

МИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КАЛМЫЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Б. Б. ГОРОДОВИКОВА»

Утверждено
Советом факультета математики, физики
и информационных технологий
Декан
_____ Сумьянова Е. В.
« ____ » _____ 2026 г.

ПРОГРАММА
комплексного междисциплинарного экзамена
по направлению 03.04.02 Физика,
профиль «Астрофизика. Физика космических излучений и космоса»

г. Элиста
2026

I. Основы механики

1. Предмет механики. Материальная точка, радиус-вектор, скорость и ускорение в декартовой, цилиндрической и сферической системах координат.
2. Понятие силы и массы. Принцип относительности Галилея. Инерциальные системы отсчёта.
3. Законы Ньютона. Решение уравнений движения для простейших силовых полей.
4. Законы изменения и сохранения импульса системы материальных точек.
5. Законы изменения и сохранения кинетического момента системы материальных точек.
6. Законы изменения и сохранения энергии системы материальных точек.
7. Одномерное движение в потенциальном поле. Анализ траекторий.
8. Движение в центральном силовом поле. Задача Кеплера (законы движения в кулоновском поле).
9. Рассеяние частиц на неподвижном центре. Формула Резерфорда.
10. Связи и их классификация. Действительные, возможные и виртуальные перемещения.
11. Обобщённые координаты. Функция Лагранжа. Уравнения Лагранжа 1-го и 2-го рода.
12. Интегралы движения. Циклические координаты. Принцип наименьшего действия.
13. Свободные одномерные колебания. Частота, период, амплитуда.
14. Затухающие и вынужденные колебания. Резонанс. Добротность.
15. Колебания систем с несколькими степенями свободы. Собственные колебания (метод Боголюбова–Крылова).
16. Канонические уравнения Гамильтона. Фазовое пространство.
17. Теорема Лиувилля. Скобки Пуассона.
18. Уравнение Гамильтона–Якоби. Канонические преобразования.
19. Кинематика твёрдого тела: углы Эйлера, кинематические уравнения.
20. Динамика твёрдого тела: тензор инерции, кинетический момент и кинетическая энергия. Динамические уравнения Эйлера. Свободное движение твёрдого тела.

II. Основы теории электромагнитного поля

1. Принцип относительности Галилея и принцип относительности Эйнштейна. 4-интервал и его инвариантность.
2. Преобразования Лоренца. Сокращение длины и замедление времени. Преобразование скоростей.
3. Принцип наименьшего действия для свободной релятивистской частицы. Энергия и импульс.

4. Заряд в электромагнитном поле. Уравнения движения релятивистской заряженной частицы. Градиентная инвариантность.
5. Тензор электромагнитного поля. Первая пара уравнений Максвелла.
6. Действие для электромагнитного поля. Уравнение непрерывности. Вторая пара уравнений Максвелла.
7. Плотность энергии и плотность потока энергии электромагнитного поля.
8. Постоянное электрическое поле. Электростатическая энергия зарядов. Дипольный и мультипольные моменты.
9. Постоянное магнитное поле. Магнитный момент.
10. Волновое уравнение для электромагнитного поля. Плоские монохроматические волны. Спектральное разложение.
11. Запаздывающие потенциалы. Потенциалы Лиенара–Вихерта.
12. Поле движущегося заряда в волновой зоне. Дипольное приближение. Излучение.
13. Квазистатическая зона. Поля вдали от источников.
14. Макроскопическая электродинамика: уравнения Максвелла в среде. Электрическая индукция и напряжённость магнитного поля.
15. Граничные условия на поверхности раздела сред.
16. Электростатика проводников: распределение заряда, энергия поля, силы, действующие на проводники.
17. Электростатика диэлектриков: поляризация, свободная энергия диэлектрика в электростатическом поле.
18. Постоянный ток: плотность тока, проводимость, уравнения магнитостатики.
19. Магнитное поле постоянных токов. Коэффициенты взаимной индукции и самоиндукция.
20. Квазистационарные поля: условия квазистационарности, уравнения, скин-эффект. Комплексное сопротивление. Движение проводника в магнитном поле.

III. Основы квантовой теории

1. Экспериментальные основы квантовой механики. Объект исследования, проблема измерения.
2. Линейные самосопряжённые операторы. Собственные функции и собственные значения. Коммутирующие операторы.
3. Представления (координатное, импульсное). Матричная формулировка. Унитарные преобразования.
4. Чистые и смешанные состояния. Матрица плотности и её свойства. Вычисление средних значений и вероятностей.
5. Дисперсия физической величины. Соотношение неопределённостей Гейзенберга.

6. Уравнение Шрёдингера (временное и стационарное). Уравнение непрерывности.
7. Производные операторов по времени. Скобки Пуассона в квантовой механике.
8. Операторы координаты, импульса, момента импульса. Их собственные значения и функции.
9. Оператор Гамильтона. Стационарные состояния. Теорема Эренфеста.
10. Переход от уравнения Шрёдингера к уравнению Гамильтона–Якоби. Метод ВКБ.
11. Спонтанные и вынужденные переходы. Вероятности переходов (формулы Эйнштейна).
12. Одномерный гармонический осциллятор: уровни энергии, волновые функции, правила отбора.
13. Частица в потенциальной яме (прямоугольная, параболическая). Туннельный эффект.
14. Движение в центральном поле. Атом водорода: уровни, волновые функции, правила отбора. Магнитный момент.
15. Стационарная теория возмущений (без вырождения и с вырождением). Эффект Штарка.
16. Нестационарная теория возмущений. Вероятности квантовых переходов.
17. Спин электрона. Оператор спина. Уравнение Паули. Эффект Зеемана (простой и аномальный).
18. Системы многих частиц. Бозе- и ферми-частицы. Принцип Паули. Волновые функции для систем фермионов и бозонов.
19. Многоэлектронные атомы: метод Хартри–Фока, периодическая система, спектральные термы. Рентгеновские спектры.
20. Основы теории химической связи. Молекула водорода. Силы Ван-дер-Ваальса. Теория столкновений: рассеяние в борновском приближении.

IV. Основы термодинамики и статистической физики

1. Первое начало термодинамики. Теплоёмкости. Основные термодинамические процессы (изотермический, адиабатный и др.).
2. Второе начало термодинамики: формулировки Клаузиуса, Кельвина, принцип Каратеодори. Энтропия.
3. Обратимые и необратимые процессы. Вычисление энтропии. Второе начало для неравновесных процессов.
4. Тепловые машины. Цикл Карно и его КПД. Теоремы Карно. Циклы Отто, Дизеля и др.
5. Третье начало термодинамики и его следствия.
6. Термодинамические потенциалы (внутренняя энергия, энтальпия, свободная энергия, потенциал Гиббса). Их свойства.

7. Термодинамические системы с переменным числом частиц. Большой термодинамический потенциал.
8. Условия равновесия и устойчивости термодинамических систем. Правило фаз. Кривые равновесия.
9. Фазовые переходы I и II рода. Уравнение Клапейрона–Клаузиуса.
10. Термодинамика необратимых процессов: соотношения Онсагера, диссипативные функции, принцип Ле-Шателье.
11. Основы теории вероятностей. Фазовое пространство. Теорема Лиувилля.
12. Метод статистических ансамблей. Микроканоническое, каноническое и большое каноническое распределения.
13. Распределение Максвелла и Больцмана. Теорема о равнораспределении по степеням свободы. Теорема о вириале.
14. Применение классической статистики: теплоёмкость твёрдых тел (закон Дюлонга–Пти) и идеальных газов.
15. Равновесное электромагнитное излучение. Ультрафиолетовая катастрофа. Формула Планка.
16. Квантовая статистика. Распределения Ферми–Дирака и Бозе–Эйнштейна. Температура вырождения.
17. Уравнения состояния квантовых идеальных газов. Бозе-конденсация. Электронный газ в металлах.
18. Теория флуктуаций. Распределение Гаусса. Флуктуации термодинамических величин.
19. Феноменологическая теория фазовых переходов II рода Ландау. Скачок теплоёмкости. Изменение симметрии.
20. Кинетические уравнения: уравнение Больцмана, уравнение Власова. Затухание Ландау. Уравнения газовой динамики. Теплопроводность и электропроводность электронного газа.

V. Основы механики сплошных сред

1. Понятие сплошной среды. Лагранжев и эйлеров способы описания.
2. Тензор напряжений. Тензор деформаций и тензор скоростей деформаций.
3. Линии и трубки тока. Вихревое и потенциальное течение.
4. Уравнения движения упругой среды и ньютоновской жидкости. Уравнение Эйлера для идеальной жидкости.
5. Уравнение Навье–Стокса для вязкой жидкости. Коэффициенты вязкости.
6. Уравнение непрерывности. Уравнение переноса тепла.
7. Законы сохранения в интегральной форме. Потoki импульса и энергии. Циркуляция скорости. Теорема Гельмгольца.
8. Гидростатическое равновесие. Барометрическая формула.
9. Самогравитирующая среда. Магнитогидростатическое равновесие. Магнитное давление.

10. Стационарное течение. Уравнение Бернулли. Сила сопротивления при потенциальном обтекании.
11. Линеаризация уравнений движения. Звуковые волны. Энергия и импульс звуковых волн.
12. Гравитационные волны на поверхности воды. Внутренние гравитационные волны.
13. Турбулентность (общие понятия).
14. Ударные волны в газе. Условия на разрыве (тангенциальные разрывы и ударные волны).
15. Адиабата Гюгонио. Теорема Цемплена.

Литература:

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Механика. – М.: Физматлит, 2025. – 224 с. – (Теоретическая физика. Т. 1).
2. Ольховский И.И. Курс теоретической механики для физиков. – М.: Изд-во МГУ, 1974.
3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория поля. – М.: Физматлит, 2026. – 512 с. – (Теоретическая физика. Т. 2).
4. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Электродинамика сплошных сред. – М.: Наука, 1982.
5. Ан А.Ф., Самохин А.В. Основы классической электродинамики: Учебник. – 2020.
6. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика (нерелятивистская теория). – М.: Физматлит, 2024. – (Теоретическая физика. Т. 3).
7. Блохинцев Д.И. Основы квантовой механики. – М.: Наука, 1976.
8. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика. – М.: Наука, 1976. – (Теоретическая физика. Т. 5).
9. Базаров И.П. Термодинамика. – М.: Высшая школа, 1976.
10. Базаров И.П. Термодинамика и статистическая физика. – М.: Изд-во МГУ, 1986.
11. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика. – М.: Физматлит, 2026. – 728 с. – (Теоретическая физика. Т. 6).
12. Седов Л.И. Механика сплошной среды. В 2-х т. – 6-е изд., стереотип. – СПб.: Лань.
13. Эглит М.Э. Лекции по основам механики сплошных сред. – М.: URSS, 2020. – 208 с.
14. Георгиевский Д.В. Избранные задачи механики сплошной среды. – М.: URSS, 2020. – 560 с.
15. Грац Ю.В. Лекции по гидродинамике. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Ленанд, 2020. – 240 с.
16. Физика сплошных сред: учебное пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. – Ульяновск: УлГТУ, 2020. – 66 с.