитоны. Релаксационные процессы.
7. Поляризация света. Типы поляризационных устройств.
8. Отражение и преломление света на границе раздела изотропных сред. Формулы Френеля.
9. Полное внутреннее отражение.
10. Комплексная диэлектрическая проницаемость. Отражение света от поверхности проводника. Скин-эффект в оптике. Глубина проникновения волны в металл.
11. Распространение света в анизотропных и гиротропных средах. Волновые поверхности в кристаллах. Лучи и волновые нормали. Эллипсоид Френеля.
12. Оптические свойства одноосных и двуосных кристаллов. Двойное лучепреломление. Коническая рефракция.
13. Электрооптические эффекты Керра и Поккельса.
14. Оптическая активность. Эффект Фарадея.

15. Оптика движущихся сред. Опыты Физо и Майкельсона. Преобразования Лоренца. Продольный и поперечный эффекты Допплера.
16. Приближение геометрической оптики. Асимптотическое решение волнового уравнения. Уравнение эйконала. Область применения лучевого приближения. Принцип Ферма.
17. Гомоцентрические пучки. Понятие оптического изображения. Параксиальное приближение. Преломление на сферической поверхности. Сферические зеркала и линзы. Образование каустик в оптических системах.
18. Негомоцентрические пучки. Астигматизм и астигматическая разность. Аберрации оптических систем. Сферическая аберрация. Хроматическая аберрация. Кома.
19. Интерференция световых волн. Интерференция частично-когерентного излучения. Двухлучевая и многолучевая интерференция.
20. Интерферометры.
21. Многослойные покрытия. Интерференционные фильтры и их характеристики.
22. Дифракция. Принцип Гюйгенса. Дифракция Френеля и Фраунгофера.
23. Дифракционная решетка. Разложение белого света в спектр при помощи дифракционной решетки.
24. Влияние дифракции на разрешающую силу систем, образующих изображение. Дифракционный предел и его преодоление.
25. Законы теплового излучения. Формула Планка. Закон Кирхгофа. Закон смещения Вина.
26. Фотоэффект. Законы фотоэффекта.
27. Квантовая теория оптических переходов. Вероятности спонтанных и вынужденных переходов. Коэффициенты Эйнштейна. Дипольное приближение. Квадрупольные и магнитодипольные переходы. Сверхизлучение.
28. Нелинейные восприимчивости. Распространение волн в нелинейной среде.
29. Нелинейное поглощение. Генерация оптических гармоник. Трёхволновое взаимодействие. Параметрическое преобразование частоты.
30. Нелинейная рефракция. Эффекты самовоздействия.
31. Вынужденное и комбинационное рассеяние. Вынужденное рассеяние Мандельштама-Бриллюэна.
32. Обращение волнового фронта.
33. Статистическая оптика. Временная и пространственная когерентность световых полей. Спектральное представление. Теорема Винера-Хинчина. Опыт Брауна-Твисса. Квантовые свойства световых полей.
34. Перепутанные состояния света. Парадокс Эйнштейна-Подольского-Розена. Неравенства Белла. Статистика частично поляризованного излучения.
35. Рассеяние света в дисперсной среде. Формула Рэлея. Задача Ми и результат ее решения.
36. Оптические спектры атомов. Их происхождение. Постулаты Бора.

37. Систематика спектров многоэлектронных атомов. Типы связей электронов.
38. Определение набора термов. Исходные термы. Мультиплетная структура. Правила отбора для оптических переходов в атомах.
39. Оптические спектры молекул. Адиабатическое приближение. Типы молекулярных спектров и их происхождение.
40. Колебательные спектры двух- и многоатомных молекул. Модели гармонического и ангармонического осциллятора. Классификация типов нормальных колебаний. Правила отбора в колебательных спектрах поглощения и комбинационного рассеяния. Резонанс Ферми. Вращательная структура колебательных полос.
41. Вращательные спектры двух- и многоатомных молекул и их интерпретация с помощью квантово-механических моделей.
42. Электронные спектры молекул. Классификация электронных состояний двухатомных молекул. Принцип Франка-Кондона. Типы связи электронного движения и вращения.
43. Оптическая спектроскопия твердого тела. Переходы под действием света в идеальном кристалле.
44. Поглощение в инфракрасной области спектра и взаимодействие света с фононной подсистемой.
45. Люминесценция. Классификация люминесценции по длительности свечения и способу ее возбуждения. Молекулярная и рекомбинационная люминесценция. Закон Стокса-Ломмеля. Правило зеркальной симметрии спектров поглощения и люминесценции Левшина и универсальное соотношение между ними Степанова. Закон Вавилова.
46. Люминесценция молекул. Триpletные состояния молекул и их роль в процессах деградации и миграции энергии электронного возбуждения. Схема Яблоньского.
47. Тушение (температурное, концентрационное, посторонними веществами) люминесценции. Безызлучательный перенос энергии электронного возбуждения.
48. Люминесценция кристаллов. Признаки рекомбинационного свечения. Термовысвечивание и инфракрасная стимуляция. Применение люминесцентных кристаллов в науке, технике и медицине.
49. Оптика лазеров. Инверсия населенности. Принцип работы лазера. Схемы накачки. Оптические резонаторы. Моды оптических резонаторов. Свойства лазерных пучков.
50. Типы лазеров. Твердотельные лазеры. Газовые лазеры: лазеры на нейтральных атомах, ионные лазеры, молекулярные лазеры, лазеры на самоограниченных переходах. Химические лазеры. Полупроводниковые лазеры. Лазеры на центрах окраски.
51. Режимы работы лазеров. Непрерывные и импульсный режимы. Модуляция добротности. Синхронизация мод. Генерация сверхкоротких импульсов. Принципы адаптивной оптики; коррекция волнового фронта лазерных пучков.

Рекомендуемая литература

Основная

1. Борн М., Вольф Э. Основы оптики. М.: "Наука", 1970.
2. Королев Ф.А. Теоретическая оптика. М.: "Высшая школа", 1966.
3. Матвеев А.Н. Оптика. М.: "Высшая школа", 1985
4. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Оптика. М.: "Наука", 1980.
5. Шерклиф У. Поляризованный свет. М.: "Мир", 1965.
6. Ахманов С.А., Дьяков Ю.Е., Чиркин А.С. Введение в статистическую радиофизику и оптику. М.: "Наука", 1981.
7. Гудмен Дж. Статистическая оптика. М.: "Мир", 1988.
8. Мандель Л., Вольф Э. Оптическая когерентность и квантовая оптика. М.: Физматлит, 2000.
9. Солимено С., Крозиньяни Б., Порто П. Дифракция и волноводное распространение оптического излучения. М.: "Мир", 1989.
10. Пантел Р., Путхоф Г. Основы квантовой электроники. М.: "Мир", 1972.
11. Клышко Д.Н. Физические основы квантовой электроники. М.: "Наука", 1986.
12. Шен И.Р. Принципы нелинейной оптики. М.: "Наука", 1989.
13. Ельяшевич М.А. Атомная и молекулярная спектроскопия. М.: Физматгиз, 1962.
14. Собельман И.И. Введение в теорию атомных спектров. М.: Физматгиз, 1963.
15. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. М.: Наука, 1978.
16. Васильев А.Н., Михайлин В.В. Введение в спектроскопию твердого тела. М.: Издательство МГУ, 1987.
17. Левшин Л.В., Салецкий А.М. Люминесценция и ее измерения. (Молекулярная люминесценция). М.: Издательство МГУ, 1989.
18. Гурвич А.М. Введение в физическую химию кристаллофосфоров. М.: "Высшая школа", 1971.
19. Лебедева В.В. Экспериментальная оптика. М.: Издательство МГУ, 1994.
20. Левшин Л.В., Салецкий А.М. Оптические методы исследования молекулярных систем. Ч.1. Молекулярная спектроскопия. М.: Издательство МГУ, 1994.
21. Тернов И.М., Михайлин В.В. Синхротронное излучение. Теория и эксперимент. М.: Энергоатомиздат, 1986.

Дополнительная

22. Гудмен Дж. Введение в Фурье-оптику. М.: "Мир", 1970.
23. Ярив А. Введение в оптическую электронику. М.: "Высшая школа", 1983.
24. Карлов Н.В.. Лекции по квантовой электронике. М., Наука, 1988
25. Корниенко Л.С., Наний О.Е. Физика лазеров. Ч.1, 2. М.: Издательство МГУ, 1996.
26. Мэйтленд А., Данн М. Введение в физику лазеров. М.: "Наука". 1978.
27. Ханин Я.И.. Основы динамики лазеров. М., 1999.
28. Ахманов С.А., Выслоух В.А., Чиркин А.С. Оптика фемтосекундных лазерных импульсов. М.: "Наука", 1990.
29. Парыгин В.Н., Балакший В.И. Оптическая обработка информации. М.: Издательство МГУ, 1987.

30. Воронцов М.А., Шмальгаузен В.И. Принципы адаптивной оптики. М.: "Наука", 1985.
31. Исимару А. Распространение и рассеяние волн в случайно-неоднородных средах. Т. 1,2. М.: Мир, 1981.
32. Ярив А., Юх П. Оптические волны в кристаллах, М.: Мир.

Профиль: Физика конденсированного состояния

1. Кристаллические и аморфные тела. Трансляционная симметрия. Элементарная ячейка. Решетки Браве.
2. Точечные и пространственные группы.
3. Особенности распространения волн в периодических структурах. Закон Вульфа-Брегга.
4. Обратная решетка. Зоны Бриллюэна.
5. Точечные дефекты в кристаллах, их образование и диффузия. Вакансии. Атомы внедрения. Комбинации атомных дефектов.
6. Краевые и винтовые дислокации. Вектор Бюргерса. Энергия дислокации. Переползание и скольжение. Размножение дислокации.
7. Влияние радиационных, механических, термических воздействий на реальную структуру твердых тел.
8. Типы химической связи. Структурные и физические особенности ионных, ковалентных, металлических и молекулярных кристаллов. Плотнейшие упаковки.
9. Энергетический спектр кристаллов.
10. Описание энергетического состояния кристалла при помощи газа квазичастиц.
11. Примеры квазичастиц. Фононы, магноны, плазмоны, поляритоны.
12. Электроны в металле как квазичастицы.
13. Квазиимпульс. Закон дисперсии. Теорема Блоха. Граничные условия.
14. Плотность состояний. Статистика газа квазичастиц. Бозоны и фермионы. Взаимодействие квазичастиц.
15. Колебания решетки - фононы. Акустическая и оптическая ветви колебаний. Теплоемкость решетки. Дебаевская частота. Фактор Дебая-Валлера в рассеянии рентгеновских лучей. Ангармонизм и тепловое расширение.
16. Электронные состояния в кристаллах. Одноэлектронная модель.
17. Приближение сильной и слабой связи.
18. Зонная схема и типы твердых тел.
19. Вырожденный электронный газ. Электронная теплоемкость. Поверхность Ферми.
20. Тензор эффективных масс. Электроны и дырки. Циклотронная масса.
21. Положение уровня Ферми уровня в невырожденных полупроводниках. Электронные кинетические свойства твердых тел.
22. Электро- и теплопроводность. Времена релаксации. Механизмы рассеяния электронов.

23. Рассеяние на примесях и дефектах. Электрон-фононные столкновения. Нормальные процессы, процессы переброса.
24. Магнитоспротивление и эффект Холла.
25. Металлы с большой длиной пробега электронов. Аномальный скин-эффект. Проникновение электромагнитного поля в металл.
26. Циклотронный резонанс и размерные эффекты.
27. Квантование орбит в магнитном поле. Эффект де-Гааза-ван-Альфена.
28. Полупроводники. Электронная структура типичных полупроводников.
29. Германий. Узкозонные полупроводники. Примесные уровни. Доноры и акцепторы.
30. Температурная зависимость проводимости, p-n переходы.
31. Фотопроводимость. Рекомбинация и релаксация неравновесных носителей. Горячие носители. Эффект Ганна.
32. Тензор упругих постоянных и упругая деформация. Пластичность кристаллов. Предел текучести. Упрочнение. Внутреннее трение.
33. Механизмы поглощения фотонов. Поглощение свободными носителями. Решеточное поглощение. Многофононные процессы.
34. Комбинационное рассеяние света в кристаллах.
35. Поглощение связанными носителями. Правила отбора. Междузонные прямые и не прямые переходы.
36. Экситоны.
37. Люминесценция. Времена жизни возбуждений, флюоресценция. Безызлучательные переходы. Квантовый выход люминесценции.
38. Диамагнетизм свободного электронного газа. Спиновый парамагнетизм.
39. Ферромагнетизм. Молекулярное поле Вейсса. Обменное взаимодействие. Ферромагнитные домены. Энергия анизотропии. Доменная стенка. Антиферромагнетики. Ферриты.
40. Диэлектрики. Эффективное поле. Электрострикция и пьезоэлектричество. Пироэлектрики и сегнетоэлектрики.
41. Электрический гистерезис, аномалии физических свойств сегнетоэлектриков в области фазовых переходов. Молекулярные кристаллы.
42. Термодинамика и фазовые переходы. Равновесие фаз. Фазовые переходы I и II рода. Флуктуации.
43. Твердые растворы и промежуточные фазы. Равновесие в многокомпонентных системах и правило фаз. Диаграммы равновесия.
44. Кинетика фазовых превращений. Диффузионные и бездиффузионные превращения.
45. Сверхпроводимость. Основные свойства сверхпроводников. Эффект Мейснера. Сверхпроводники I и II рода. Вихри и вихревые структуры. Основы микроскопической и термодинамической теорий. Куперовские пары. Энергетическая щель и квазичастицы в сверхпроводнике. Туннельный эффект. Эффект Джозефсона.
46. Рентгенография: методы исследования идеальной и реальной структуры.
47. Электронография и электронная микроскопия.

48. Нейтронография: упругое и неупругое когерентное рассеяние, исследование магнитных структур и фоновых спектров.
49. Эффект Мёссбауэра.
50. Электронный парамагнитный резонанс
51. Ядерный магнитный резонанс.
52. Электрические и гальваномагнитные измерения как методы изучения электронной структуры кристаллов и состава примесей в полупроводниках.
53. Оптические методы исследования: возможности, связанные с использованием лазерных источников света.

Рекомендуемая литература

Основная

1. Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. 5-е изд., стереотип. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012. 224 с.,
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория поля. М., Наука, 1994.
3. Бредов М.М., Румянцев В.В., и др. Классическая электродинамика. М., Наука, 1985.
4. Давыдов А.С. Квантовая механика. М., Наука, 2012.
5. Блохинцев Д.И. Основы квантовой механики. М., Наука, 2003.
6. Капитонов И.М. Физика ядра и элементарных частиц. М.: Наука, 2004
7. Сивухин Д.В. Курс общей физики, т.5, часть 1. М., Наука, 1988
8. Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела. М., Высшая школа, 2000.
9. Займан Дж. Принципы теории твердого тела. М., Физматлит. 1988.
10. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. М.: Наука, 1978.
11. Уэрт Ч., Томсон Р. Физика твердого тела. М.: Мир, 1969.
12. Вонсовский С.В. Магнетизм. М.: Наука, 1971.
13. Бонч-Бруевич В.Л., Калашников С.Г. Физика полупроводников. М.: Наука, 1979.
14. Шмидт В.В. Введение в физику сверхпроводимости. МЦ НМО, М., 2000.

Дополнительная

15. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика. М., Физматгиз, 2012.
16. Соколов А.А., Тернов И.М., Жуковский В.Ч. Квантовая механика. М., Наука, 1991.
17. Н. Ашкрофт, Н. Мермин. Физика твердого тела. М., Мир. 2007
18. А. А. Абрикосов. Основы теории металлов. М., Наука, 2013

Профиль: Физика полупроводников

1. Конфигурация внешних оболочек атомов и типы сил связи в твёрдых телах.
2. Структуры важнейших полупроводников – элементов A^{IV} , A^{VI} и соединений типов $A^{III}B^V$, $A^{II}B^{VI}$, $A^{IV}B^{VI}$.
3. Симметрия кристаллов. Базис и кристаллическая структура. Обратная решётка. Зона Бриллюэна.
4. Примеси и структурные дефекты в кристаллических и аморфных полупроводниках.

5. Механизмы выращивания объёмных монокристаллов из жидкой и газовой фаз.
6. Методы выращивания эпитаксиальных плёнок.
7. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Металлоорганическая эпитаксия.
8. Методы легирования полупроводников.
9. Методы определения параметров полупроводников.
10. Зонная теория, волновая функция электрона в периодическом поле кристалла.
11. Законы дисперсии для важнейших полупроводников.
12. Уравнения движения электронов и дырок во внешних полях.
13. Уровни энергии, создаваемыми примесными центрами в полупроводниках. Доноры и акцепторы.
14. Функция распределения электронов. Концентрация электронов и дырок в зонах, эффективная плотность состояний. Невырожденный и вырожденный электронный (дырочный) газ.
15. Уровень Ферми и равновесная концентрация электронов и дырок в собственных и примесных (некомпенсированных и компенсированных) полупроводниках. Многозарядные примесные центры.
16. Кинетические коэффициенты: проводимость, постоянная Холла и термоэдс. Дрейфовая скорость, дрейфовая и холловская подвижности, фактор Холла. Дрейфовый и диффузионный токи. Соотношение Эйнштейна.
17. Механизмы рассеяния носителей заряда в неидеальной решётке. Горячие электроны.
18. Отрицательная дифференциальная проводимость. Электрические неустойчивости: электрические домены и токовые шнуры.
19. Генерация и рекомбинация неравновесных носителей заряда. Уравнения кинетики рекомбинации. Фотопроводимость.
20. Механизмы рекомбинации.
21. Пространственно неоднородные неравновесные распределения носителей заряда. Абиполярная диффузия. Эффект Дембера.
22. Контакт металл-полупроводник. Обогащенные, обеднённые и инверсионные слои пространственного заряда вблизи контакта. Вольт-амперная характеристика барьера Шоттки.
23. Энергетическая диаграмма $p-n$ -перехода. Инжекция неосновных носителей заряда в $p-n$ -переходе.
24. Гетеропереходы. Энергетические диаграммы гетеропереходов.
25. Варизонные полупроводники.
26. Свойства поверхности полупроводников.
27. Эффект поля.
28. Таммовские уровни. Скорость поверхностной рекомбинации.
29. Комплексная диэлектрическая проницаемость, показатель преломления, коэффициент отражения, коэффициент поглощения. Связь между ними и соотношения Крамерса-Кронига.
30. Межзонные переходы. Край собственного поглощения в случае прямых и непрямых, разрешённых и запрещённых переходов.

31. Экситонное поглощение и излучение. Спонтанное и вынужденное излучение.
32. Поглощение света на свободных носителях заряда, на колебаниях решётки.
33. Рассеяние света колебаниями решётки. Комбинационное рассеяние на оптических фонах (Рамана-Ландсберга), рассеяние на акустических фонах (Бриллюэна-Мандельштама).
34. Влияние примесей на оптические свойства полупроводников.
35. Оптические явления во внешних полях. Эффект Франца-Келдыша. Эффект Поккельса.
36. Эффект Бурштейна-Мосса.
37. Эффекты Фарадея и Фойгта.
38. Примесная и собственная фотопроводимость.
39. Оптическая перезарядка локальных уровней и связанные с ней эффекты. Термостимулированная проводимость.
40. Фоторазогрев носителей заряда.
41. Фотоэлектромагнитный эффект.
42. Аморфные и стеклообразные полупроводники.
43. Особенности электронного энергетического спектра неупорядоченных полупроводников. Плотность состояний. Локализация электронных состояний. Щель подвижности.
44. Легирование некристаллических полупроводников.
45. Механизмы переноса носителей заряда.
46. Спектры оптического поглощения некристаллических материалов. Правило Урбаха.
47. Нестационарные процессы. Определение дрейфовой подвижности по измерениям времени пролёта. Дисперсионный перенос.
48. Влияние внешних воздействий на свойства некристаллических полупроводников.
49. Размерное квантование.
50. Квантовые нити, квантовые точки. Энергетический спектр электронов и плотность их состояний в этих системах.
51. Оптические явления в структурах с квантовыми ямами, правила отбора для межзонных и внутризонных (межподзонных) переходов.
52. Электрические и гальваномагнитные явления в двумерных структурах: эффект Шубникова - де Гааза, эффект Холла.
53. Вольт-амперная характеристика $p-n$ -перехода. Приборы с использованием $p-n$ -переходов.
54. Туннельный диод. Диод Ганна. Биполярный транзистор. Тиристор.
55. Энергетическая диаграмма структуры металл-диэлектрик-полупроводник. Полевые транзисторы на МДП-структурах. Приборы с зарядовой связью.
56. Шумы в полупроводниковых приборах.
57. Фотоэлементы и фотодиоды.
58. Светодиоды и полупроводниковые лазеры.
59. Гетеротранзистор с двумерным электронным газом (НЕМТ). Гетеролазеры на основе структур с квантовыми ямами и квантовыми точками.

60. Резонансное туннелирование в двухбарьерной гетероструктуре и резонансно-туннельный диод. Оптический модулятор на основе квантово-размерного эффекта Штарка.

Рекомендуемая литература

Основная

1. Грундман М. Основы физики полупроводников. Нанозфизика и технические приложения; под ред. В.А. Гергеля .— 2-е изд. — Москва : Физматлит, 2012 .— 771 с.
2. Шалимова К.В. Физика полупроводников : учебник СПб.: Лань, 2010 .
3. Займан, Дж. Принципы теории твердого тела. Под ред. В.Л. Бонч-Бруевича .— М. : Мир, 1974 .— 472 с.
4. Шалимова К.В. Физика полупроводников: учебник. — СПб.: Лань, 2010 .— 390 с.
5. Матухин В.Л. Физика твердого тела: учебное пособие .— СПб.: Лань, 2010 .— 218 с.
6. Епифанов Г.И. Физика твердого тела: учебное пособие. — СПб: Лань, 2010 .— 287с.
7. Гинзбург И.Ф. Введение в физику твердого тела. Основы квантовой механики и статистической физики с отдельными задачами физики твердого тела: учебное пособие СПб: Лань, 2007.— 537 с.

Дополнительная

8. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела пер. с англ. под общ. ред. А.А. Гусева. — М. :МедиаСтар, 2006 .— 790с.

Критерии оценки знаний претендентов на поступление в аспирантуру

«Отлично» - даны полные, исчерпывающие ответы на все вопросы, в том числе и на дополнительные, абитуриент свободно владеет необходимыми знаниями и навыками.

«Хорошо» – даны полные ответы на поставленные вопросы, однако абитуриент испытывает затруднения при ответе на дополнительные вопросы, при изложении материалы имеются математические неточности.

«Удовлетворительно» – в ответе отражены лишь основные законы, методы, экспериментальные данные, абитуриент испытывает значительные затруднения при ответах на дополнительные вопросы, не способен полностью воспроизвести все необходимые математические выкладки.

«Неудовлетворительно» – ответ не отражает современных физических представлений по данному вопросу, абитуриент не может пояснить постановку решающих экспериментов и привести необходимые экспериментальные данные, испытывает значительные затруднения в математических выкладках.

Программа вступительного испытания разработана:

д.ф.-м.н., профессор, заведующий кафедрой
электроники

Бобрешов А.М.

Программа вступительного испытания одобрена решением Ученого совета физического факультета (протокол №6 от 20.06.2019)