

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ ИМ. М.В. КЕЛДЫША
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»**

Утверждена
Ученым советом
ИПМ им. М.В. Келдыша РАН,
протокол № 14-22 от «10» ноября 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Механика

Научная специальность
1.1.2 – «Дифференциальные уравнения и математическая физика»

Форма обучения
очная

Москва, 2022

Научная специальность

1.1.2– «Дифференциальные уравнения и математическая физика»

Дисциплина: Механика.

Форма обучения: очная

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА РЕКОМЕНДОВАНА

Ученым советом ИПМ им. М.В. Келдыша РАН,

протокол № 14/22 от «10» ноября 2022 г.

ИСПОЛНИТЕЛЬ (разработчик программ):

Веденяпин В.В., д.ф.-м.н., ИПМ им. М.В. Келдыша РАН

Орлов Ю.Н., д.ф.-м.н., ИПМ им. М.В.Келдыша РАН.

Заведующий аспирантурой _____ / Меньшов И.С. /

Оглавление

АННОТАЦИЯ.....	4
1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	4
2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	4
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	5
3.1. Структура дисциплины	5
3.2. Содержание разделов дисциплины.....	6
3.3. Семинарские занятия.....	6
4. ТЕКУЩАЯ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ	7
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	9
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	10

АННОТАЦИЯ

Дисциплина «Механика» реализуется в рамках Блока «Образовательный компонент» основной профессиональной образовательной программы высшего образования – программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре Федерального исследовательского центра «Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН (ИПМ им. М.В. Келдыша РАН).

Рабочая программа дисциплины «Механика» разработана и составлена на основании Федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре к условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов), в соответствии с учебными планами подготовки аспирантов в ИПМ им. М.В. Келдыша РАН по научной специальности 1.1.2 - «Дифференциальные уравнения и математическая физика»

Основным источником материалов для формирования содержания программы являются: материалы конференций, симпозиумов, семинаров, Интернет-ресурсы, научные издания и монографические исследования и публикации.

Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану составляет 2 зач.ед. (72 часа), из них лекций – 4 часа, семинарских занятий – 10 часов, практических занятий – 0 часов и самостоятельной работы – 22 часа, подготовка к экзамену - 36. Дисциплина реализуется на 1-м курсе, во 2 семестре, продолжительность обучения – 1 семестр.

Текущая аттестация проводится не менее 2 раз в соответствии с заданиями и формами контроля, предусмотренные настоящей программой.

Промежуточная оценка знания осуществляется в период зачетно-экзаменационной сессии в форме экзамена.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели и задачи дисциплины «Механика»

Цель: освоение фундаментальных знаний и компетенций, которые позволят представлять и разрабатывать методами дифференциальных уравнений модели физико-химических процессов и их дискретные модели в удобном виде, а также владеть математическим аппаратом, позволяющим выбрать наиболее правильную модель, аналитически исследовать и оценивать её свойства.

Задачи:

- освоить основной математический аппарат, позволяющий выводить дифференциальные уравнения механики;
- практическое освоение накопленных по дисциплине знаний при использовании и решении дифференциальных уравнений механики.
- стимулирование к самостоятельной деятельности по освоению дисциплины.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины «Механика» направлен на формирование определённых умений, знаний, компетенций.

а) универсальные (УК): не предусмотрено

б) общепрофессиональных (ОПК): не предусмотрены

в) профессиональных (ПК): Способность создавать модели механики, описываемых дифференциальными уравнениями (ПК-2),

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- основные понятия дифференциальных уравнений механики, Лагранжева и гамильтонова формализмов.
- основные методы решения дифференциальных уравнений механики.
- основные математические методы качественного исследования поведения дифференциальных уравнений механики.

Уметь:

- решать линейные дифференциальные уравнения механики и исследовать нелинейные.
- уверенно выводить и проводить качественную оценку поведения дифференциальных уравнений механики.

Владеть:

- навыками асимптотической оценки поведения решений.
- основными понятиями механики.
- навыками исследования основных свойств моделей механических систем.

Приобрести опыт:

- построения моделей механики;
- исследования поведения дифференциальных уравнений механики.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Структура дисциплины

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебных работ

Вид учебной работы	Трудоемкость	
	общая	
	зач.ед.	час.
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ по Учебному плану	2	72
Лекции (Л)		4
Практические занятия (ПЗ)	-	-
Семинары (С)		10
Самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к семинарским и практическим занятиям) и самостоятельное изучение тем дисциплины		22
Вид контроля: экзамен		36

3.2. Содержание разделов дисциплины

Общее содержание дисциплины

№ раздела	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущей аттестации
1.	Лагранжев формализм	Уравнения движения. Принцип наименьшего действия. Принцип Лагранжа. Теорема Нетер и законы сохранения. Функция	О, ДЗ
2.	Задачи, сводимые к одномерным	Одномерное движение. Движение в центральном поле.	О, ДЗ
3.	Колебания.	Свободные и вынужденные колебания. Колебания при наличии трения.	О, ДЗ
4.	Движение твёрдого тела.	Движение твёрдого тела. Угловая скорость, моменты инерции и количества движения. Уравнения Эйлера.	О, ДЗ
5.	Гамильтонов формализм	Уравнения Гамильтона. Скобки Пуассона. Теорема Лиувилля. Уравнение Гамильтона—Якоби.	О, ДЗ

Примечание: О – опрос, Д – дискуссия (диспут, круглый стол, мозговой штурм, ролевая игра), ДЗ – домашнее задание (эссе и пр.). Формы контроля не являются жесткими и могут быть заменены преподавателем на другую форму контроля в зависимости от контингента обучающихся. Кроме того, на занятиях семинарских может проводиться работа с нормативными документами, изданиями средств информации и прочее, что также оценивается преподавателем.

3.3. Лекционные занятия

№ занятия	№ Раздела	Краткое содержание темы занятия	Кол-во часов
1.	1,2,3	Уравнения движения. Принцип наименьшего действия. Функция Лагранжа. Теорема Нетер и законы сохранения. Одномерное движение. Движение в центральном поле. Свободные и вынужденные колебания. Колебания при наличии трения.	2
2.	4,5	Уравнения Гамильтона. Скобки Пуассона. Теорема Лиувилля. Уравнение Гамильтона—Якоби. Движение твёрдого тела.	2
ВСЕГО			4

3.4. Семинарские занятия

№ занятия	№ Раздела (темы)	Краткое содержание темы занятия	Кол-во часов
1.	1	Задачи на тему Уравнения движения. Принцип наименьшего действия. Функция Лагранжа. Теорема Нетер и законы сохранения. Уравнение Лиувилля.	2
2.	2	Задачи по темам: Одномерное движение. Движение в	2

		центральном поле. Фазовый портрет. Колебания.	
3.	3	Задачи по темам: Свободные и вынужденные колебания. Колебания при наличии трения. Фазовый портрет, уравнение Лиувилля. Твёрдое тело.	2
4.	4	Задачи по темам: Уравнения Гамильтона. Скобки Пуассона. Теорема Лиувилля.	2
5.	4	Уравнение Гамильтона—Якоби в гамильтоновой и негамильтоновой ситуации. Твёрдое тело.	2
ВСЕГО			10

4. ТЕКУЩАЯ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Текущая аттестация аспирантов. Текущая аттестация аспирантов проводится в соответствии с локальным актом ИПМ им. М.В. Келдыша РАН - Положением о текущей, промежуточной и итоговой аттестации аспирантов ИПМ им. М.В. Келдыша РАН по программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине проводится в форме опроса, а также оценки вопроса-ответа в рамках участия обучающихся в дискуссиях и различных контрольных мероприятиях по оцениванию фактических результатов обучения, осуществляемых преподавателем, ведущим дисциплину. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины см. ниже.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина – активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость занятий;
- степень усвоения теоретических знаний и уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы, проводимых в рамках семинаров, практических занятий и самостоятельной работы.

Оценивание обучающегося на занятиях осуществляется с использованием нормативных оценок по 4-х бальной системе (5-отлично, 4-хорошо, 3-удовлетворительно, 2-не удовлетворительно).

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

Форма контроля знаний	Вид аттестации	Примечание
проверочные работы в течение всего курса	текущая	Ниже приведены перечени рекомендуемых задач и контрольных вопросов
экзамен	итоговая	

Примерный перечень рекомендуемых контрольных вопросов для оценки текущего уровня успеваемости студента:

1. Нарисовать фазовый портрет уравнения одномерного движения и дать описание поведения уравнения Лиувилля.
2. Нарисовать фазовый портрет одномерной гамильтоновой системы, решить её и дать описание поведения уравнения Лиувилля.
3. Рост энтропии для уравнения Ливилля, энтропия по Пуанкаре.
4. Вывод уравнений механики из Лагранжиана.
5. Вывод уравнений механики из Гамильтониана.

6. Непривное время. Теорема фон Неймана.
7. Функционалы Ляпунова и Н-теорема.
8. Свободные и вынужденные колебания.
9. Теорема Нетер и законы сохранения
10. Движение твердого тела. Угловая скорость, моменты инерции и количества движения. Уравнения Эйлера.
11. Уравнения Гамильтона. Скобки Пуассона. Теорема Лиувилля. Уравнение Лиувилля.
12. Уравнение Гамильтона—Якоби в гамильтоновой и негамильтоновой ситуации.
13. Движение в центральном поле. Кеплерова задача.
14. Свободные и вынужденные колебания. Колебания при наличии трения. Фазовый портрет, уравнение Лиувилля

Примерный перечень рекомендуемых контрольных задач для оценки текущего уровня успеваемости студента:

Задача № 1.

Для системы уравнений одномерного движения

1. Построить фазовый портрет.
2. Найти закон сохранения.
3. Уточнить поведение фазовых траекторий в окрестности особых точек.
4. Выписать уравнение Лиувилля для этой динамической системы и приближение гидродинамического типа.
5. Определить, будет ли в нулевой момент времени перехлест, если $V(x,0) = x$.

Задача № 2.

Для заданного студенту значения $\alpha, \beta, \gamma, \delta \in \mathbb{N}$:

Описать движение материальной точки с потенциальной энергией $U(x) = x^{2\beta} (x-3)^\alpha (x-5)^{\alpha+1}$:

1. Выписать соответствующую динамическую систему. Найти закон сохранения.
2. Построить фазовый портрет. Сколько различных фазовых траекторий соответствуют уровню энергии $E = 0$?
3. Уточнить поведение фазовых траекторий в окрестности особых точек.
4. Выписать уравнение Лиувилля для этой динамической системы и приближение гидродинамического типа.
5. Определить, будет ли в нулевой момент времени перехлест, если $f(0, x, p) = \delta(p - x)$.

Задача № 3.

1. Выписать систему, описывающую колебательный процесс.
2. Выписать закон сохранения. Выписать H -функции для уравнения Лиувилля. К чему стремится решение при времени, стремящемся к бесконечности?
3. Вывести уравнение Гамильтона -Якоби.
4. Выписать уравнение Лиувилля для этой динамической системы и приближение гидродинамического типа.

Итоговая аттестация аспирантов. Итоговая аттестация аспирантов по дисциплине проводится в соответствии с локальным актом ИПМ им. М.В. Келдыша РАН - Положением о текущей, промежуточной аттестации аспирантов ИПМ им. М.В. Келдыша РАН по программам высшего образования – программам подготовки научно- педагогических кадров в аспирантуре и является обязательной.

Итоговая аттестация по дисциплине осуществляется в форме зачета в период зачетно-экзаменационной сессии в соответствии с Графиком учебного процесса. Обучающийся допускается к зачету в случае выполнения аспирантом всех учебных заданий и мероприятий, предусмотренных настоящей программой. В случае наличия учебной задолженности (пропущенных занятий и (или) невыполненных заданий) аспирант отрабатывает пропущенные занятия и выполняет задания.

Оценивание обучающегося на занятиях осуществляется с использованием нормативных оценок по 4-х бальной системе (5-отлично, 4-хорошо, 3-удовлетворительно, 2- не удовлетворительно).

Оценивание аспиранта на промежуточной аттестации в форме экзамена

Оценка	Требования к знаниям и критерии выставления оценок
2, неудовлетворительно	Отсутствие знаний
3, удовлетворительно	Общие, но не структурированные знания методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач
4, хорошо	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания основных методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе междисциплинарных
5, отлично	Сформированные систематические знания методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе междисциплинарных

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

1. Арнольд В.И. Математические методы классической механики.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. т.1, Механика, М., Наука, 1988.

Дополнительная литература и Интернет-ресурсы

1. Больцман Л., Избранные труды., М., Наука, 1984.
2. Максвелл Д.К. Труды по кинетической теории. М., Бином, 2011.
3. Козлов В.В. Тепловое равновесие по Гиббсу и Пуанкаре. М., 2002.
4. Зельдович Я.Б., Мышкис А.Д., Элементы прикладной математики. М., Наука, 1967.
5. Пуанкаре А. Замечания о кинетической теории газов. // Пуанкаре А. Избранные труды, М., Наука, 1974.
6. Веденяпин В.В. Кинетические уравнения Больцмана и Власова., М., Физматлит, 2001.
7. Зельдович Я.Б., Мышкин А.Д. Элементы математической физики. М.: Главная редакция физико-математической литературы изд-ва «Наука». 1973.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для обеспечения интерактивных методов обучения для чтения лекций требуется аудитория с мультимедиа (возможен вариант с интерактивной доской).

Для проведения дискуссий и круглых столов, возможно, использование аудиторий со специальным расположением столов и стульев.

ИСПОЛНИТЕЛИ (разработчики программы):

Веденяпин В.В., д.ф.-м.н., ИПМ им. М.В. Келдыша РАН
 Орлов Ю.Н., д.ф.-м.н., ИПМ им. М.В.Келдыша РАН.