

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Целью вступительного экзамена является определение уровня знаний и мотивации к обучению поступающих в докторантуру для выявления наиболее подготовленных претендентов.

Задачи вступительного экзамена:

- выявление компетенций претендентов в вопросах образовательных программ;
- выявление мотивации к обучению и дальнейшей профессиональной деятельности;
- выявление подготовленности будущего докторанта к самостоятельной научной, преподавательской и инновационной деятельности в процессе обучения в докторантуре.

Вступительный экзамен в докторантуру проводится в компьютерном формате состоит из:

- написания эссе;
- теста на готовность к обучению в докторантуре;
- ответов на экзаменационные вопросы по профилю группы образовательной программы.

На вступительный экзамен в докторантуру по группе образовательных программ D090 - «Физика» выносятся следующие вопросы экзаменационных билетов.

ВОПРОСЫ ПО ПЕРВОМУ БЛОКУ

Механика. Динамика материальной точки поступательного и вращательного движения. Обобщенные скорости и координаты. Механические колебания и волны в сплошной среде.

Движение в неинерциальных системах отсчета. Законы динамики для неинерциальных систем. Преобразования Галилея и Лоренца.

Динамика твердого тела. Моменты инерции, силы и импульса. Углы Эйлера. Уравнения Эйлера. Взаимодействие тел.

Законы Кеплера и всемирного тяготения. Космические скорости.

Кинематика и динамика твердого тела. Момент инерции, момент импульса, момент силы. Теорема Гюйгенса-Штейнера.

Основные законы гидродинамики. Их физический смысл. Вывод уравнения Бернулли и его следствия. Давление в жидкостях и газах. Уравнение непрерывности.

Молекулярная физика Идеальный газ. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории.

Уравнение состояния идеального газа. Изопроцессы. Адиабатный и политропный процессы.

Теплоемкость идеальных газов. Теплоемкости C_v и C_p . Физический смысл формулы Майера. Фазовое пространство. Микроскопические и макроскопические параметры. Статистическое распределение. Статистическая независимость.

Реальные газы. Внутренняя энергия реального газа. Эффект Гей-Люссака и Джоуля-Томсона. Сжижение газов.

Процессы переноса в газах. Закон Фика. Закон Фурье. Формула Ньютона. Уравнение Ван-дерВаальса. Изотермы Ван-дер-Ваальса. Критические параметры. Неравенство Клаузиуса.

Энтропия. Физический смысл энтропии. Вероятность и энтропия. Свойства жидкостей. Поверхностное натяжение. Смачивание. Давление под искривленной поверхностью. Капиллярные явления.

Фазовые переходы первого рода. Уравнение Клайперона-Клаузиуса. Тройная точка. Диаграмма состояния.

Физическая термодинамика. Термодинамическое равновесие и равновесные параметры состояния. Функции состояний и функции процессов. Начало термодинамики.

Броуновское движение. Случайные процессы. Вероятность случайных процессов. Флуктуация. Флуктуационный предел чувствительности приборов. Нанотехнология и материалы.

Электричество и магнетизм Движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях. Поле движущегося заряда.

Дипольный и мультипольный моменты системы зарядов во внешнем поле. Постоянное магнитное поле. Магнитный момент.

Магнитное поле объемных и поверхностных токов. Тензор электромагнитного поля. Преобразования Лоренца для поля. Инварианты поля. Мультипольные разложения потенциалов электромагнитного поля.

Поле точечных, объемных поверхностных и линейных зарядов в однородной среде. Теорема Гаусса. Метод конформного отображения. Принцип суперпозиции.

Поляризация электромагнитных волн. Общие свойства. Частные случаи линейной и круговой поляризации. Волна с эллиптической поляризацией.

Сила и момент, действующие на ограниченное распределение тока во внешнем магнитном поле. Граничные условия для магнитной индукции и поля.

Оптика Интерференция света. Методы голографической записи и воспроизведения изображений. Двойное лучепреломление света и естественная оптическая активность материалов.

Дифракция света. Дифракция Фраунгофера. Дифракция Френеля. Спираль Корню. Дисперсия света. Электронная теория дисперсии света. Поглощение света. Эффект Доплера.

Молекулярные спектры. Типы связи между атомами в молекуле. Вращательные, колебательно-вращательные спектры. Электронно-колебательные спектры.

Атомная и ядерная физика Капельная и оболочечная модели ядра. Уровни энергии и волновые функции состояний дискретного спектра.

Спин элементарных частиц. Спиновые операторы и спиновые функции. Коммутационные соотношения.

Свойства атомных ядер. Радиоактивность. Нуклон-нуклонное взаимодействие и свойства ядерных сил. Модели атомных ядер. Ядерные реакции. Взаимодействие ядерного излучения с веществом. Частицы и взаимодействия. Ускорители. Спектроскопия ядерных излучений и частиц. Электромагнитные взаимодействия. Сильные и слабые взаимодействия.

Атом водорода. Спектр атома водорода. Модель атома с точки зрения опытов Резерфорда и постулатов Бора. Атом водорода в постоянном электрическом поле, эффект Штарка.

Основные свойства ядер. Энергия связи атомного ядра. Ядерные силы. Система двух нуклонов.

Электродинамика Уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной форме и их смысл. Уравнение непрерывности.

Электромагнитные волны. Монохроматическая плоская волна. Поляризация плоских электромагнитных волн.

Свободные и связанные заряды. Усредненные уравнения поля для системы свободных и связанных зарядов. Уравнения Максвелла-Лоренца для микроскопического поля электронной теории.

Квантовая механика Наблюдаемые физические величины и линейные самосопряжённые операторы.

Матричная теория момента. Матричная формулировка квантовой механики. Расчет матричных элементов. Задача двух тел.

Конденсированное состояние вещества. Кристаллическое состояние, жидкости. Фазовый переход. Аморфные тела.
Силы Ван-дер-Ваальса. Дисперсионное взаимодействие. Ориентационное взаимодействие. Индукционное взаимодействие.
Кристаллическая решетка. Трансляционная симметрия. Векторы решетки. Элементарная ячейка. Примитивная ячейка. Обратная решетка. Свойства обратной решетки. Кристаллические классы. Сингонии кристаллов. Дифракция рентгеновских лучей.
Типы связей в кристаллах (силы Ван-дер-Ваальса, ионные кристаллы, ковалентные кристаллы, металлические кристаллы, водородная связь). Реальные кристаллы. Дефекты кристаллической структуры. Дислокации. Краевая и винтовая дислокации. Электроны в периодическом поле кристалла.
Механические свойства твердых тел. Упругая и пластическая деформация. Закон Гука. Понятие о дислокации. Основные типы дислокаций: линейные дислокации. Вектор Бюргера.
Тепловые свойства твердых тел. Понятие о нормальных колебаниях решетки. Нормальные колебания линейной решетки из одинаковых атомов. Нормальные колебания линейной решетки с базисом из двух атомов. Спектр нормальных колебаний решетки. Характеристическая дебаевская частота. Характеристическая температура Дебая. Понятие о фононах. Теплоемкость твердого тела. Теплоемкость электронного газа. Теплопроводность твердых тел.
Зонная теория твердых тел. Обобществление электронов в кристаллах. Энергетический спектр электронов в кристалле. Зависимость энергии электрона от волнового вектора. Эффективная масса электрона. Проводники, диэлектрики и полупроводники. Электропроводность твердых тел. Дрейф электронов под действием внешнего поля. Время релаксации и длина свободного пробега. Удельная электропроводность проводника.
Электропроводность чистых металлов. Собственная проводимость полупроводников. Примесная проводимость полупроводников. Контактные явления. Работа выхода. Влияние адсорбционных слоев на работу выхода. Контакт двух металлов. Контактная разность потенциалов. Классификация твердых тел по их электрическим свойствам на основе зонной теории.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУР

1. Савельев, И.В. Курс физики. В 3-х томах. - СПб.: Лань, 2016.; Сивухин, Д.В. Общий курс физики: Учебное пособие: для вузов в 5 томах. - М.: Физматлит, 2017.
2. Бондарев, Б.В. Курс общей физики. Кн. 2: Электромагнетизм, оптика, квантовая физика: Учебник. - Люберцы: Юрайт, 2015. - 441 с.; Зисман, Г.А. Курс общей физики: Учебное пособие. В 3-х т. Т.2. Электричество и магнетизм. - СПб.: Лань, 2019. - 360 с.

3. Стерхов, К.В. Курс общей физики: Учебное пособие Т.3. Оптика. Физика атомов и молекул. Физика атомного ядра и микрочастиц КПП. - СПб.: Лань КПП, 2016. - 496 с.;
4. Савельев, И.В. Курс физики. В 3 т. Т. 3.: Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц, стер. - СПб.: Лань, 2016. - 308 с.
5. Бондарев, Б.В. Курс общей физики. Кн. 2: Электромагнетизм, оптика, квантовая физика: Учебник. - Люберцы: Юрайт, 2015. - 441 с.; Зисман, Г.А. Курс общей физики: Учебное пособие. В 3-х тт. Т.2. Электричество и магнетизм. - СПб.: Лань, 2019. - 360 с.
6. Л.П. Суханов. Лекции по квантовой механике. – Московский физ-тех институт.-2016. – 187 с.; Ландау, Л.Д. Теоретическая физика: Учебное пособие для вузов в 10 т. Т.3 Квантовая механика.(нерелятивистская теория). - М.: Физматлит, 2016. - 800 с.
7. Чеботарев С.Н. Физика конденсированного состояния: лекции. Учебное пособие.-ЮРГПУ (НПИ) имени М.И. Платова. – Новочеркасск: ЮРГПУ(НПИ), 2017–91 с.; Делоне Н.Б. Основы физики конденсированного вещества. -М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011.-236 с.
8. Алешкевич, В.А. Оптика. Универсальный курс общей физики / В.А. Алешкевич. - М.: Физматлит, 2011. - 320 с.
9. Бармасов, А.В. Курс общей физики для природопользователей. Колебания и волны. / А.В. Бармасов. - СПб.: ВHV, 2012. - 256 с.
10. Бондарев, Б.В. Курс общей физики. / Б.В. Бондарев. - М.: Высшая школа, 2005. - 560 с.
11. Бондарев, Б.В. Курс общей физики. В 3-х т.Т. 1. Механика: Учебник для бакалавров / Б.В. Бондарев. - М.: Юрайт, 2013. - 353 с.
12. Валишев, М.Г. Курс общей физики: Учебное пособие / М.Г. Валишев, А.А. Повзнер. - СПб.: Лань, 2010. - 576 с.
Зисман, Г.А. Курс общей физики: Учебное пособие. В 3-х тт. Т.2. Электричество и магнетизм / Г.А. Зисман, О.М. Тодес. - СПб.: Лань, 2019. - 360 с.
13. Козлов, В.Ф. Курс общей физики в задачах / В.Ф. Козлов и др. - М.: Физматлит, 2010. - 264 с.
14. Николаев, В.И. Трудные графики в курсе общей физики / В.И. Николаев, Т.А. Бушина. - СПб.: Лань, 2014. - 208 с.
15. Фирганг, Е.В. Руководство к решению задач по курсу общей физики: Учебное пособие / Е.В. Фирганг. - СПб.: Лань, 2008. - 352 с.
16. Фирганг, Е.В. Руководство к решению задач по курсу общей физики: Учебное пособие / Е.В. Фирганг. - СПб.: Лань, 2009. - 352 с.
17. Фриш, С.Э. Курс общей физики. Т.3. Оптика. Атомная физика / С.Э. Фриш, А.В. Тиморева. - СПб.: Лань, 2006. - 656 с.
18. Фриш, С.Э. Курс общей физики: Учебник Т.1. Физические основы механики. Молекулярная физика. Колебания и волны / С.Э. Фриш, А.В. Тиморева. - СПб.: Лань, 2007. - 480 с.

19. Фриш, С.Э. Курс общей физики: Учебник Т.1. Физические основы механики. Молекулярная физика. Колебания и волны. / С.Э. Фриш, А.В. Тиморева. - СПб.: Лань, 2008. - 480 с.
20. Фриш, С.Э. Курс общей физики: Учебник Т.2. Электрические и электромагнитические явления / С.Э. Фриш, А.В. Тиморева. - СПб.: Лань, 2008. - 528 с.
21. Фриш, С.Э. Курс общей физики: Учебник Т.2. Электрические и электромагнитические явления / С.Э. Фриш, А.В. Тиморева. - СПб.: Лань, 2007. - 528 с.

ВОПРОСЫ ПО ВТОРОМУ БЛОКУ

Распределение Максвелла по скоростям и энергиям теплового движения. Наиболее вероятная скорость молекул. Средняя арифметическая скорость. Средняя квадратичная скорость молекул. Число степеней свободы молекулы. Закон равномерного распределения энергии по степеням свободы молекул.

Математический аппарат квантовой механики. Коммутация операторов и её физический смысл. Соотношение неопределённостей Гейзенберга. Оператор импульса. Собственные значения и собственные функции. Координатное и импульсное представления волновой функции. Оператор производной физической величины по времени.

Движение в центральном поле. Общие свойства. Классификация состояний дискретного спектра. Уравнение для радиальной волновой функции. Уравнение Паули. Движение заряженной частицы в магнитном поле. Матрицы спина $1/2$. Свойства матриц Паули.

Вторичное квантование. Фермионы, операторы уничтожения и рождения, коммутационные соотношения. Эффект Зеемана (простой и сложный). Метод Ритца. Применение вариационного метода к приближенным расчетам. Вероятность перехода между состояниями дискретного спектра под влиянием возмущения, действующего конечное время.

Функция Блоха и ее свойства. Уравнения для функции Блоха. Электрон в кристаллическом поле. Случай сильной связи. Приближенное вычисление нижних уровней энергии. Электрон в кристаллическом поле. Случай слабой связи. Движение электрона в кристалле под действием внешнего поля.

Момент импульса. LS- и jj- связь. Обменное взаимодействие в квантовой механике. Пара- и ортогелий. Принцип тождественности. Статистика Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна.

Отражение и прохождение частицы через одномерный потенциальный барьер. Оператор момента импульса. Решение уравнений на собственные значения. Сферические функции. Повышающий и понижающий операторы.

Электрические свойства металлов, полупроводников и диэлектриков. Методы измерения электросопротивления

Общее выражение для потенциала. Две примыкающие проводящие полусферы, имеющие различный потенциал. Четырехмерный потенциал электромагнитного поля.

Магнитные характеристики материалов и методы их исследования. Устройство и принцип работы вибромагнитометра. Шумы Баркгаузена

Экспериментальные методы исследования конденсированного состояния с использованием нейтронных пучков

Исследование дефектной структуры поверхностно-упрочненных металлов методом акустоэмиссии

Принцип получения картин дифракции обратно рассеянных электронов. Линии Кикучи. Возможности метода EBSD

Дифференциальные уравнения магнитостатики и закон Ампера. Векторный потенциал и магнитная индукция кругового витка тока. Магнитное поле ограниченного распределения токов.

Дипольное излучение. Дипольное излучение при столкновениях. Магнитное поле. Закон Био-Савара-Лапласа и его применение к расчету магнитного поля от тел различной конфигурации.

Проводники в электрическом поле. Энергия электрического поля. Работа по перемещению заряда и системы зарядов во внешнем поле. Модели поляризуемости молекул. Энергия электрического поля в диэлектриках.

Уравнения Максвелла в интегральной форме. Тензор электромагнитного поля произвольно движущегося заряда. Импульс электромагнитного поля. Давление света.

Решение уравнений Максвелла методом электродинамических потенциалов. Уравнения Даламбера.

Функция Ферми и ее свойства. Энергия Ферми. Поверхность Ферми. Энергия Ферми как функция температуры для сильно вырожденного случая. Численная оценка энергии Ферми в простейшем случае (квадратичный закон дисперсии).

Энергия электронов в кристалле. Электронная теплоемкость металлов. Электро- и теплопроводность металлов. Закон Видемана-Франца. Магнитосопротивление.

Эффект Холла в металлах и полупроводниках. Классификация твердых тел по их магнитным свойствам. Диамагнетики, парамагнетики, ферромагнетики, антиферромагнетики, слабые ферромагнетики, ферримагнетики.

Монохроматическая и реальная электромагнитные волны. Фазовая и групповая скорости. Задача рассеяния. Квантово-механическая постановка и принципы решения. Амплитуда и сечение рассеяния.

Контакт металла с полупроводником. Запорный слой. Влияние контактного поля на энергетические уровни полупроводника. Выпрямление на контакте полупроводника с металлом.

Контакт двух полупроводников с различным типом проводимости. Равновесное состояние р-п-перехода. Выпрямляющее действие р-п-перехода. Вольтамперная характеристика р-п-перехода.

Преобразования Лоренца. Синхронизация часов и относительность одновременных событий. Преобразования Лоренца. Релятивистская кинематика.

Релятивистская динамика. Импульс и энергия релятивистской частицы. Второй закон Ньютона для релятивистской частицы. Связь между энергией и импульсом для релятивистской частицы. Формула Эйнштейна энергия покоя.

Принципы современной физики. Принцип симметрии и законы сохранения. Принцип дополнительности и соотношение неопределенности. Принцип суперпозиции. Современные исследования в области симметрии и суперсимметрии.

Виды термической обработки металлов. Основы теории термической обработки стали.

Механизм основных превращений. Превращение перлита в аустените. Превращение аустенита в перлит при медленном охлаждении.

Превращение аустенита в мартенсит при высоких скоростях охлаждения.

Превращение мартенсита в перлит.

Химико-термическая обработка стали. Назначение и технология видов химико-термической обработки: цементация. Цементация в твердом карбюризаторе. Газовая цементация.

Структура цементованного слоя. Термическая обработка после цементации. Азотирование. Цианирование и нитроцементация. Диффузионная металлизация. Методы упрочнения металла. Термомеханическая обработка стали. Поверхностное упрочнение стальных деталей. Закалка токами высокой частоты.

Ионная связь. Зависимость потенциальной энергии от расстояния. Результирующая энергия взаимодействия ионов. Результирующая энергия решетки. Ковалентная связь: обобществление электронов. Металлическая связь. Водородная связь.

Термодинамика идеальных и реальных газов. Уравнения состояния. Смеси и их характеристики. Изопараметрические процессы. Теплоемкость. Термостат и адиабатная оболочка.

Метод термодинамических потенциалов. Преобразование Лежандра. Характеристические функции. Соотношения Максвелла в методе потенциалов. Технологии термической обработки материалов. Термическая обработка металлических материалов. Оборудование термических цехов. Технологии термической обработки стальных заготовок и изде. Термическая обработка чугунов. Термическая обработка цветных металлов и сплавов

Основы термодинамики и необратимых процессов. Производство энтропии. Балансовые соотношения. Термодинамика открытых систем. Термодинамика мезоскопических систем.

Химическая термодинамика. Изменения функции состояний при химических превращениях. Тепловые эффекты реакций.

Нанотехнология – основа новой научно-технологической революции. Современные проблемы развития науки: переход к наноразмеру, междисциплинарность научных исследований, уменьшение разрыва между науками, которые изучают органический (живая природа) и неорганический (физико-химические, технические системы и т.д.) миры.

Современная физика: интеграция науки и техники. Управляемый термоядерный синтез. Квантовая электроника. Прикладная рентгенооптика. Технические применения туннельного эффекта. Свойства самоорганизации материи.

Современные проблемы. Сверхпроводимость. Классический и квантовый эффекты Холла. Эффект Джозефсона и его практическое применение. Квантовый туннельный эффект. Туннельный эффект и микроскопия, использование для исследования наноструктурированных материалов.

Предмет и задачи современной физики. Физические методы исследования: эмпирические и теоретические. Современные методы оценки физических величин. Основные этапы развития физики. Пространство, время и скорость – эволюция понятий от Аристотеля, Ньютона до Эйнштейна. Понятие научной и технической революции. Эволюция научных картин мира. Современная физическая картина мира.

Стандартная модель. Большой взрыв и стандартная модель. Темная материя и темная энергия. Согласованность типов материи во Вселенной

Этапы исследовательской деятельности. Физические явления и их модели. Основные параметры модели и анализ крайних случаев.

Размерный анализ. Физические представления. Физические величины. Международная система (SI). Базовые и производные физические величины. П-

теорема. Масштабирование. Безразмерные величины. П-теорема. Размерный анализ для решения проблем. Физические модели.

Современные представления о материи, пространстве и времени. Общая и специальная теории относительности. Основные идеи и принципы квантовой физики. Современные представления об элементарных частицах. Структура микромира.

Собственные функции и собственные значения линейных самосопряжённых операторов. Развитие во времени средних значений физических величин. Уравнение Эренфеста. Теорема Эренфеста.

Квантовый гармонический осциллятор в декартовой и сферической системах координат. Волновые функции и спектр энергии. Спин. Уравнения Дирака и Клейна-Гордона, их свойства и связь. Операторы рождения и уничтожения.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Савельев, И.В. Курс физики. В 3-х томах. - СПб.: Лань, 2016.; Сивухин, Д.В. Общий курс физики: Учебное пособие: для вузов в 5 томах. - М.: Физматлит, 2017.
2. Л.П. Суханов. Лекции по квантовой механике. – Московский физ-тех институт.- 2016. – 187 с.;
3. Ландау, Л.Д. Теоретическая физика: Учебное пособие для вузов в 10 т. Т.3 Квантовая механика. (нерелятивистская теория). - М.: Физматлит, 2016. - 800 с.
4. М.В. Денисенко Вычисление Блоховских функций электрона в одномерном периодическом потенциале.-Учебно-методическое пособие.-2010; В.Н.Глазков, «Квантовая макрофизика», 03.03.2016.
5. Е.А.Раджабов Методы экспериментальной физики конденсированного состояния Часть 1. Спектроскопия атомов и молекул в конденсированных средах – Учебное пособие- Иркутск: изд-во Иркут.гос.ун-та, 2013. – 100с.; В.Н. Варюхин, Е.Г. Пашинская, А.В. Завдоев, В.В. Бурховецкий.
6. В.Н. Варюхин, Е.Г. Пашинская, А.В. Завдоев, В.В. Бурховецкий. Возможности метода дифракции обратнорассеянных электронов для анализа структуры деформированных материалов. Киев: Наукова думка, 2014.- 104 с.;
7. Мамыкин А.И. Рассадина А.А. Контактные явления в полупроводниках. –СПб: НИУ ИТМО, 2014–34 с.; Клюбин В.В. Физические основы микроэлектроники
8. В.Н.Глазков Контактные явления в полупроводниках. Построение энергетических диаграмм контактов полупроводников.- Заметки к лекциям по общей физике.-Москва.-2018.
9. Н.К. Оконская, О.А. Резник. Философские проблемы науки и техники. Учебное пособие.- Пермь, 2013
10. Теплухин Г.Н., Гропянов А.В. Металловедение и термическая обработка: учеб. пособие / СПбГТУ РП. - СПб., 2011 169с.;
11. Г. Н. Гаврилов, Е. Н. Каблов, В. Т. Ерофеев [и др.]. Материаловедение. обработки : учеб. пособие– Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 2019.
12. Машков, Ю. К. М38 Материалы и методы нанотехнологии : конспект лекций- Минобрнауки России, ОмГТУ. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2014 – 136 с.
13. Н.К. Оконская, О.А. Резник. Философские проблемы науки и техники. Учебное

- пособие.- Пермь, 2013
14. Чуев А.С. Система физических величин и закономерных размерностных взаимосвязей между ними./ Журн. «Законодательная и прикладная метрология». №3 - 2007. С.30-33. 4.;
 15. Чуев А.С. Анализ новых физических величин: «поляризуемость вакуума» и «удельная кинетическая индуктивность» в системе физических величин и закономерностей. 2011 г.
 16. Л.П. Суханов. Лекции по квантовой механике. – Московский физ-тех институт.- 2016. – 187 с.; Ландау, Л.Д. Теоретическая физика: Учебное пособие для вузов в 10 т. Т.3 Квантовая механика. (нерелятивистская теория). - М.: Физматлит, 2016. - 800 с.
 17. Бондарев, Б.В. Курс общей физики. Кн. 2: Электромагнетизм, оптика, квантовая физика: Учебник. - Люберцы: Юрайт, 2015. - 441 с.; Зисман, Г.А. Курс общей физики: Учебное пособие. В 3-х тт. Т.2. Электричество и магнетизм. - СПб.: Лань, 2019. - 360 с.
 18. Стерхов, К.В. Курс общей физики: Учебное пособие Т.3. Оптика. Физика атомов и молекул. Физика атомного ядра и микрочастиц КПП. - СПб.: Лань КПП, 2016. - 496 с.;
 19. Савельев, И.В. Курс физики. В 3 т. Т. 3.: Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц, стер. - СПб.: Лань, 2016. - 308 с.
 20. Бондарев, Б.В. Курс общей физики. Кн. 2: Электромагнетизм, оптика, квантовая физика: Учебник. - Люберцы: Юрайт, 2015. - 441 с.; Зисман, Г.А. Курс общей физики: Учебное пособие. В 3-х тт. Т.2. Электричество и магнетизм. - СПб.: Лань, 2019. - 360 с.
 21. Л.П. Суханов. Лекции по квантовой механике. – Московский физ-тех институт.- 2016. – 187 с.; Ландау, Л.Д. Теоретическая физика: Учебное пособие для вузов в 10 т. Т.3 Квантовая механика.(нерелятивистская теория). - М.: Физматлит, 2016. - 800 с.
 22. Чеботарев С.Н. Физика конденсированного состояния: лекции. Учебное пособие.-ЮРГПУ (НПИ) имени М.И. Платова. – Новочеркасск: ЮРГПУ(НПИ), 2017–91 с.; Делоне Н.Б. Основы физики конденсированного вещества. -М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011.-236 с.

ВОПРОСЫ ПО ТРЕТЬЕМУ БЛОКУ

Рентгеноструктурный анализ металлических образцов. Принцип рентгеновской дифракции. Принцип генерирования рентгеновского излучения. Условие Вульфа-Брэгга.

Рентгеноспектральный анализ металлических образцов. Рентгенофлуоресцентный анализ. Подготовка и установка образца. Проведение измерений. Обработка данных анализа. Расчет областей когерентного рассеяния, микро- и макронапряжений

Ультразвуковая дефектоскопия. Основные закономерности распространения ультразвуковых волн в кристалле. Влияние дефектов кристаллической решетки на скорость звука. Методы измерения сигналов. Методы выделения сигналов на фоне помех, методы обнаружения разделения и выделения сигналов.

Синхротронное излучение. Теория синхротронного излучения. Источники синхротронного излучения. Спектроскопия на источниках СИ. Структурные исследования с СИ: Технологические применения синхротронного излучения

Просвечивающая электронная микроскопия. Принцип получения изображений. Формирование дифракционной картины и изображений в сканирующем электронном микроскопе. Светлопольные и темнопольные изображения. Пробоподготовка. Электронография.

ВИМС, ОЖЕ-спектрометрия. Десорбционные методы анализа. Термодесорбция, электронно-стимулированная десорбция, фотодесорбция, десорбция ионным ударом, полевая десорбция. Современные масс-спектрометры

Исследование морфологии поверхности тонких пленок и покрытий методом атомно-силовой микроскопии

Контактный, бесконтактный и полуконтактный режимы работы атомно-силовой микроскопии (АСМ). Потенциал Леннарда-Джонса. Преимущества и недостатки сканирующей туннельной и атомно-силовой микроскопии. Границы применения

Спектральный анализ металлов и сплавов. Методы исследования взаимодействия элементарных частиц. Связь структуры твердых тел с их эксплуатационными характеристиками.

Экспериментальные методы исследования фононных и электронных спектров кристаллов. Физические принципы детектирования элементарных частиц

Сканирующая зондовая микроскопия. Принцип получения изображений. СТМ - измерения в режимах постоянного тока и постоянной высоты. Сканирующая электронная микроскопия. Принцип получения изображений. Преимущества и недостатки. Фрактографический анализ

Принцип действия, увеличение и разрешающая способность оптического микроскопа. Оптическая профилометрия. Металлографические исследования. Определение ориентации кристаллов. Аттестация зеренной структуры

Определение ударной вязкости материалов. Порог хладноломкости. Источники ошибок при прочностных испытаниях.

Трение и износ. Измерение коэффициента трения. Методы оценки износостойкости материалов

Определение механических характеристик при испытаниях на одноосное статическое растяжение

Измерение микротвердости образцов. Методы измерения твердости. Твердость по Бринеллю, Роквеллу и Виккерсу. Установка для микромеханических исследований по методу вдавливания. Вычисления твердости по результатам испытания на микротвердость

Наноиндентирование. Принцип работы прибора. Влияние твердости подложки на механические характеристики тонких пленок, определяемых методом наноиндентирования. Определение параметров индентирования методом Оливера-Фарра

Определение температуры фазовых переходов вещества, находящегося в конденсированном состоянии. Термогравиметрический анализ и дифференциальная сканирующая калориметрия.

Ограниченность классической теории и необходимость перехода к квантовым понятиям. Гипотезы Планка, Эйнштейна, Бора, де Бройля, Корпускулярно-волновой дуализм. Эффект Комптона. Постоянная Планка. Квант света – фотон. Атом Бора, постулаты Бора. Соотношение неопределенности, Принцип Паули. Принцип дополнительности Бора.

Волновая функция и принцип суперпозиции. Оператор Гамильтона. Уравнение Шредингера. Свойства симметрии решений одномерного уравнения Шредингера с четным потенциалом.

Законы сохранения. Плотность потока вероятности. Уравнение непрерывности в квантовой механике. Уравнения Шредингера в стационарном случае и его решения. Стационарные состояния. Общие свойства стационарных состояний одномерного движения.

Формулировки нулевого, первого, второго и третьего законов термодинамики. Тепловой аппарат. Тепловой двигатель и тепловые насосы. Тепловой насос как холодильник. Тепловой насос как обогреватель. Энтропия и экология.

Применение дифракции электронов для исследования металлов и сплавов. Понятие об электронографии, принципы работы электронных микроскопов. Электронограммы от монокристаллов, поликристаллических образцов и образцов с текстурами. Рассеяние электронов веществом, наблюдение и анализ дифракционной картины.

Индицирование электронограмм с большим количеством дифракционных пятен. Рефлексы от сверхрешетки. Обратная решетка и построение сферы Эвальда.

Применение электронографии: определение ориентации, структуры, анализ химического состава образцов.

Информация, заключенная в тонкой структуре электронограммы: Кикучи-линии, влияние формы и размеров кристалла, динамические дефекты, рефлексы от двойников.

Фотографирование дифракционной картины, методы реконструкции изображения, интерпретация оптических дифракционных картин.

Требования к градуировке и тест-объекты. Съемка в "темном поле", анализ пространственных периодов структур и их ориентаций на электронной микрофотографии.

Общие представления по методике приготовления образцов. Первичная обработка массивных образцов.

Методы окончательного утончения: электролитическая полировка, химическая полировка и промывка образцов, утончение ионным пучком, метод сверхтонких срезов, механические методы.

Электронномикроскопический метод исследования структурно-фазового состояния материалов. Устройство и принцип работы электронного микроскопа.

Статистическая обработка результатов механических испытаний.

Статические испытания образцов на растяжение. Образцы и машины для растяжения. Методика проведения испытаний образцов на растяжение.

Методы определения физических характеристик материалов. Методы определения механических свойств материалов. Методы определения электросопротивления материалов.

Прочностные свойства материалов при растяжении. Пределы пропорциональности, упругости, текучести и прочности.

Модификация топологии поверхности и физико-механических свойств покрытий в процессе ионной имплантации.

Послойное исследование микроструктуры покрытия TiN, имплантированного азотом.

Методика исследований структурно-фазового состояния с использованием просвечивающей электронной микроскопии.

Влияние имплантации ионов титана на элементно-фазовый состав и структурное состояние поверхностных слоев никеля.

Формирование наноструктурных фаз при имплантации ионов алюминия в никель.

Модификация структурно-фазового состояния и механических свойств поверхностных слоев титана в условиях имплантации ионами алюминия.

Структурно-фазовое состояние поверхностных слоев железа, имплантированного алюминием.

Общие закономерности формирования наноразмерных фаз в никелевых, титановых и железных матрицах.

Высокоскоростная деформация и откольное разрушение стали Гадфильда при воздействии сильноточного наносекундного релятивистского электронного пучка.

Откольное разрушение ультрамелкозернистых и крупнозернистых ГЦК металлов при воздействии наносекундного релятивистского сильноточного электронного пучка.

Прочность и пластичность материалов при внешнем энергетическом воздействии.

Зависимость изменения функциональных свойств (твердость; адгезионная и

когезионная прочность) и структуры покрытий от основных параметров процесса комбинированной обработки.

Закономерности изменения физико-механических (нанотвердость) и трибологических свойства стали, подвергнутой электровзрывному легированию и электронно-пучковой обработке.

Параметры ионной имплантации и ее технологическая реализация. Физико-химические процессы при взаимодействии ускоренных ионов с твердым телом. Структурно-фазовые превращения в поверхностных ионно-легированных слоях. Современное состояние проблемы.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Физические основы методов исследования наноструктур и поверхности твердого тела / Под ред. В.Д. Бормана: Учебное пособие. – М.: МИФИ, 2008 – 260 с.;
2. В.Н. Варюхин, Е.Г. Пашинская, А.В. Завдоев, В.В. Бурховецкий. Возможности метода дифракции обратнорассеянных электронов для анализа структуры деформированных материалов. Киев: Наукова думка, 2014.- 104 с.
3. Кузнецов М.В. Современные методы исследования поверхности твердых тел: Фотоэлектронная спектроскопия и дифракция, СТМ-микроскопия // Екатеринбург: Ин-т химии твердого тела УрО РАН, 2010 – 43 с.;
4. Брандон, У. Каплан. Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля. М.: Техносфера, 2004.- 377 с.
5. Бехер С.А., Кочетков А.С. Основы ультразвукового контроля.-Новостбирск. - 2013;
6. Михайлин В.В. Синхротронное излучение в спектроскопии. Учебное пособие.-Москва.-2017; Фетисов Г.В. Методы исследования структуры веществ.-М.:Физматлит.-2007.-672 с.
7. Просвечивающая электронная микроскопия и дифрактометрия материалов : пер. с англ. / Б. Фульц, Дж. Хау. — Москва: Техносфера, 2011.- 904 с.
8. Методы исследования твердости поверхности материалов : учебное пособие / Н. Н. Никитенков [и др.]; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — 2-е изд. — Томск: Изд-во ТПУ, 2014 — 132 с.: ил. — Библиогр.: с. 75;
9. Н. Н. Никитенков [и др.]; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — 2-е изд. — Томск: Изд-во ТПУ, 2014 — 132 с.: ил. — Библиогр.: с. 75;
- 10.И. А. Юдин Атомно-силовая микроскопия и ее применения в науке, технике и реставрации Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ» № 9/2015
- 11.Методы исследования твердости поверхности материалов : учебное пособие / Н. Н. Никитенков [и др.]; Национальный исследовательский Томский

- политехнический университет (ТПУ). — 2-е изд. — Томск: Изд-во ТПУ, 2014 — 132 с.: ил. — Библиогр.: с. 75;
- 12.Трехмерная электронная микроскопия в реальном времени: учебное пособие: пер. с англ. / А. Зевайль, Дж. Томас. - Долгопрудный: Интеллект, 2013 - 328 с.;
 - 13.Кузнецов М.В. Современные методы исследования поверхности твердых тел: Фотоэлектронная спектроскопия и дифракция, СТМ- микроскопия // Екатеринбург: Ин-т химии твердого тела УрО РАН, 2010 – 43 с.
 - 14.Вологжанина С.А., Иголкин А.Ф. Хладостойкие материалы. Лабораторные работы: Учеб.-метод. пособие. – СПб.: Университет.-ИТМО, 2015 – 42 с.
 - 15.Полюшкин, Н.Г. Основы теории трения, износа и смазки: учеб. пособие / Н.Г. Полюшкин; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2013 – 192 с.;
 - 16.Триботехника: учебное пособие / Д.Н. Гаркунов, Э.Л. Мельников, В.С. Гаврилюк. — 2-е изд., стер. — Москва: КноРус, 2013 — 408 с.
 - 17.Измерение твердости металлов и сплавов: метод. указания к выполнению лаб. работы по материаловедению /сост.: И.О. Думанский, В.М. Александров, В.Л. Сытин. – Архангельск: САФУ, 2013 – 18 с.
 - 18.Методы исследования твердости поверхности материалов : учебное пособие / Н. Н. Никитенков [и др.]; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — 2-е изд. — Томск: Изд-во ТПУ, 2014 — 132 с.: ил. — Библиогр.: с. 75.
 - 19.Савельев, И.В. Курс физики. В 3-х томах. - СПб.: Лань, 2016.; Сивухин, Д.В. Общий курс физики: Учебное пособие: для вузов в 5 томах. - М.: Физматлит, 2017.
 - 20.Л.П. Суханов. Лекции по квантовой механике. – Московский физ-тех институт.-2016. – 187 с.;
 - 21.Ландау, Л.Д. Теоретическая физика: Учебное пособие для вузов в 10 т. Т.3 Квантовая механика. (нерелятивистская теория). - М.: Физматлит, 2016. - 800 с.;
 - 22.Артеха, С.Н. Основания физики (критический взгляд): Квантовая механика / С.Н. Артеха. - М.: Ленанд, 2015. - 208 с.
 - 23.Геометрическая теория рассеяния ускоренных электронов на кристаллах. Описание лабораторной работы / Сост. Р.В.Кудрявцева, Д.А.Павлов, П.А.Шиляев – Н.Новгород: Нижегородский государственный университет. 2003 – 37 с.
 - 24.Балалаева И.В., Сергеева Е.А., Катичев А.Р. Оптическая микроскопия в исследовании структуры и функций биологических объектов. Часть 1 Широкопольная оптическая микроскопия: Учебно-методическое пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2012 – 58 с.
 - 25.Методические материалы к выполнению лабораторных работ по металлографии «Приготовление образцов для металлографического исследования микроструктуры» Харьков – 2011

26. Приготовление образцов для металлографического исследования микроструктуры. Методические материалы к выполнению лабораторных работ по металлографии Учебное пособие. – Х.: ХНУ имени В. Н. Каразина, 2012 –18с.
27. Физические основы методов исследования наноструктур и поверхности твердого тела / Под ред. В.Д. Бормана: Учебное пособие. – М.: МИФИ, 2008 – 260 с.;
28. Комаров Ф.Ф. Ионная имплантация в металлы.-М.-Металлургия, 1990.-216 с.
29. Просвечивающая электронная микроскопия и дифрактометрия материалов : пер. с англ. / Б. Фульц, Дж. Хау. — Москва: Техносфера, 2011.- 904 с.
30. Берлин, Е. В. Ионно-плазменные процессы в тонкопленочной технологии / Е. В. Берлин, Л. А. Сейдман. – М. : Техносфера, 2010 – 528 с.
31. Письма в ЖТФ, 2010, том 36, вып. 17.-12 сентября
32. Глезер А.М., Громов В.Е. Наноматериалы, созданные путем экстремальных воздействий. Новокузнецк: Изд-во «Интер-Кузбасс», 2010. 171 с.
33. Полюшкин, Н.Г. Основы теории трения, износа и смазки: учеб. пособие / Н.Г. Полюшкин; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2013 – 192 с.; Триботехника: учебное пособие / Д.Н. Гаркунов, Э.Л. Мельников, В.С. Гаврилюк. — 2-е изд., стер. — Москва: КноРус, 2013 — 408 с.