

НАО «ШӘКӘРІМ УНИВЕРСИТЕТ»		
Документ СМК 4 уровня	Редакция № 1 от 02.03.2026 г.	ФП 042-2.07-2026
Программа вступительных экзаменов в PhD- докторантуру		

Исследовательская школа физических и химических наук


Кафедра «Техническая физика и теплоэнергетика»

**ПРОГРАММА
вступительных экзаменов в PhD-докторантуру
по группе образовательных программ
D090 Физика**

Семей – 2026 г.

1 РАЗРАБОТАНО

Составители:

Степанова О.А., к.т.н., профессор, зав.кафедры
(подпись) «17» 02 2026 г.Ермоленко М.В., к.т.н., ассоциированный
профессор, старший преподаватель
(подпись) «17» 02 2026 г.Хажидинова А.Р., PhD, и.о. ассоциированного
профессора, старший преподаватель
(подпись) «17» 02 2026 г.**2 ОБСУЖДЕНО**На заседании кафедры «Техническая физика и теплоэнергетика»

Протокол № 7 от «17» 02 2026 г.

Заведующий кафедрой


(подпись) «17» 02 2026 г. О.А. Степанова
(ФИО)**3 СОГЛАСОВАНО**

Руководитель ЦПАНК


(подпись) «02» 03 2026 г. С.К. Касымов
(ФИО)**4 УТВЕРЖДЕНО**Член Правления –
проректор по науке
(подпись) «02» 03 2026 г. Ж. Калибеккызы
(ФИО)

1. Введение

Программа вступительного экзамена по специальной дисциплине PhD-докторантуры сформирована в объеме программ предшествующих ступеней высшего образования (бакалавриата) и послевузовского образования (магистратуры).

Основные требования к уровню подготовки специалистов по группе образовательных программ D090 - Физика

Поступающий в докторантуру должен иметь представление:

- о современном состоянии и перспективах развития физической науки, включая приоритетные направления фундаментальных и прикладных исследований;
- о методологических основах научного познания, принципах построения теоретических и экспериментальных исследований;
- о роли физики в развитии высоких технологий, энергетики, материаловедения и смежных отраслей;
- о современных информационных технологиях и программных средствах, применяемых в научных исследованиях;

быть компетентным:

- в использовании математического аппарата для анализа и описания физических явлений и процессов;
- в критическом анализе научной литературы, обобщении и систематизации научной информации;
- в применении современных программных комплексов и языков программирования для моделирования физических процессов;
- в подготовке научных публикаций в рецензируемых изданиях.

владеть навыками:

- проведения теоретических и экспериментальных исследований с использованием современного научного оборудования;
- обработки, анализа и визуализации экспериментальных данных с применением статистических методов;
- подготовки научных статей, отчетов, диссертационных материалов и презентаций;
- работы с международными научными базами данных и информационными ресурсами;
- представления результатов научных исследований на конференциях, семинарах и научных форумах;

Вступительный экзамен в докторантуру проводится в письменном или компьютерном формате в соответствии с Типовым правилом приема на обучение в организации образования, реализующей образовательные программы высшего и послевузовского образования, утвержденным приказом Министра образования и науки Республики Казахстан от 31 октября 2018 года № 600.

2. Наименование дисциплины и их основные разделы

2.1. Общая физика. Механика

Тема 1. Кинематика

Механическое движение. Векторы. Скорость. Ускорение. Поступательное движение твердого тела.

Тема 2. Динамика материальной точки

Инерциальные системы отсчета. Закон инерции. Сила и масса. Второй закон Ньютона. Третий закон Ньютона. Силы. Сила тяжести и вес. Упругие силы. Силы трения.

Тема 3. Законы сохранения

Сохраняющиеся величины. Закон сохранения импульса. Энергия и работа. Скалярное произведение векторов. Кинетическая энергия и работа. Работа. Консервативные силы. Потенциальная энергия материальной точки во внешнем силовом поле. Потенциальная энергия взаимодействия. Закон сохранения энергии. Соударение тел. Момент силы. Закон сохранения момента импульса.

Тема 4. Механика твердого тела

Кинематика вращательного движения. Плоское движение твердого тела. Движение центра масс твердого тела. Вращение твердого тела вокруг неподвижной оси. Момент инерции. Кинетическая энергия вращающегося тела. Кинетическая энергия тела при плоском движении. Гироскопы.

Тема 5. Неинерциальные системы отсчета

Силы инерции. Центробежная сила инерции. Сила Кориолиса. Механика жидкостей. Описание движения жидкостей. Уравнение Бернулли. Истечение жидкости из отверстия. Вязкость. Течение жидкости в трубах. Движение тел в жидкостях и газах.

Тема 7. Элементы специальной теории относительности

Принцип относительности Галилея. Постулаты специальной теории относительности. Преобразования Лоренца. Следствия из преобразований Лоренца. Интервал. Преобразование и сложение скоростей. Релятивистский импульс. Релятивистское выражение для энергии. Взаимосвязь массы и энергии. Покоя. Частицы с нулевой массой. Границы применимости ньютоновской механики.

Тема 8. Гравитация

Закон всемирного тяготения. Гравитационное поле. Космические скорости. Теория относительности.

2.2. Термодинамика и молекулярная физика

Тема 1. Температура

Температура и термодинамическое равновесие. Термоскоп и температурные точки. Эмпирические температурные шкалы. Идеально-газовая шкала температур. Виды термометров. Международная практическая температурная шкала. Законы

идеальных газов. Уравнение состояния и его следствия для бесконечно малых процессов. Макроскопические параметры.

Тема 2. Первое начало термодинамики

Квазистатические процессы. Макроскопическая работа. Первое начало термодинамики для системы в адиабатической оболочке. Внутренняя энергия. Количество теплоты. Математическая формулировка первого начала термодинамики. Закон Гесса. Теплоемкость. Внутренняя энергия идеального газа. Закон Джоуля. Уравнение Роберта Майера. Адиабатический процесс. Уравнение Пуассона. Определение C_p/C_v методом Клемана и Дезорма. Скорость звука в газах. Уравнение Бернулли. Скорость истечения газа из отверстия.

Тема 3. Второе начало термодинамики

Различные формулировки основного постулата, выражающего второе начало термодинамики. Обратимые и необратимые процессы. Цикл Карно и теорема Карно. Термодинамическая шкала температур. Тождественность термодинамической шкалы температур со шкалой идеально-газового термометра. Приведение шкалы газового термометра к термодинамической шкале. Неравенство Клаузиуса (для частного случая). Неравенство Клаузиуса в общем виде. Принцип динамического отопления. Равенство Клаузиуса. Энтропия. Закон возрастания энтропии. Обобщение понятия энтропии на неравновесные состояния. Возрастание энтропии при диффузии газов. Парадокс Гиббса. Термодинамические функции. Термодинамическая теория эффекта Джоуля-Томсона. Максимальная работа и свободная энергия. Электродвижущая сила гальванического элемента. Общие критерии термодинамической устойчивости. Принцип Ле-Шателье-Брауна и устойчивость термодинамического равновесия.

Тема 4. Теплопроводность

Уравнение теплопроводности. Стационарные задачи теплопроводности. Нестационарные задачи. Теорема единственности. Принцип суперпозиции температур. Температурные волны. Задача об остывании полупространства. Внешняя теплопередача.

Тема 5. Молекулярно-кинетическая теория вещества

Давление газа с точки зрения молекулярно-кинетической теории. Скорости теплового движения газовых молекул. Давление фотонного газа. Молекулярно-кинетический смысл температуры. Равномерное распределение кинетической энергии теплового движения по поступательным степеням свободы. Равномерное распределение кинетической энергии по степеням свободы. Броуновское движение. Вращательное броуновское движение Классическая теория теплоемкости идеальных газов молекулярно-кинетической теории вещества. Адиабатическое нагревание и охлаждение газа с точки зрения молекулярно-кинетической теории. Классическая теория теплоемкости твердых тел (кристаллов). Недостаточность классической теории теплоемкостей. Понятие о квантовой теории (качественное рассмотрение).

Тема 6. Статистические распределения

Распределение скоростей молекулы газа. Закон распределения скоростей Максвелла. Распределение молекул по абсолютным значениям скоростей. Средние

скорости молекул. Принцип детального равновесия. Закон распределения Больцмана. Энтропия и вероятность. Флуктуации. Метод наиболее вероятного распределения в статистике Больцмана. Статистики Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна. Теорема Нернста. Квантовая теория теплоемкостей Эйнштейна.

Тема 7. Явления переноса в газах

Средняя длина свободного пробега. Эффективное сечение. Ослабление пучка молекул в газе. Вязкость и теплопроводность газов. Самодиффузия в газах. Связь диффузии с подвижностью частицы. Концентрационная диффузия в газах. Броуновское движение как процесс диффузии. Термическая диффузия в газах. Явления в разреженных газах. Молекулярное течение ультраразреженного газа через прямолинейную трубу.

Тема 8. Реальные газы

Молекулярные силы и отступления от законов идеальных газов. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Уравнение Дитеричи. Изотермы газа Ван-дер-Ваальса. Изотермы реального газа. Правило Максвелла. Непрерывность газообразного и жидкого состояний вещества. Свойства вещества в критическом состоянии. Определение критических параметров. Внутренняя энергия газа Ван-дер-Ваальса. Эффект Джоуля-Томсона для газа Ван-дер-Ваальса. Методы получения низких температур и сжижения газов.

Тема 9. Поверхностное натяжение

Термодинамика поверхностного натяжения. Разность давлений по разные стороны изогнутой поверхности жидкости. Формула Лапласа. Капиллярно-гравитационные волны малой амплитуды.

Тема 10. Фазовые равновесия и фазовые превращения

Фазы и фазовые превращения. Условие равновесия фаз химически однородного вещества. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Испарение и конденсация. Плавление и кристаллизация. Зависимость давления насыщенного пара от температуры. Теплоемкость насыщенного пара. Тройные точки. Диаграммы состояния. Кипение и перегревание жидкости. Зависимость давления насыщенного пара от кривизны поверхности жидкости. Метастабильные состояния. Фазовые превращения второго рода. Конвективная устойчивость жидкостей и газов.

Тема 11. Растворы

Растворимость тел. Осмос и осмотическое давление. Закон Рауля. Повышение точки кипения и понижение точки замерзания раствора. Правило фаз. Диаграммы состояния бинарных смесей.

Тема 12. Симметрия и строение кристаллов

Симметрия тел. Кристаллические решетки. Кристаллические системы. Пространственные группы и кристаллические классы кристаллов. Миллеровские индексы и индексы направлений. Решетки химических элементов и соединений. Дефекты в кристаллах.

2.3. Курс общей физики. Электричество

Тема 1. Электрическое поле в вакууме

Электрический заряд. Закон Кулона. Электрическое поле. Напряженность поля. Потенциал. Энергия взаимодействия системы зарядов. Связь между напряженностью электрического поля и потенциалом. Диполь. Поле системы зарядов на больших расстояниях. Описание свойств векторных полей. Циркуляция и ротор электростатического поля. Теорема Гаусса.

Тема 2. Электрическое поле в диэлектриках

Полярные и неполярные молекулы. Поляризация диэлектриков. Поле внутри диэлектрика. Объемные и поверхностные связанные заряды. Вектор электрического смещения. Условия на границе двух диэлектриков. Силы, действующие на заряд в диэлектрике. Сегнетоэлектрики.

Тема 3. Проводники в электрическом поле

Равновесие зарядов на проводнике. Проводник во внешнем электрическом поле. Электроемкость. Конденсаторы.

Тема 4. Энергия электрического поля

Энергия заряженного проводника. Энергия заряженного конденсатора. Энергия электрического поля.

Тема 5. Постоянный электрический ток

Электрический ток. Уравнение непрерывности. Электродвижущая сила. Закон Ома. Сопротивление проводников. Закон Ома для неоднородного участка цепи. Разветвленные цепи. Правила Кирхгофа. Мощность тока. Закон Джоуля—Ленца.

Тема 6. Магнитное поле в вакууме

Взаимодействие токов. Магнитное поле. Поле движущегося заряда. Закон Био—Савара. Сила Лоренца. Закон Ампера. Магнитное взаимодействие как релятивистский эффект. Контур с током в магнитном поле. Магнитное поле контура с током. Работа, совершаемая при перемещении тока в магнитном поле. Дивергенция и ротор магнитного поля. Поле соленоида и тороида.

Тема 7. Магнитное поле в веществе

Намагничивание магнетика. Напряженность магнитного поля. Вычисление поля в магнетиках. Условия на границе двух магнетиков. Виды магнетиков. Магнитомеханические явления. Диамагнетизм. Парамагнетизм. Ферромагнетизм.

Тема 8. Электромагнитная индукция

Явление электромагнитной индукции. Электродвижущая сила индукции. Методы измерения магнитной индукции. Токи Фуко. Явление самоиндукции. Ток при замыкании и размыкании цепи. Взаимная индукция. Энергия магнитного поля. Работа перемагничивания ферромагнетика.

Тема 9. Уравнения Максвелла

Вихревое электрическое поле. Ток смещения. Уравнения Максвелла.

Тема 10. Движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях

Движение заряженной частицы в однородном магнитном поле. Отклонение движущихся заряженных частиц электрическим и магнитным полями. Определение заряда и массы электрона. Определение удельного заряда ионов. Масс-спектрографы. Ускорители заряженных частиц.

Тема 11. Классическая теория электропроводности металлов

Природа носителей тока в металлах. Элементарная классическая теория металлов. Эффект Холла.

Тема 12. Электрический ток в газах

Несамостоятельная и самостоятельная проводимость. Несамостоятельный газовый разряд. Ионизационные камеры и счетчики. Процессы, приводящие к появлению носителей тока при самостоятельном разряде. Газоразрядная плазма. Тлеющий разряд. Дуговой разряд. Искровой и коронный разряды.

Тема 13. Электрические колебания

Квазистационарные токи. Свободные колебания в контуре без активного сопротивления. Свободные затухающие колебания. Вынужденные электрические колебания. Переменный ток.

2.4. Физика твердого тела

Тема 1. Структура кристаллов и способы ее определения

Точечная симметрия кристаллов. Пространственная решетка кристалла. Трансляционная симметрия кристаллов. Кристаллографические системы координат трансляционных решеток Бравэ. Кристаллографические символы узловых плоскостей и прямых. Трансляционные элементы симметрии. Обратная решетка. Основные понятия кристаллохимии. Методы определения атомной структуры твердых тел. Симметрия и физические свойства кристаллов.

Тема 2. Межатомное взаимодействие. Основные типы связей в твердых телах

Классификация твердых тел. Типы связи. Энергия связи. Молекулярные кристаллы. Ионные кристаллы. Ковалентные кристаллы. Металлы.

Тема 3. Дефекты в твердых телах

Классификация дефектов. Тепловые точечные дефекты. Равновесная концентрация точечных дефектов. Тепловые дефекты в бинарных кристаллах. Радиационные дефекты. Дислокации. Контур и вектор Бюргера. Напряжения, необходимые для образования дислокации в совершенном кристалле. Движение дислокаций. Напряжения, связанные с дислокациями. Энергия дислокации. Взаимодействие дислокаций с точечными дефектами. Источники дислокаций. Дефекты упаковки и частичные дислокации. Границы зерен.

Тема 4. Механические свойства твердых тел

Напряженное и деформированное состояния твердых тел. Упругость. Закон Гука для изотропных твердых тел. Закон Гука для анизотропных твердых тел. Пластические свойства кристаллических твердых тел. Хрупкое разрушение.

Тема 5. Колебания атомов кристаллической решетки

Одномерные колебания однородной струны. Упругие волны в монокристаллах. Колебания одноатомной линейной цепочки. Колебания одномерной решетки с базисом. Колебания атомов трехмерной решетки.

Тема 6. Тепловые свойства твердых тел

Теплоемкость твердых тел. Закон Дюлонга-Пти. Теория теплоемкости Эйнштейна. Теория теплоемкости Дебая. Вывод формулы для теплоемкости, исходя из представления о фононах. Теплоемкость металлов. Тепловое расширение

твердых тел. Теплопроводность твердых тел. Теплопроводность, обусловленная атомными колебаниями. Теплопроводность металлов. Диффузия в твердых телах.

Тема 7. Основы зонной теории твердых тел

Классификация твердых тел по величине электропроводности. Уравнение Шредингера для твердого тела. Одноэлектронное приближение. Функции Блоха. Свойства волнового вектора электрона в кристалле. Зоны Бриллюэна. Поверхность Ферми. Энергетический спектр электронов в кристалле. Модель Кронига — Пенни. Заполнение зон электронами. Металлы, диэлектрики, полупроводники. Эффективная масса электрона. Энергетические уровни примесных атомов в кристалле. Локализованные состояния, связанные с поверхностью.

Тема 8. Электрические свойства твердых тел

Основные свойства металлов. Электропроводность металлов. Собственная проводимость полупроводников. Проводимость примесных полупроводников. Электропроводность диэлектриков. Свойства твердых тел в сильных электрических полях. Эффект Холла. Влияние поверхностных уровней на электрические свойства твердых тел.

Тема 9. Свойства диэлектриков

Поляризация диэлектриков. Электронная упругая поляризация. Ионная упругая поляризация. Дипольная упругая поляризация. Особенности тепловой поляризации. Ионная тепловая поляризация. Электронная тепловая поляризация. Дипольная тепловая поляризация. Связь между диэлектрической проницаемостью и поляризуемостью. Частотная зависимость диэлектрической проницаемости. Некоторые особенности поляризации нецентросимметричных диэлектриков. Сегнетоэлектрики. Диэлектрические потери.

Тема 10. Магнитные свойства твердых тел

Классификация магнетиков. Природа диамагнетизма. Природа парамагнетизма. Диамагнетизм и парамагнетизм твердых тел. Ферромагнетизм. Молекулярное поле Вейсса. Опыт Дорфмана. Обменное взаимодействие и его роль в возникновении ферромагнетизма. Спиновые волны. Антиферромагнетизм и ферримагнетизм. Ферромагнитные домены. Магнитный резонанс.

Тема 11. Сверхпроводимость

Нулевое сопротивление. Температура сверхпроводящего перехода. Идеальный диамагнетизм. Критическое магнитное поле. Кристаллическая структура и изотопический эффект. Электронный вклад в теплоемкость. Поглощение электромагнитного излучения. Квантование магнитного потока. Эффекты Джозефсона. Высокотемпературная сверхпроводимость. Теория сверхпроводимости Ф. и Г. Лондонов. Теория Гинзбурга—Ландау. Притяжение между электронами. Куперовские пары. Теория Бардина—Купера—Шриффера.

Тема 12. Оптические свойства твердых тел

Виды взаимодействия света с твердым телом. Оптические константы. Поглощение света кристаллами. Рекомбинационное излучение в полупроводниках. Спонтанное и индуцированное излучение. Твердотельные лазеры.

Тема 13. Физические свойства аморфных твердых тел

Структура аморфных твердых тел. Энергетический спектр некристаллических твердых тел. Аморфные полупроводники. Применение аморфных полупроводников. Аморфные диэлектрики. Аморфные металлы.

3. Список рекомендуемой литературы

1. Кириченко Н.А., Крымский К.М. Общая физика. Механика: учебное пособие. – М.: МФТИ, 2013. – 290 с.
2. Савельев, И.В. Курс общей физики. В 3 т. Т. 1. Механика. Молекулярная физика / И.В. Савельев. – СПб.: Лань, 2016. – 432 с.
3. Кириченко П. А. Термодинамика, статистическая и молекулярная физика/ Учебное пособие. 3-е изд. – М.: Физматкнига, 2005. – 176 с.
4. Сивухин Д.В. Общий курс физика. Т. II. Термодинамика и молекулярная физика. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 352 с.
5. Савельев, И.В. Курс общей физики. В 3 т. Т. 1. Механика. Молекулярная физика / И.В. Савельев. – СПб.: Лань, 2016. – 432 с.
6. Савельев И.В. Курс общей физики, том II. Электричество и магнетизм, – СПб.: Лань, 2011. – С.352.
7. Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела. – М.: Высшая школа. – 3-е изд. – М., 2000. – 494 с.