

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Институт информационных технологий, математики и механики

УТВЕРЖДЕНО

решением Ученого совета ННГУ

протокол № 10 от 02.12.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Дополнительные главы аналитической механики

Уровень высшего образования

Магистратура

Направление подготовки / специальность

01.04.02 - Прикладная математика и информатика

Направленность образовательной программы

Математическое моделирование физико-механических процессов

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.09 Дополнительные главы аналитической механики относится к обязательной части образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ОПК-1: Способен решать актуальные задачи фундаментальной и прикладной математики	ОПК-1.1: Знает современные методы решения задач фундаментальной и прикладной математики ОПК-1.2: Умеет использовать фундаментальные знания и практический опыт в профессиональной деятельности ОПК-1.3: Имеет навыки решения актуальных и значимых проблем фундаментальной и прикладной математики	ОПК-1.1: Знать как решать актуальные задачи аналитической и прикладной механики. ОПК-1.2: Уметь решать актуальные задачи аналитической и прикладной ОПК-1.3: Владеть навыками решения актуальные задачи аналитической и прикладной	Собеседование	Экзамен: Контрольные вопросы Задачи
ОПК-3: Способен разрабатывать математические модели и проводить их анализ при решении задач в области профессиональной деятельности	ОПК-3.1: Знает современные методы анализа математических моделей при решении задач в области профессиональной деятельности ОПК-3.2: Умеет разрабатывать математические модели и проводить их анализ при решении задач в области профессиональной деятельности ОПК-3.3: Имеет навыки разработки новых математических моделей при решении задач в области профессиональной деятельности	ОПК-3.1: Знать как разрабатывать математические модели, описывающие механические системы и проводить их анализ при решении задач в области профессиональной деятельности ОПК-3.2: Уметь разрабатывать математические модели, описывающие механические системы и проводить их анализ при решении задач в области профессиональной деятельности	Собеседование	Экзамен: Контрольные вопросы Задачи

		ОПК-3.3: Владеть навыками разработки математические модели, описывающие механические системы и проводить их анализ при решении задач в области профессиональной деятельности		
ПК-1: Способен разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых проблем и задач в области профессиональной деятельности	ПК-1.1: Знает методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых проблем и задач в области профессиональной деятельности ПК-1.2: Умеет применять методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых проблем и задач в области профессиональной деятельности ПК-1.3: Имеет опыт применения методов разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых проблем и задач в области профессиональной деятельности	ПК-1.1: Знать методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых проблем и задач в области аналитической механики ПК-1.2: Уметь применять методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых проблем и задач в области аналитической механики ПК-1.3: Владеть навыками применения методов разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых проблем и задач в области аналитической механики	Собеседование	Экзамен: Контрольные вопросы Задачи

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	4
Часов по учебному плану	144
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	2

самостоятельная работа	42
Промежуточная аттестация	36 Экзамен

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
Методологические аспекты возникновения и развития аналитической механики. Классификация связей. Понятия степеней свободы, обобщенные координаты.	14	4	4	8	6
Вывод уравнений динамики (уравнение Лагранжа 1-го рода, 2-го рода, уравнение Нильсона, уравнения Аппеля, уравнения Гамильтона).	14	4	4	8	6
Вариационные принципы механики. Принцип виртуальных перемещений. Дифференциальные вариационные принципы. Принцип Гамильтона–Остроградского. Принцип Лагранжа. Принцип Лагранжа в форме Якоби.	14	4	4	8	6
Постановка самосогласованных задач динамики распределенных систем.	14	4	4	8	6
Постановки задачи динамики механических систем (колебания струны, стержня, балки, механической цепи). Корректная постановка задачи о параметрических и нелинейных колебаниях одномерных систем.	12	4	4	8	4
Преобразование Лежандра. Метод канонических преобразований интегрирования уравнений Гамильтона.	14	4	4	8	6
Теорема Гамильтона–Якоби. Методы интегрирования.	12	4	4	8	4
Групповые методы аналитической механики. Преобразование симметрии. Прямая теорема Нетер. Обратная теорема Нетер.	12	4	4	8	4
Аттестация	36				
КСР	2			2	
Итого	144	32	32	66	42

Содержание разделов и тем дисциплины

1. Классификация связей. Понятия степеней свободы, обобщенные координаты.
2. Уравнения динамики (уравнение Лагранжа 1-го рода, 2-го рода
3. Уравнение Нильсона,
4. Уравнения Аппеля,
5. Уравнения Гамильтона).
6. Вариационные принципы механики.
7. Принцип виртуальных перемещений.
8. Дифференциальные вариационные принципы. Принцип Гамильтона–Остроградского.

9. Принцип Лагранжа. Принцип Лагранжа в форме Якоби.
10. Постановка самосогласованных задач динамики распределенных систем.
11. Постановки задачи динамики механических систем (колебания струны, стержня, балки, механической цепи).
12. Корректная постановка задачи о параметрических и нелинейных колебаниях одномерных систем.
13. Преобразование Лежандра. Метод канонических преобразований интегрирования уравнений Гамильтона.
14. Теорема Гамильтона–Якоби. Методы интегрирования.
15. Групповые методы аналитической механики. Преобразование симметрии.
16. Прямая теорема Нетер. Обратная теорема Нетер.
17. Интегральные инварианты Пуанкаре.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

В рамках дисциплины предусмотрены следующие виды самостоятельной работы (порядок их выполнения, форма контроля):

- повторение материала, пройденного на занятиях лекционного типа (в течение всего семестра, опрос на занятиях лекционного и семинарского типа),
- самостоятельное изучение отдельных вопросов программы (1 раз в семестр, опрос на занятиях семинарского типа),
- подготовка к занятиям семинарского типа, решение задач по списку, представленному преподавателем (в течение всего семестра, опрос на занятиях семинарского типа),
- подготовка к промежуточному контролю успеваемости экзамен).

Дополнительная литература:

1. Гантмахер Ф.Р. Лекции по аналитической механике. М.: Академкнига, 2001. 25 экз
2. Сборник задач по аналитической механике / Е.С. Пятницкий и др. М.: Физматлит, 2002. 400 с. 5 экз.
3. Лурье А.И. Аналитическая механика. М.: Физматгиз, 1961. 5экз.

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ОПК-1:

1. Постановки задачи динамики механических систем (колебания струны, стержня, балки, механической цепи).
2. Корректная постановка задачи о параметрических и нелинейных колебаниях одномерных систем.

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ОПК-3:

1. Преобразование Лежандра. Метод канонических преобразований интегрирования уравнений Гамильтона.
2. Теорема Гамильтона–Якоби. Методы интегрирования.

5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-1:

1. Групповые методы аналитической механики. Преобразование симметрии.
2. Прямая теорема Нетер. Обратная теорема Нетер.
3. Интегральные инварианты Пуанкаре

Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Ответ полный и правильный на основании изученной теории; теоретический материал и решение поставленных задач изложены в необходимой логической последовательности, грамотный научный язык; ответ самостоятельный. Могут быть допущены две-три не существенные ошибки, исправленные по требованию преподавателя
не зачтено	Ответ обнаруживает непонимание студентом основного содержания учебного материала или допущены существенные ошибки, которые не могут быть исправлены при наводящих вопросах преподавателя

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько не существенных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.

<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-1

1. Классификация связей. Понятия степеней свободы, обобщенные координаты.
2. Уравнения динамики (уравнение Лагранжа 1-го рода, 2-го рода
3. Уравнение Нильсона,
4. Уравнения Аппеля,
5. Уравнения Гамильтона).

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-3

1. Вариационные принципы механики.
2. Принцип виртуальных перемещений.
3. Дифференциальные вариационные принципы. Принцип Гамильтона–Остроградского.
4. Принцип Лагранжа. Принцип Лагранжа в форме Якоби.
5. Постановка самосогласованных задач динамики распределенных систем.

5.3.3 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-1

1. Постановки задачи динамики механических систем (колебания струны, стержня, балки, механической цепи).
2. Корректная постановка задачи о параметрических и нелинейных колебаниях одномерных систем.
3. Преобразование Лежандра. Метод канонических преобразований интегрирования уравнений Гамильтона.
4. Теорема Гамильтона–Якоби. Методы интегрирования.
5. Групповые методы аналитической механики. Преобразование симметрии.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки

Оценка	Критерии оценивания
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа

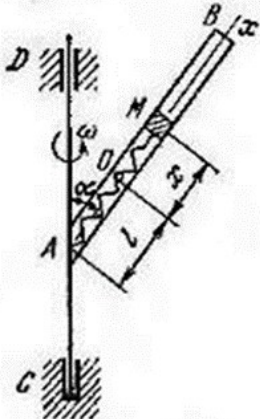
5.3.4 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ОПК-1

Материальная точка массы m подвешена с помощью стержня длины l к плоскому шарниру, горизонтальная ось которого вращается вокруг вертикали с постоянной угловой скоростью ω (см. рисунок). Составить функцию Гамильтона и канонические уравнения движения. Массу стержня не учитывать.



5.3.5 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ОПК-3

Трубка AB вращается с постоянной угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси CD , составляя с ней угол α . В трубке находится пружина жесткости c , один конец которой укреплен в точке A ; ко второму концу пружины прикреплено тело M массы m , скользящее без трения внутри трубки. В недеформированном состоянии длина пружины равна $AO = l$. Приняв за обобщенную координату



5.3.6 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-1

Концы струны закреплены в неподвижных точках A и B , расстояние между которыми равно l . Считая, что натяжение T струны одинаково во всех точках, определить действие по Гамильтону для малых колебаний струны. Предполагается, что колебания происходят в одной вертикальной плоскости xu и что на струну действуют только силы натяжения, линейная плотность струны равна ρ .



К задаче 49.17

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Добронравов В. В. Основы аналитической механики : [учеб. пособие для вузов]. - М. : Высшая школа, 1976. - 263 с. : ил. - 0.56., 2 экз.

Дополнительная литература:

1. Бутенин Н. В. Введение в аналитическую механику : [учеб. пособие для вузов]. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Наука, 1991. - 255 с. : ил. - ISBN 5-02-014221-2 : 2.00., 49 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: мультимедийная техника (компьютер, проектор, экран)

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 01.04.02 - Прикладная математика и информатика.

Автор(ы): Ляхов Александр Федорович, кандидат физико-математических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Игумнов Леонид Александрович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 02.12.2024, протокол № 5.