

УТВЕРЖДЕНО
на заседании Ученого совета
НАО «КазНУ им. аль-Фараби»
Протокол № 11 от 23.05.2025 г.

**Программа вступительного экзамена
для поступающих в докторантуру
на группу образовательных программ
D093 – «Механика»**

I. Общие положения

1. Программа составлена в соответствии с Приказом Министерства образования и науки Республики Казахстан от 31 октября 2018 года № 600 «Об утверждении Типовых правил приема на обучение в организации образования, реализующие образовательные программы высшего и послевузовского образования» (далее – Типовые правила).

2. Вступительный экзамен в докторантуру состоит из собеседования, написания эссе и экзамена по профилю группы образовательных программ.

Блок	Баллы
1. Собеседование	30
2. Эссе	20
3. Экзамен по профилю группы образовательной программы	50
Всего/проходной	100/75

3. Продолжительность вступительного экзамена - 3 часа 10 минут, в течение которых поступающий пишет эссе, отвечает на электронный экзаменационный билет. Собеседование проводится на базе вуза до вступительного экзамена.

II. Порядок проведения вступительного экзамена

1. Поступающие в докторантуру на группу образовательных программ D093 – «Механика» пишут проблемное / тематическое эссе. Объем эссе – не менее 250 слов.

Цель эссе – определить уровень аналитических и творческих способностей, выраженных в умении выстраивать собственную аргументацию на основе теоретических знаний, социального и личного опыта.

Виды эссе:

- мотивационное эссе с раскрытием побудительных мотивов к исследовательской деятельности;
- научно-аналитическое эссе с обоснованием актуальности и методологии планируемого исследования;
- проблемное/тематическое эссе, отражающее различные аспекты научного знания в предметной области.

2. Электронный экзаменационный билет состоит из 3 вопросов.

Темы для подготовки к экзамену по профилю группы образовательной программы:

Дисциплина «Теоретическая механика»

1. Предмет теоретической механики, основные понятия и определения. Кинематика точки и твердого тела. Способы задания движения точки. Скорость и ускорение в криволинейном движении. Разложение ускорения по осям естественного трехгранника.
2. Механическая система. Поступательное движение абсолютно твердого тела. Вращательное движение абсолютно твердого тела вокруг неподвижной оси. Угловая скорость и угловое ускорение. Скорости и ускорения точек при вращении твердого тела.
3. Плоскопараллельное движение абсолютно твердого тела. Скорости и ускорения точек плоской фигуры. Мгновенные центры скоростей и ускорений.
4. Движение твердого тела около неподвижной точки. Углы Эйлера. Кинематические уравнения Эйлера. Теорема Эйлера – Даламбера. Скорости и ускорения точек тела, движущегося около неподвижной точки.
5. Сложное движение твердого тела. Приведение системы скользящих векторов. Главный вектор и главный момент. Инварианты приведения системы скользящих векторов. Винт.
6. Движение свободного твердого тела. Теорема Шаля. Скорости и ускорения точек свободного твердого тела.
7. Сложное движение точки. Абсолютное, относительное, переносное движение. Теорема о сложении скоростей. Теорема Кориолиса.
8. Основные определения и аксиомы статики. Момент силы относительно центра. Момент силы относительно оси.
9. Система сходящихся сил. Условия равновесия системы сходящихся сил. Система параллельных сил. Условия равновесия, эквивалентные условия равновесия. Центр тяжести. Методы нахождения центра масс.
10. Теория пар. Система сил, произвольно расположенных в пространстве. Условия равновесия для различных систем сил. Статически неопределенные системы.
11. Динамика точки и системы материальных точек. Прямолинейные колебания точки (гармонические, затухающие, вынужденные). Дифференциальные уравнения движения системы материальных точек.
12. Общие теоремы динамики точки. Основные динамические величины системы. Общие теоремы динамики системы.
13. Виды связей. Элементарная работа силы. Работа силы тяжести, силы упругости, силы трения. Основные понятия.
14. Виртуальные и истинные перемещения. Вариация координат. Число степеней свободы.
15. Обобщенные координаты, скорости и силы. Условия, налагаемые связями на вариации координат. Принцип возможных перемещений.
16. Принцип Даламбера. Общие теоремы, выводимые из принципа Даламбера. Принцип Даламбера-Лагранжа.
17. Метод множителей Лагранжа. Уравнения Лагранжа 1-го рода. Голономные и неголономные системы. Определение реакций с помощью уравнений Лагранжа 1-го рода.
18. Уравнения Лагранжа II рода. Уравнения Лагранжа для системы, находящейся под действием потенциальных сил. Функция Лагранжа. Интеграл энергии.
19. Циклические координаты. Метод игнорирования координат. Функция Рауса. Уравнения Рауса. Циклический интеграл.

20. Канонические уравнения. Канонические преобразования. Преимущества канонических уравнений.

21. Геометрия масс. Теорема Гюйгенса-Штейнера. Момент инерции относительно пересекающихся осей. Тензор и эллипсоид инерции. Главные оси инерции.

22. Дифференциальные уравнения вращательного движения твердого тела. Давление на ось. Плоскопараллельное движение абсолютно твердого тела.

23. Движение абсолютно твердого тела, имеющего одну неподвижную точку. Основные динамические величины. Теоремы Кенига. Динамические уравнения Эйлера.

24. Общая постановка задачи о движении тяжелого твердого тела с неподвижной точкой. Дифференциальные уравнения движения. Частные случаи интегрирования: случаи Эйлера, Лагранжа, Ковалевской.

25. Каноническая теория возмущений. Переменные Делоне, Андуайе. Переменные действие-угол.

Дисциплина «Механика сплошной среды»

1. Предмет механики сплошной среды, основные проблемы и разнообразия ее приложений. Различные свойства твердых, жидких и газообразных тел. Гипотеза сплошности.

2. Элементы тензорного исчисления и анализа. Основные дифференциальные операции над тензорами. Градиент, дивергенция, ротор, лапласиан.

3. Кинематика сплошной среды. Уравнения движения частиц сплошной среды. Методы Лагранжа и Эйлера изучения движения сплошной среды и их взаимосвязь. Скалярные и векторные поля и их основные характеристики. Траектория, линия тока, вихревая линия и их дифференциальные уравнения. Струя, трубка тока, вихревая трубка.

4. Теория деформаций. Коэффициент относительного удлинения. Тензор деформаций. Геометрический смысл его компонент. Инварианты тензора деформаций. Коэффициент объемного расширения. Условие совместности деформаций. Тензор скоростей деформаций. Формула и теорема Коши-Гельмгольца.

5. Основные теорема и уравнение динамики сплошной среды. Масса. Плотность среды. Закон сохранения массы. Уравнение неразрывности и переменных Лагранжа и Эйлера. Массовые и поверхностные силы. Тензор напряжений. Теорема об изменении количества движения среды. Уравнения динамики в “напряжениях”.

6. Уравнения равновесия среды. Теорема об изменении кинетического момента среды. Симметричный и несимметричный тензора напряжений. Кинетическая энергия. Теорема об изменении кинетической энергии среды.

7. Классические модели сплошных сред. Модель идеальной несжимаемой жидкости. Уравнения Эйлера. Модель идеального газа при баротропном процессе. Модель вязкой несжимаемой жидкости. Уравнения Навье – Стокса. Модель вязкого газа. Полная система уравнений.

8. Модель упругого тела. Уравнения состояния для изотермических и адиабатических процессов и обобщенный закон Гука. Полная система основных уравнений линейной теории упругости. Уравнения Ламе. Модель термоупругого тела. Закон Гука с учетом температурных напряжений. Модель идеального пластического тела.

Дисциплина «Механика жидкости и газа»

1. Основы гидростатики. Уравнения равновесия жидкостей и газов. Равновесие в поле сил тяжести. Равновесие однородной несжимаемой тяжелой жидкости. Равновесие совершенного газа в поле сил тяжести. Закон Архимеда.
2. Общая теория движения идеальных жидкостей и газа. Уравнения движения идеальной среды в форме Громеки-Лемба. Теорема и интеграл Бернулли. Примеры приложения интеграла Бернулли.
3. Уравнение энергии при адиабатическом движении идеального газа. Энтальпия. Интеграл энергии и его приложение. Скорость распространения малых возмущений в идеальном газе. Скорость звука. Формулы Ньютона и Лапласа. Число Маха.
4. Одномерное стационарное движение идеального газа по трубе переменного сечения. Элементарная теория сопла Лавала. Пример плоской стационарной ударной волны. Уравнение Гюгонио.
5. Безвихревое движение идеальной среды. Потенциал скоростей. Интеграл Лагранж-Коши. Плоское безвихревое движение идеальной несжимаемой жидкости. Функция тока. Применение теоремы функции комплексных переменных. Комплексный потенциал. Примеры простейших течений.
6. Динамика вязкой несжимаемой жидкости. Уравнение Навье-Стокса динамики вязкой жидкости в безразмерных переменных. Безразмерные параметры и их смысл. Число Рейнольдса.
7. Движение вязкой несжимаемой жидкости в круглой трубе. Закон Пуазейля. Примеры простейших течений при малых числах Рейнольдса. Особенности течения при больших числах Рейнольдса. Понятие о пограничном слое. Уравнения Прандтля. Задача Блазиуса.
8. Ламинарные и турбулентные движения. Опыт Рейнольдса. Уравнение Рейнольдса осредненного турбулентного движения. Формула Буссинеска. Гипотеза Прандтля. Обзор других полуэмпирических теории турбулентности.

Дисциплина «Механика деформируемого твердого тела»

1. Свойства изотропии и анизотропии. Цилиндрическая анизотропия. Сферическая анизотропия.
2. Основные задачи теории упругости. Постановка задач линейной теории упругости в напряжениях и перемещениях. Уравнения Ламе и Бельтрами-Митчелла. Представление решения уравнения Ламе в формах Попковича-Нейбера и Буссинеска – Галеркина. Принцип Сен-Венана. Функция напряжений. Задача о толстостенных трубах.
3. Уравнение Клапейрона и теорема единственности решения основных задач линейной теории упругости. Теорема взаимности Бетти. Тензор влияния. Теорема Максвелла. Потенциалы теории упругости. Определение поля перемещений по заданным внешним силам и вектором перемещений на поверхности тела. Вариационные методы Ритца и Бубнова – Галеркина.
4. Плоские задачи теории упругости. Их виды. Функция напряжений Эри. Комплексное представление вектора смещения, тензора напряжений и бигармонической функции. Задача о жестком штампе. Задача Герца о сжатии упругих тел.
5. Основные соотношения моментной теории упругости. Эффекты моментных напряжений в линейной теории упругости. Основы теории магнитоупругости и термоупругости. Основные понятия термовязкоупругости. Условия прочности. Длительная

прочность. Законы состояния нелинейно-упругого тела. Представление закона состояния квадратичным трехчленом. Закон состояния Мурнагана. Постановка задач и основные результаты теории упругих волн.

6. Модель идеально пластического тела. Поверхности нагружения и текучести. Остаточные пластические деформации. Простейшие конкретные модели. Понятия простого и сложного нагружений. Условия пластичности.

7. Законы образования пластических деформаций. Ассоциированный закон. Теория течения. Деформационные теории пластичности. Метод упругих решений. Модель пластической среды с упрочнением.

8. Плоские задачи теории пластичности. Линии скольжения. Основные свойства линий скольжения. Задача о кручении стержней с наличием пластических областей.

9. Постулат устойчивости и его приложения в теории пластичности и ползучести материалов. Модели сложных сред.

10. Прочность и разрушение. Классические теории прочности. Модель тела с трещинами. Критерии разрушения. Механика трещин. Механика рассеянного разрушения.

III. Список использованных источников

Основная:

1. Бутенин Н.В., Лунц Я.Л., Меркин Д.Р. Курс теоретической механики. – 11 изд., стер. – С-Пб: Лань, 2009. – 736 с.
2. Бухгольц Н.Н. Основной курс теоретической механики. Ч.1. – 10 изд., стер. – СПб: Лань, 2009. – 480 с.
3. Бухгольц Н.Н. Основной курс теоретической механики. Ч.2. – 7 изд., стер. – С-Пб: Лань, 2009. – 336 с.
4. Маркеев А.П. Теоретическая механика. – М.-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. – 592 с.
5. Яблонский А.А., Никифорова В.М. Курс теоретической механики. Статика, кинематика, динамика. – М.: КноРус, 2011. – 608 с.
6. Борисов А.В., Мамаев И.С. Динамика твердого тела. – М.-Ижевск: НИЦ РХД, 2001. – 384 с.
7. Поляхов Н.Н., Зегжда С.А., Юшков М.П. Теоретическая механика. – М.: Высшая школа, 2000. – 592 с.
8. Работнов Ю.Н. Механика деформируемого твердого тела. – М.: Наука, 1988. – 712 с.
9. Ключников В.Д. Физико-математические основы прочности и пластичности. – М.: МГУ, 1994. – 190 с.
10. Феодосьев В.И. Сопротивление материалов. – М.: Наука, 1986. – 512 с.
11. Дарков А.В., Шапошников Н.И. Строительная механика. – М.: Наука, 1986. – 368 с.
12. Смирнов А.Ф. Строительная механика. Динамика и устойчивость сооружений. – М.: Наука, 1984. – 413 с.
13. Бабаков Н.М. Теория колебаний. – М.: Дрофа, 2004. – 591 с.
14. Тимошенко С.П. Прочность и колебания элементов конструкций. – М.: Наука, 1975. – 704 с.
15. Бетчелор Дж. Введение в динамику жидкости. – Москва-Ижевск; НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2004. – 768 с.

16. Седов Л.И. Механика сплошной среды: В 2 т. Т.1. 6-е изд. стер. - СПб.: Издательство "Лань", 2004. – 528 с.
17. Седов Л.И. Механика сплошной среды: – В 2 т. Т.2. 6-е изд. стер. – СПб.: Издательство "Лань", 2004. – 560с.
18. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа: Учебник для вузов. 7-е изд. испр. – М.: Дрофа, 2003. – 840с.
19. Ильюшин А.А. Механика сплошной среды. – М.: МГУ, 1990. – 310 с.
20. Мейз Дж. Теория и задачи механики сплошных сред. – М.: Изд-во ЛКИ. 2007. – 320 с.

Дополнительная:

1. Веретенников В.Г., Сеницын В.А. Теоретическая механика (дополнения к общим разделам). – М.: Изд-во МАИ, 1996. – 360 с.
2. Голубев Ю.Ф. Основы теоретической механики. – М.: Изд-во МГУ, 2000. – 719 с.
3. Лойцянский Л.Г., Лурье А.И. Курс теоретической механики. В 2-х томах. – СПб: Лань, 2006. – Ч.1: Статика, кинематика. – 352 с. – Ч.2: Динамика. – 640 с.
4. Лидов М.Л. Курс лекций по теоретической механике. – М.: Физматлит, 2010. – 496 с.
5. Архангельский Ю.А. Аналитическая динамика твердого тела. - М.: Наука, 1977. 328 с.
6. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидромеханика. – М.: Наука, 1986. –
7. Жермен П. Курс механики сплошных сред. Общая теория. – М.: Высш.шк., 1983.- 399 с.
8. Монин А.С., Яглом А.М. Статистическая гидромеханика. – М.: Наука. 1965. ч.1. 639с.
9. Pope S.B. Turbulent Flows, – Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2000. – 771 p.
10. Robert W. Fox, Alan T. McDonald, Philip J. Pritchard. Introduction to Fluid Mechanics, International Student Version. – 8th Edition, John Wiley&Sons Inc., 2011. – 896 p.
11. Кузнецов В.Р., Сабельников В.А. Турбулентность и горение. – М.: Наука, 1986. – 287 с.
12. Кернштейн И.М. и др. Основы экспериментальной механики разрушения. – М.: МГУ, 1989. – 140 с.
13. Работнов Ю.Н. Введение в механику разрушения. – М.: Наука, 1987. – 80 с.
14. Партон В.З. Механика разрушения. От теории к практике. – М.: Наука, 1990. – 240 с.