

**Министерство образования и науки Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Технологический институт сверхтвердых и новых углеродных материалов»**

**УТВЕРЖДАЮ**

**Директор ФГБНУ ТИСНУМ  
Д.Ф. м.и., профессор**

**В.Д.Бланк**



## **ПРОГРАММА**

вступительных испытаний поступающих на обучение по программам подготовки  
научно-педагогических кадров в аспирантуре  
по специальной дисциплине.

**НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ: Физика и астрономия**

**ПРОФИЛЬ ПОДГОТОВКИ: 01.04.01 – «Приборы и методы экспериментальной  
физики»,**

**01.04.07 –«Физика конденсированного состояния»**

**Форма проведения вступительных испытаний.**

Вступительные испытания проводятся без билетов. Для подготовки ответов поступающий  
использует экзаменационные листы.

г. Москва, г. Троицк

## **1.ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕХАНИКИ, КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ**

### **Кинематика материальной точки**

Основные понятия: материальная точка, система отсчета, вектор перемещения, траектория, скорость, ускорение, путь. Угловые характеристики движения. Связь между линейными и угловыми характеристиками. Нормальное и касательное ускорения. Законы Ньютона. Закон всемирного тяготения. Космические скорости

### **Законы сохранения в механике**

Замкнутые системы. Закон сохранения импульса. Удар абсолютно упругих и неупругих тел. Работа, мощность. Потенциальная энергия. Связь между силой и потенциальной энергией. Кинетическая энергия. Закон превращения и сохранения энергии. Закон сохранения момента импульса. Закон сохранения энергии. Движение частицы в консервативном силовом поле, анализ потенциальных кривых.

### **Принцип относительности Галилея. Преобразование Галилея.**

#### **Неинерциальные системы отсчета.**

Движение материальной точки в неинерциальной системе отсчета. Преобразование ускорений в классической механике. Силы инерции. Переносная и кориолисова силы инерции. Центробежная сила инерции. Законы сохранения. Принцип эквивалентности.

### **Основы специальной теории относительности.**

Принцип относительности и постулат скорости света. Пространство и время в теории относительности. Преобразования Лоренца и интервалы этих преобразований. Псевдоевклидова метрика пространства–времени. Следствия преобразований Лоренца. Относительность одновременности и причинность.

Сокращение длины двигающихся отрезков и замедление темпа хода двигающихся часов. Сложение скоростей. Релятивистское уравнение движения. Импульс и скорость. Соотношение между массой и энергией.

### **Динамика твердого тела**

Поступательное и вращательное движение. Условия равновесия тела. Момент силы и момент импульса относительно неподвижной оси. Основное уравнение динамики вращательного движения твердого тела. Момент инерции тела относительно заданной оси. Тензор момента инерции. Теорема Штейнера. Главные моменты инерции. Кинетическая энергия вращающегося тела. Работа внешних сил при повороте тела. Сопоставление величин и законов движения для поступательного и вращательного движения. Плоское движение. Полная кинетическая энергия при плоском движении. Гироскопы. Гироскопический эффект. Элементарная теория прецессии.

### **Колебательное движение.**

Свободные колебания систем с одной степенью свободы. Гармонические колебания. Сложение гармонических колебаний. Фигуры Лиссажу. Биения. Затухающие колебания. Показатель затухания. Логарифмический декремент затухания. Вынужденные колебания. Процесс установления колебаний. Резонанс. Автоколебания.

### **Волны в сплошной среде и элементы акустики.**

Распространение колебаний давления и плотности в среде. Волны. Длина волн, период колебаний, фаза и скорость волн. Бегущие волны. Продольные и поперечные волны. Уравнение бегущей волны. Волны смещений, скоростей, деформаций и напряжений. Волновое уравнение. Связь скорости волны с параметрами среды. Отражение и преломление волн. Основные случаи граничных условий. Интерференция волн. Стоячие волны. Нормальные колебания стержня, струны, столба газа. Акустические резонаторы. Поток энергии в бегущей волне. Вектор Умова. Интенсивность и тембр звука. Ультразвук. Движение со сверхзвуковой скоростью. Ударные волны. Эффект Доплера.

### **Основы механики деформируемых тел.**

Виды деформаций и их количественная характеристика. Закон Гука. Модули Юнга и сдвига.

Коэффициент Пуассона. Энергия упругих деформаций.

### **Механика жидкостей и газов.**

Основы гидро- и аэростатики. Закон Паскаля. Основное уравнение гидростатики. Распределение давления в покоящейся жидкости (газе) в поле силы тяжести. Барометрическая формула. Закон Архимеда. Условия устойчивого плавания тел. Стационарное течение жидкости. Линии и трубы тока. Уравнение Бернулли. Вязкость жидкости. Течение вязкой жидкости по трубе. Формула Пуазейля. Ламинарное и турбулентное течение. Число Рейнольдса. Лобовое сопротивление при обтекании тел. Циркуляция. Подъемная сила. Формула Жуковского.

## **2. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА**

### **Введение.**

Основные экспериментальные факты, свидетельствующие о дискретном строении вещества. Тепловое движение с точки зрения молекулярных представлений. Масштабы физических величин в молекулярной теории. Массы и размеры молекул. Число Авогадро. Особенности межмолекулярного взаимодействия. Агрегатные состояния и характер теплового движения в газах, жидкостях и твердых телах.

### **Идеальный газ.**

Модель идеального газа. Равновесное пространственное распределение частиц идеального газа. Биномиальное распределение (распределение Бернулли). Предельные случаи биномиального распределения: распределение Пуассона и Гаусса. Флюктуации плотности идеального газа. Малость относительных флюктуаций. Молекулярная теория давления идеального газа.

### **Понятие температуры.**

Принципы конструирования термометра. Термометрическое вещество и термометрическая величина. Эмпирические шкалы температур. Уравнение состояния идеального газа (уравнение Клапейрона – Менделеева).

### **Распределение молекул газа по скоростям.**

Распределение Максвелла. Характерные скорости молекул. Принцип детального равновесия. Наивероятнейшая, средняя и среднеквадратичная скорости молекул газа. Распределение молекул по компонентам скоростей. Экспериментальная проверка распределения Максвелла.

### **Идеальный газ во внешнем потенциальном поле.**

Распределение Больцмана. Барометрическая формула. Распределение Максвелла-Больцмана и его экспериментальная проверка.

### **Броуновское движение.**

Столкновение молекул в газе. Длина свободного пробега. Частота соударений. Газокинетический диаметр. Рассеяние молекулярных пучков в газе. Теорема о равномерном распределении кинетической энергии по степеням свободы. Броуновское движение. Формула Эйнштейна. Опыты Перрена по определению числа Авогадро.

### **Первое начало термодинамики.**

Обратимые и необратимые процессы. Теплоемкость системы. Теплоемкость идеального газа. Связь теплоемкости газа с числом степеней свободы молекул. Уравнение Майера. Политропический процесс. Уравнение политропы и его частные случаи. Классическая теория теплоемкости твердых тел. Закон Дюлонга и Пти. Фундаментальные трудности классической теории теплоемкости.

### **Циклические процессы.**

Преобразование теплоты в работу. Нагреватель, рабочее тело, холодильник. Коэффициент полезного действия. Тепловой двигатель и холодильная машина. Цикл Карно и его КПД.

### **Второе начало термодинамики.**

Цикл Карно. Неравенство Клаузиуса. Второе начало термодинамики. Формулировка Клаузиуса и Томсона (Кельвина). Их эквивалентность.

### **Понятие энтропии термодинамической системы.**

Закон возрастания энтропии в неравновесной изолированной системе. Энтропия и вероятность. Микро- и макросостояния системы. Термодинамическая вероятность. Принцип Больцмана. Статистическая интерпретация второго начала термодинамики.

### **Реальные газы и жидкости.**

Реальные газы. Изотермы Амага. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Внутренняя энергия газа Ван-дер-Ваальса. Изотермы Ван-дер-Ваальса. Критическое состояние. Область двухфазовых состояний. Метастабильные состояния. Критические параметры газа Ван-дер-Ваальса. Закон соответственных состояний. Силы межмолекулярного взаимодействия. Потенциал Ленаарда-Джонса. Эффект Джоуля-Томсона. Методы получения низких температур.

### **Поверхностные явления в жидкостях.**

Коэффициент поверхностного натяжения. Краевой угол. Давление под искривленной поверхностью жидкости. Формула Лапласа. Капиллярные явления.

### **Твердые тела.**

Кристаллические и аморфные состояния. Кристаллы. Симметрия кристаллов. Элементы точечной симметрии: ось симметрии, плоскость симметрии, центр инверсии, инверсионная ось симметрии. Трансляция и трансляционная симметрия. Кристаллическая решетка. Элементарная ячейка. Сингонии. Решетка Браве. Индексы Миллера. Изоморфизм и полиморфизм. Фазы переменного состава. Дефекты в кристаллах (вакансии, примесные атомы, дислокации, малоугловые границы, двойники).

### **Фазовые переходы первого и второго рода.**

Фаза. Классификация фазовых переходов по Эренфесту. Термодинамический потенциал Гиббса как функция состояния. Фазовые переходы первого рода. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Скрытая теплота перехода. Тройная точка. Фазовые переходы второго рода. Аномалии теплового расширения при фазовых переходах.

### **Явление переноса.**

Понятие о релаксационных процессах в молекулярных системах. Диффузия: закон Фика. Внутреннее трение (перенос импульса): закон Ньютона-Стокса. Теплопроводность: закон Фурье. Уравнение переноса. Явление переноса в газах. Связь коэффициентов переноса с молекулярно-кинетическими характеристиками газа.

## **3. ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ**

### **Электростатика.**

Закон Кулона. Его полевая трактовка. Вектор напряженности электрического поля. Принцип суперпозиции электрических полей. Поток вектора напряженности электрического поля. Теорема Остроградского-Гаусса, ее представление в дифференциальной форме. Теорема Ирншоу. Работа сил электростатического поля. Потенциальность электростатического поля. Потенциал. Нормировка потенциала. Связь потенциала с вектором напряженности электростатического поля. Циркуляция вектора напряженности электростатического поля. Электрический диполь. Поле диполя. Силы, действующие на диполь в электрическом поле. Энергия системы электрических зарядов. Энергия взаимодействия и собственная энергия. Энергия электростатического поля и ее объемная плотность. Энергия электрического диполя во внешнем поле.

### **Проводники в электростатическом поле.**

Напряженность поля у поверхности и внутри проводника. Распределение заряда по поверхности проводника. Электростатическая защита. Измерение потенциала проводника. Эквипотенциальные поверхности. Связь между зарядом и потенциалом проводника. Электроемкость. Конденсаторы. Емкость плоского, конденсатора. Энергия заряженного конденсатора. Силы, действующие на проводники в электрическом поле.

### **Диэлектрики в электростатическом поле.**

Диэлектрики. Вектор поляризации. Свободные и связанные заряды. Среднее макроскопическое поле в диэлектрике. Вектор электрической индукции. Диэлектрическая проницаемость и диэлектрическая восприимчивость вещества. Материальное уравнение для векторов электрического поля. Понятие о тензоре диэлектрической проницаемости. Теорема Остроградского-Гаусса в присутствии диэлектриков. Граничные условия для векторов поляризации, напряженности и индукции электрического поля. Преломление линий поляризации, напряженности и индукции на границе двух диэлектриков. Методы измерения напряженности и индукции электрического поля в однородном диэлектрике. Энергия диэлектрика во внешнем электрическом поле. Пондеромоторные силы в электрическом поле и методы их вычисления. Связь пондеромоторных сил с энергией электрических зарядов. Электронная теория поляризации диэлектриков. Локальное (микроскопическое) поле. Поляризуемость. Неполярные диэлектрики. Формула Клаузиуса-Мосотти-Лоренца. Полярные диэлектрики. Функция Ланжевена. Поляризация ионных кристаллов. Электрические свойства кристаллов. Пироэлектрики. Пьезоэлектрики. Прямой и обратный пьезоэффект и его применение. Сегнетоэлектрики. Доменная структура сегнетоэлектриков. Гистерезис. Точка Кюри сегнетоэлектриков. Применение сегнетоэлектриков.

### **Постоянный электрический ток**

Сила тока. Вектор плотности тока. Закон Ома для однородного участка цепи. Сопротивление. Электродвижущая сила. Закон Ома для неоднородного участка цепи. Мощность тока. Закон Джоуля-Ленца. Разветвленные цепи. Правила Кирхгофа. Классическая теория электропроводности металлов. Удельная проводимость и удельное сопротивление. Границы применимости закона Ома.

### **Постоянное магнитное поле.**

Электромагнетизм. Магнитостатика. Взаимодействие токов. Элемент тока. Закон Био-Савара-Лапласа. Вектор индукции магнитного поля. Действие магнитного поля на проводник с током. Закон Ампера. Теорема о циркуляции вектора индукции магнитного поля. Вихревой характер магнитного поля. Векторный потенциал. Его связь с вектором индукции магнитного поля. Отсутствие в природе магнитных зарядов. Элементарный ток и его магнитный момент. Магнитное поле элементарного тока. Понятие о магнитном диполь-дипольном взаимодействии. Сила Лоренца. Эффект Холла. Магнитное поле движущегося заряда. Поток вектора магнитной индукции (магнитный поток). Коэффициент самоиндукции (индуктивность) контура. Коэффициент взаимной индукции.

### **Постоянное магнитное поле в веществе**

Молекулярные токи. Квазиклассический анализ магнитных моментов атомов. Гиромагнитное отношение. Спин и собственный магнитный момент электрона. Намагниченность. Относительная магнитная проницаемость. Напряженность магнитного поля. Закон полного тока в веществе, интегральная и дифференциальная форма.

### **Электромагнитная индукция**

ЭДС индукции. Закон Фарадея. Правило Ленца. Токи Фуко. Явление самоиндукции. Токи при замыкании и размыкании цепи. Энергия контура с током. Энергия магнитного поля. Циркуляция переменного электрического поля.

### **Электромагнитные колебания.**

Квазистационарные поля. Критерий квазистационарности. Переходные процессы в RC и LC цепях. Собственные колебания в электромагнитном контуре. Уравнение гармонических колебаний. Резонанс. Формула Томсона. Энергия, запасенная в контуре. Затухающие колебания в контуре и их уравнение. Показатель затухания. Время релаксации. Логарифмический декремент затухания. Добротность контура. Вынужденные колебания и резонанс в контуре. Ширина резонансной кривой и ее связь с добротностью контура. Процесс установления вынужденных колебаний.

### **Переменный синусоидальный ток.**

Квазистационарные токи. Методы комплексных амплитуд и векторных диаграмм. Активное, емкостное и индуктивное сопротивление. Закон Ома для цепей переменного тока. Резонанс напряжений. Резонанс токов. Правила Кирхгофа для цепей переменного тока. Работа и мощность переменного тока. Эффективные значения тока и напряжения. Техническое использование переменных токов. Генераторы и электродвигатели. Трехфазный ток. Получение вращающегося магнитного поля. Соединение обмоток генератора "звездой" и "треугольником". Фазное и линейное напряжение. Трансформатор. Принцип действия, применение. Коэффициент трансформации. Роль сердечника. Высокочастотные токи. Скин-эффект. Толщина скин-слоя.

### **Механизмы электропроводности.**

Проводники. Основные положения классической электронной теории проводимости Друде-Лоренца. Опыты Толмена и Стюарта. Законы Ома и Джоуля-Ленца в классической теории. Закон Видемана-Франца. Трудности классической теории. Контактные явления. Контактная разность потенциалов. Термоэлектричество. Термоэлектродвижущая сила. Термопары. Эффект Пельтье. Явление Томсона. Электролиты. Закон Фарадея. Токи в газах. Основные типы газового разряда. Плазменное состояние вещества. Электропроводность плазмы. Электрический ток в вакууме. Электронная эмиссия.

### **Уравнения Максвелла.**

Электромагнитное поле. Уравнения Максвелла как обобщение экспериментальных данных. Ток смещения. Вихревое электрическое поле. Взаимные превращения электрического и магнитного полей. Уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной форме. Волновое уравнение. Электромагнитные волны. Скорость их распространения. Поперечность электромагнитных волн. Вектор Умова-Пойнтинга. Закон сохранения энергии электромагнитного поля. Вибратор Герца. Излучение электромагнитных волн.

## **4. ОПТИКА**

### **Геометрическая оптика**

Развитие представлений о природе света. Световые лучи. Законы распространения световых лучей. Принцип Ферма. Законы отражения и преломления света. Полное внутреннее отражение. Оптические системы. Тонкие линзы. Формула линзы. Оптическая сила линзы. Оптические приборы. Зависимость показателя преломления от длины волн. Прохождение света через призму. Спектр. Аберрации оптических систем.

### **Физическая оптика**

Интерференция световых волн. Временная и пространственная когерентность. Когерентные и некогерентные источники света. Оптическая разность хода световых лучей. Расчет интерференционной картины от двух источников. Интерференция света в тонких пленках. Дифракция света. Дифракция Фраунгофера и Френеля. Принцип Гюйгенса-Френеля. Зоны Френеля. Дифракция от щели. Дифракционная решетка. Дисперсия. Дифракция рентгеновских лучей. Закон Брэгга-Вульфа. Уравнения Лауэ. Естественный и поляризованный свет. Закон Малюса. Поляризация при отражении и преломлении. Поляризаторы. Вращение плоскости поляризации. Двупреломление и двулучепреломление света в кристаллах. Нормальная и аномальная дисперсия показателя преломления света в веществе. Природа излучательной энергии. Спектральные области. Взаимодействие света с веществом. Атомные спектры. Молекулярные спектры. Молекулярные спектры поглощения.

Флуоресценция. Фосфоресценция. Лазеры. Принципиальная схема лазера. Непрерывные и импульсные лазеры. Повышение мощности излучения. Лазерное излучение.

## 5. КВАНТОВАЯ И ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА

### Элементы квантовой механики

Корпускулярно-волновой дуализм. Волны де-Броиля. Эффект Комптона. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Постоянная Планка. Проблема измерения в квантовой физике. Постулаты квантовой механики. Уравнение Шредингера. Волновая функция. Статистическая интерпретация волновой функции. Энергетический спектр. Финитное и инфинитное движение. Квантование электромагнитного поля. Фотоны. Уровни энергии атома. Квантовые переходы. Линейчатые спектры поглощения атома. Принцип Паули.

### Атом водорода по Бору.

Модель атома Томсона. Опыты Резерфорда. Планетарная модель атома и проблема устойчивости атомов. Сериальные закономерности в спектре атома водорода (серии Бальмера, Пашена, Лаймана). Комбинационный принцип. Квантование момента импульса. Постулаты Бора. Принцип соответствия. Экспериментальное доказательство дискретной структуры атомных уровней. Опыты Франка и Герца. Водородоподобные ионы. Релятивистское обобщение модели Бора. Постоянная тонкой структуры.

### Элементарная теория химической связи

Заполнение атомных уровней и периодическая система Менделеева. Вырожденные уровни. Расщепление уровней во внешних полях (эффекты Зеемана и Штарка). Элементарная квантовая теория химической связи. Ионная и ковалентная связь. Энергия взаимодействия молекул. Электронно-колебательные состояния в молекулах.

### Свойства твердых тел

Теплоемкость твердых тел. Закон Дюлонга и Пти. Фононы. Распределение Планка для фононов. Закон Эйнштейна. Теплоемкость по Дебаю. Понятие о зонной теории твердых тел. Энергетические уровни и формирование энергетических зон. Принцип Паули. Статистика Ферми-Дирака. Полупроводники. Особенности зонной структуры диэлектриков, полупроводников, металлов и полуметаллов. Собственная и примесная проводимость полупроводников. Полупроводники р и п типа. Электроны и дырки в полупроводниках. Понятие о р-п переходе. Сверхпроводимость. Основные свойства сверхпроводников. Эффект Мейснера, критическое магнитное поле. Применение сверхпроводников.

### Основы квантовой механики

Квантовая система, ее состояние, измеряемые параметры. Волновая функция, ее свойства. Уравнение Шредингера. Стационарные и нестационарные состояния. Плотность вероятности. Операторы физических величин. Собственные значения и собственные функции операторов. Гамильтониан. Определение энергетического спектра системы как задача на собственные значения оператора Гамильтона. Дискретный спектр и континuum. Одномерные задачи: свободное движение частицы; прямоугольная потенциальная яма; гармонический осциллятор. Квазистационарное состояние. Ширина уровня и время распада. Электрон в периодическом потенциале. Предельный переход к классической механике и оптике. Основы квантовомеханической теории возмущений. Тождественность микрочастиц. Бозоны и фермионы. Принцип Паули. Системы ферми- и бозе-частиц.

### Атомное ядро

Состав и характеристики атомного ядра. Протоны, нейтроны, нуклоны. Массовое число. Изотопы. Модели атомного ядра. Ядерные силы. Энергия связи ядра. Дефект массы. Радиоактивные превращения ядер. Альфа, бета, гамма распад и их закономерности. Ядерные реакции. Реакция деления. Цепная ядерная реакция. Критическая масса. Управляемые и неуправляемые ядерные реакции. Ядерные реакторы. Термоядерный синтез. Перспективы управляемого термоядерного синтеза.

### Современная физическая картина мира

Иерархия структурных форм материи. Физический вакуум. Частицы и античастицы. Элементарные частицы. Фундаментальные взаимодействия: электромагнитное, сильное, слабое и гравитационное взаимодействия. Законы сохранения. Кванты фундаментальных полей: кварки, лептоны, гравитоны, векторные бозоны, глюоны. Физические основы современной космологии. Разбегающиеся галактики. Постоянная Хаббла. Модель большого взрыва. Нейтронные звезды, черные дыры. Незавершенность современной физики. Нестабильность протона, симметричная электродинамика Дирака, магнитные монополи.

### Современные методы исследования структуры и свойств вещества

Атомная эмиссионная спектроскопия (количественный анализ, квантометры). Спектрофотометрия. Электронная просвечивающая и растровая микроскопия. Туннельная и атомно-силовая микроскопия.

Исследования кристаллической структуры с помощью дифракции рентгеновских лучей. Спектроскопия комбинационного рассеяния света. Электронная и ионная спектроскопия. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия. Оже-электронная спектроскопия. Спектроскопия ионного рассеяния.

Масс-спектрометрия. Спектроскопия магнитного резонанса (ЯМР, ЭПР). Термогравиметрический и дифференциальный термический анализ.

## ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Детлаф, А.А. Курс физики: Учебное пособие для вузов/А. А. Детлаф, Б. М. Яворский. – 4-е изд., испр. – М.: Высшая школа, 2002. – 717 с.
2. Зисман Г.А. Курс общей физики. В 3 т. Т. 1. Механика. Молекулярная физика. Колебания и волны / Г.А. Зисман, О.М. Тодес. – 7-е изд. испр. и доп. – СПб.: Лань, 2007. – 339 с.
3. Зисман Г.А. Курс общей физики. В 3 т. Т. 2. Электричество и магнетизм / Г.А. Зисман, О.М. Тодес. – 7-е изд. испр. и доп. – СПб.: Лань, 2007. – 352 с.
4. Зисман Г.А. Курс общей физики. В 3 т. Т. 3. Оптика. Физика атомов и молекул. Физика атомного ядра / Г.А. Зисман, О.М. Тодес. – 7-е изд. испр. и доп. – СПб.: Лань, 2007. – 512с.
5. Иродов, И.Е. Волновые процессы: Основные законы: Учебное пособие для вузов/И. Е. Иродов. – 2-е изд., доп. – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2002. – 263 с.
6. Иродов, И.Е. Квантовая физика: Основные законы: Учебное пособие для вузов/И. Е. Иродов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 271 с.
7. Иродов, И.Е. Механика: Основные законы: Учебное пособие для вузов/И. Е. Иродов. – 5-е изд., испр. – М.: Физматлит, 2001. – 320 с.
8. Савельев, И.В. Курс общей физики: В 5 кн. Кн. 1. Механика/И. В. Савельев. – М.: Астрель, 2004. – 336 с.
9. Савельев, И.В. Курс общей физики: В 5 кн. Кн. 5. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц/И. В. Савельев. – М.: Астрель, 2002. – 368 с.
10. Сивухин, Д.В. Общий курс физики: учебное пособие для вузов: в 5 т. Т. 1. Механика/Д. В. Сивухин. – Изд. 4-е, стереотип. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 560 с.
11. Сивухин, Д.В. Общий курс физики: учебное пособие для вузов: в 5 т. Т. 2. Термодинамика и молекулярная физика/Д. В. Сивухин. – Изд. 5-е, испр. – М.:ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 543 с.
12. Сивухин, Д.В. Общий курс физики: учебное пособие для вузов: в 5 т. Т. 3. Электричество/Д. В. Сивухин. – Изд. 5-е, стереотип. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 654 с.
13. Сивухин, Д.В. Общий курс физики: учебное пособие для вузов: в 5 т. Т. 4. Оптика/Д. В. Сивухин. – Изд. 3-е, стереотип. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 791 с.
14. Сивухин, Д.В. Общий курс физики: учебное пособие для вузов: в 5 т. Т. 5. Атомная и ядерная физика/Д. В. Сивухин. – Изд. 3-е, стереотип. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 782 с.
15. Фриш, С.Э. Курс общей физики (Классическая учебная литература по физике): Учебник: в 3 т. Т.2. Электрические и электромагнитные явления /С. Э. Фриш, А. В. Тиморева. – Изд. 10-е, стереотип. – СПб.: Лань, 2006.-518 с.
16. Фриш, С.Э. Курс общей физики (Классическая учебная литература по физике): Учебник: в 3 т. Т. 3. Оптика. Атомная физика/С. Э. Фриш, А. В. Тиморева. – Изд. 8-е, стереотип. – СПб.: Лань, 2006. – 648 с.
17. Фриш, С.Э. Курс общей физики (Классическая учебная литература по физике): Учебник: в 3 т. Т. 1. Физические основы механики. Молекулярная физика. Колебания и волны/С. Э. Фриш, А. В. Тиморева. – Изд. 11-е, стереотип. – СПб.: Лань, 2006. – 470 с.
18. Ландсберг, Г.С. Оптика. Изд. 6-е, стереотип. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003.– 848 с.
19. Матвеев А.Н. Оптика. – М.: Высш. шк., 1985.—351 с.
20. Матвеев А.Н. Атомная физика. – М.: Высшая школа, 1989. – 439 с.
21. Гольдин Л.Л., Новикова Г.И. Введение в квантовую физику. – М.: Наука, 1988.
22. Бокий Г.Б., Порай-Кошиц М.А. Рентгеноструктурный анализ. – М.: МГУ, 1964, т.1.
23. Чернов А.А. и др. Современная кристаллография. – М.: Наука, 1980, т. 1–3.
24. Хейденрайх Р. Основы просвечивающей электронной микроскопии. – М.: Мир, 1966.– 471 с.
25. Синдо Д., Оикава Т. Аналитическая просвечивающая электронная микроскопия. – М.: Техносфера, 2006.–249 с.