

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**Обнинский институт атомной энергетики –**

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)**

**ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ**

Утверждено на заседании  
Ученого совета ИАТЭ НИЯУ МИФИ  
Протокол от 28.08.2023 № 23.8

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Теоретическая механика / Theoretical Mechanics

---

*Название дисциплины*

для студентов направление подготовки

14.03.01 "Ядерная энергетика и теплофизика"

---

*Название специальности*

образовательная программа

*Nuclear technologies*

---

*Название специализации*

Форма обучения: очная

**г. Обнинск 2023 г.**

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения ООП бакалавриат обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Коды компетенций	Результаты освоения ООП Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ОК-1	Способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу	<b>знать:</b> законы классической механики и ее математический аппарат; <b>уметь:</b> владеть лагранжевым и гамильтоновым формализмом теоретической физики, методами описания классических систем в механике; <b>владеть:</b> навыками описания характеристик механических систем с помощью математического аппарата классической

## 2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриат

Дисциплина реализуется в рамках базовой части.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин: общая физика, математический анализ

Дисциплина изучается на 3 курсе в 6 семестре.

## 3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 3 зачетных единиц (з.е.), 108 академических часов.

### 3.1. Объем дисциплины по видам учебных занятий (в часах)

Заполнять в соответствии с методическими рекомендациями по учету контактных видов работы

Объем дисциплины	Форма обучения	
	Очная форма обучения	Заочная форма обучения
	Семестр	Курс
	№	№
	Количество часов на вид работы	
Контактная* работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) (всего)		
Аудиторная работа (всего):	51	
<i>в том числе:</i>		
лекции	34	
семинары, практические занятия	17	
лабораторные работы	0	
Промежуточная аттестация		
<i>В том числе:</i>		
Зачет	-	
Экзамен	36	
Самостоятельная работа обучающихся (всего)	21	
<i>В том числе:</i>		
<i>проработка учебного (теоретического) материала</i>	15	
<i>выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций)</i>	20	
<i>подготовка ко всем видам контрольных испытаний текущего контроля успеваемости (в течение семестра)</i>	20	
<i>подготовка ко всем видам контрольных испытаний промежуточной аттестации (по окончании семестра)</i>	36	
Всего (часы):	108	
Всего(зачетные единицы):	3	

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

**4.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий  
(в академических часах)**

*Для очной формы обучения*

№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	Виды учебной работы в часах				
		Очная форма обучения				
		Лек	Сем/Пр	Лаб	Внеауд	СРО
1	Тема.Уравнение движения. Законы сохранения.	8	5			7
2	Тема.Интегрирование уравнений движения Столкновения частиц.	10	7			7
3	Тема. Канонические уравнения.Малые колебания	8	5			7
	<b>Всего:</b>	34	17			21

*Прим.: Лек – лекции, Сем/Пр – семинары, практические занятия, Лаб – лабораторные занятия, СРО – самостоятельная работа обучающихся, Внеауд – внеаудиторная работа.*

**4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)**

*Лекционный курс*

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1	<b>Тема 1. Уравнение движения</b>	Основная задача динамики несвободной системы и понятие о связях. Действительные,возможные и виртуальные перемещения. Идеальные связи. Уравнение Лагранжа с реакциямисвязей (уравнение Лагранжа 1-го рода).Общее уравнение динамики уравнение Даламбера-Лагранжа.Обобщенные координаты. Уравнение Лагранжа в независимых координатах (уравнениеЛагранжа 2-го рода). Принцип виртуальных перемещений. Принцип наименьшего действия(принцип Гамильтона).
2	<b>Тема 2. Законы сохранения</b>	Энергия. Импульс. Центр инерции. Момент импульса. Обобщенные импульсы. Циклические координаты.
3	<b>Тема 3. Интегрирование уравнений движения</b>	Одномерное движение. Приведённая масса. Движение в центральном поле. Кеплерова задача
4	<b>Тема 4.</b>	Распад частиц. Упругие столкновения частиц. Рассеяние частиц. Формула Резерфорда. Рассеяние под малым углом.

	<b>Столкновение частиц</b>	
5	<b>Тема 5. Канонические уравнения</b>	Преобразование Лежандра. Уравнения Гамильтона Функция Раусса. Скобки Пуассона. Действие как функция координат. Принцип Мопертюи. Канонические преобразования. Теорема Лиувилля. Уравнение Гамильтона-Якоби. Метод разделения переменных. Переменные "действие - угол". Адиабатические инварианты.
6	<b>Тема 6. Малые колебания</b>	Свободные одномерные колебания. Вынужденные колебания. Колебание систем со многими степенями свободы.

*Практические/семинарские занятия*

<b>№</b>	<b>Наименование раздела /темы дисциплины</b>	<b>Содержание</b>
1	<b>Тема 1. Уравнение движения</b>	Уравнение Лагранжа с реакциями связей. Функция Лагранжа. Уравнение Лагранжа в независимых координатах.
2	<b>Тема 2. Законы сохранения</b>	Уравнение движения. Законы сохранения.
3	<b>Тема 3. Интегрирование уравнений движения</b>	Движение в центральном поле. Кеплерова задача
4	<b>Тема 4. Столкновение частиц</b>	Распад частиц. Упругие столкновения частиц.
5	<b>Тема 5. Канонические уравнения</b>	Уравнение Гамильтона-Якоби. Метод разделения переменных. Переменные "действие - угол". Адиабатические инварианты.
6	<b>Тема 6. Малые колебания</b>	Вынужденные колебания. Колебание систем со многими степенями свободы.

*Лабораторные занятия*

Не предусмотрены

**5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

См. разделы «Основная и дополнительная учебная литература»

**6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

### 6.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины (результаты по разделам)	Код контролируемой компетенции (или её части) / и ее формулировка	Наименование оценочного средства
1	<b>Тема 1. Уравнение движения</b>	Способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу (ОК-1)	Контрольная работа №1
2	<b>Тема 2. Законы сохранения</b>	Способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу(ОК-1)	
3	<b>Тема 3. Интегрирование уравнений движения</b>	Способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу(ОК-1)	
4	<b>Тема 4. Столкновение частиц</b>	Способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу(ОК-1)	Контрольная работа №2
5	<b>Тема 5. Канонические уравнения</b>	Способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу(ОК-1)	
6	<b>Тема 6. Малые колебания</b>	Способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу(ОК-1)	
	Экзамен	Способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу(ОК-1)	Экзаменационный билет
	Всего: контрольная работа №1,2, экзамен		

### 6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы

#### 6.2.1. Экзамен или зачет

а) типовые вопросы (задания):

1. Общее уравнение динамики. Принцип Даламбера-Лагранжа.
2. Первые интегралы канонических уравнений. Теорема Пуассона.
3. Свойства функции Лагранжа. Уравнение Лагранжа 2-го рода.
4. Свойства пространства и законы сохранения.
5. Интегрирование уравнений движения методом Гамильтона-Якоби.
6. Принцип виртуальных перемещений.
7. Уравнение Лагранжа 2-го рода. Первые интегралы.
8. Определение и уравнение обобщенных сил.
9. Уравнения Гамильтона-Якоби. Полный интеграл уравнения.
10. Определение и уравнение идеальных связей.
11. Переменные Гамильтона. Канонические уравнения Гамильтона.

12. Обобщенные координаты и обобщенные силы.
12. Фазовое пространство. Интегральные инварианты.
13. Действительные и виртуальные перемещения.
14. Адиабатические инварианты. Переменные действие-угол.
15. Уравнение связей. Голономные системы.
16. Принцип наименьшего действия Гамильтона.
17. Принцип Даламбера. Общее уравнение динамики.
18. Скобки Пуассона и их свойства.
19. Принцип наименьшего действия Мопертюи-Лагранжа.
20. Канонические преобразования уравнений Гамильтона.
21. Фазовое и координатное пространства. Теорема Лиувилля.  
Преобразования Лежандра уравнений Лагранжа.
22. Физический смысл функций Лагранжа и Гамильтона.
23. Циклические переменные в уравнениях движения.
24. Интегральный инвариант Пуанкаре и Пуанкаре-Картана.
25. Принцип наименьшего действия в форме Якоби.
26. Кинетическая энергия и функция Лагранжа в обобщенных координатах.

б) критерии оценивания компетенций (результатов):  
Отлично/хорошо/удовлетворительно/неудовлетворительно

в) описание шкалы оценивания:  
Допуск к экзамену по дисциплине осуществляется при количестве набранных в течение семестра баллов равно и/или более 35 и всех выполненных заданиях.  
За семестр студент может набрать от 35 до 60 баллов.

<b>Оценка</b>	<b>Критерии оценки</b>
Отлично 36-40	Студент должен: - продемонстрировать глубокое и прочное усвоение знаний программного материала; - исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно изложить теоретический материал; - правильно формулировать определения; - продемонстрировать умения самостоятельной работы с литературой; - уметь сделать выводы по излагаемому материалу.
Хорошо 30-35	Студент должен: - продемонстрировать достаточно полное знание программного материала; - продемонстрировать знание основных теоретических понятий; достаточно последовательно, грамотно и логически стройно излагать материал; - продемонстрировать умение ориентироваться в литературе;

	- уметь сделать достаточно обоснованные выводы по излагаемому материалу.
Удовлетворительно 25-29	Студент должен: - продемонстрировать общее знание изучаемого материала; - показать общее владение понятийным аппаратом дисциплины; - уметь строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса; - знать основную рекомендуемую программой учебную литературу.
Неудовлетворительно 24 и меньше	Студент демонстрирует: - незнание значительной части программного материала; - не владение понятийным аппаратом дисциплины; - существенные ошибки при изложении учебного материала; - неумение строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса; - неумение делать выводы по излагаемому материалу.

### 6.2.2. Контрольная работа №1

а) типовые задания (вопросы) - образец:

1.

Кинетическая и потенциальная энергии сферического маятника определяются равенствами

$$T = \frac{1}{2} ml^2 (\dot{\theta}^2 + \dot{\psi}^2 \sin^2 \theta),$$

$$\Pi = mgl (1 - \cos \theta).$$

б) Критерии оценивания компетенций (результатов):

- уровень освоения обучающимся материала, предусмотренного учебной программой;
- умение обучающегося использовать теоретические знания при выполнении заданий и задач;
- обоснованность, четкость, краткость изложения ответа.

в) Описание шкалы оценивания:

**25-30 баллов** ставится, если:

- изученный материал изложен полно, определения даны верно;
- ответ показывает понимание материала;
- обучающийся может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры, не только по учебнику и конспекту, но и

самостоятельно составленные.

**18-24 баллов** ставится, если:

- изученный материал изложен достаточно полно;
- при ответе допускаются ошибки, заминки, которые обучающийся в состоянии исправить самостоятельно при наводящих вопросах;
- обучающийся затрудняется с ответами на 1-2 дополнительных вопроса.

**15-17 баллов** ставится, если:

- материал изложен неполно, с неточностями в определении понятий или формулировке определений;
- материал излагается непоследовательно;
- обучающийся не может достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и привести свои примеры;
- на 50% дополнительных вопросов даны неверные ответы.

**0-14 баллов** ставится, если:

- при ответе обнаруживается полное незнание и непонимание изучаемого материала;
- материал излагается неуверенно, беспорядочно;
- даны неверные ответы более чем на 50% дополнительных вопросов.

### 6.2.3. Контрольная работа №2

а) типовые задания (вопросы) - образец:

Шарик массы  $m$  находится внутри прямолинейной горизонтальной трубки  $AB$ , которая равномерно вращается с угловой скоростью  $\omega$  вокруг вертикальной оси, проходящей через точку  $A$ . Шарик соединен с неподвижной точкой  $A$  пружиной жесткости  $c$ . За обобщенную координату принимаем расстояние  $x$  шарика от точки  $A$ . Если пренебречь массой пружины, кинетическая энергия шарика будет равна

$$T = \frac{1}{2} m (\dot{x}^2 + x^2 \omega^2).$$

Если  $x_0$  — длина пружины в ненапряженном состоянии, то потенциальная энергия

$$\Pi = \frac{c}{2} (x - x_0)^2$$

б) Критерии оценивания компетенций (результатов):

- уровень освоения обучающимся материала, предусмотренного учебной программой;
- умение обучающегося использовать теоретические знания при выполнении заданий и задач;
- обоснованность, четкость, краткость изложения ответа.

в) Описание шкалы оценивания:

**25-30 баллов** ставится, если:

- изученный материал изложен полно, определения даны верно;
- ответ показывает понимание материала;

– обучающийся может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры, не только по учебнику и конспекту, но и самостоятельно составленные.

**18-24 баллов** ставится, если:

- изученный материал изложен достаточно полно;
- при ответе допускаются ошибки, заминки, которые обучающийся в состоянии исправить самостоятельно при наводящих вопросах;
- обучающийся затрудняется с ответами на 1-2 дополнительных вопроса.

**15-17 баллов** ставится, если:

- материал изложен неполно, с неточностями в определении понятий или формулировке определений;
- материал излагается непоследовательно;
- обучающийся не может достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и привести свои примеры;
- на 50% дополнительных вопросов даны неверные ответы.

**0-14 баллов** ставится, если:

- при ответе обнаруживается полное незнание и непонимание изучаемого материала;
- материал излагается неуверенно, беспорядочно;
- даны неверные ответы более чем на 50% дополнительных вопросов.

### ***6.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций***

Рейтинговая оценка знаний является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков студентов по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации.

Текущий контроль в семестре проводится с целью обеспечения своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы студентов.

Промежуточная аттестация предназначена для объективного подтверждения и оценивания достигнутых результатов обучения после завершения изучения дисциплины.

Текущий контроль осуществляется два раза в семестр: контрольная точка № 1 (КТ № 1) и контрольная точка № 2 (КТ № 2).

Результаты текущего контроля и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

Вид контроля	Этап рейтинговой системы Оценочное средство	Балл	
		Минимум	Максимум
Текущий	Контрольная точка № 1	18	30

	Контрольная работа №1	18	30
	<b>Контрольная точка № 2</b>	18	30
	Контрольная работа №2	18	30
<b>Промежуточный</b>	<b>Экзамен</b>	24	40
	Вопрос	5	10
	Вопрос	5	10
	Задача	14	20
<b>ИТОГО по дисциплине</b>		60	100

## **7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

### ***а) основная учебная литература:***

1. Никитин Н. Н. Курс теоретической механики [Электронный ресурс] : учебник. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2011. — 720 с. — Режим доступа:

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=1807](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=1807)

2. Мещерский, И.В. Задачи по теоретической механике [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2012. — 448 с. — Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=2786](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2786)

3.

### ***б) дополнительная учебная литература:***

1. С.М. Тарг. Краткий курс теоретической механики. – М.: Высшая школа, 1998. – 416 с. (имеется в библиотеке ИАТЭ).

2. А.Зоммерфельд. Механика. – Физматлит.,1999 г.(Имеется в электронной библиотеке кафедры).

3. Ю.Г. Павленко. Лекции по теоретической механике. – Физматлит, 2002 г. (Имеется в электронной библиотеке кафедры)

## **8. Перечень ресурсов\* информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее - сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины**

<http://ibooks.ru/>

<http://e.lanbook.com/>

<http://www.biblio-online.ru/>

<http://kuperbook.biblioclub.ru>

<http://www.studentlibrary.ru>

<http://library.mephi.ru>

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Изучение данной дисциплины включает лекционный материал и практические занятия (семинары).

## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая**

## **перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

При чтении лекций по всем темам активно используется компьютерная техника для демонстрации слайдов с помощью программного приложения MicrosoftPowerPoint.

### ***Информационные технологии:***

- сбор, хранение, систематизация и выдача учебной и научной информации;
- обработка текстовой, графической и эмпирической информации;
- подготовка, конструирование и презентация итогов исследовательской и аналитической деятельности;
- самостоятельный поиск дополнительного учебного и научного материала, с использованием поисковых систем и сайтов сети Интернет, электронных энциклопедий и баз данных;
- использование электронной почты преподавателей и обучающихся для рассылки, переписки и обсуждения возникших учебных проблем.

## **11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

1. Аудиторный фонд института
2. Библиотечный фонд института

## **12. Иные сведения и (или) материалы**

### ***12.1. Перечень образовательных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине***

Применяемые на лекционных занятиях

- Технология концентрированного обучения (лекция-беседа, привлечение внимания студентов к наиболее важным вопросам темы, содержание и темп изложения учебного материала определяется с учетом особенностей студентов)
- Технология активного обучения (визуальная лекция с разбором конкретных ситуаций)

Применяемые на практических занятиях

- Технология активного обучения (визуальный семинар с разбором конкретных задач).
- Технология интерактивного обучения (мозговой штурм: группа получает задание, далее предполагается высказывать как можно большее количество вариантов решения, затем из общего числа высказанных идей отбираются наиболее удачные, которые могут быть использованы на практике).

***12.2. Формы организации самостоятельной работы обучающихся (темы, выносимые для самостоятельного изучения; вопросы для самоконтроля; типовые задания для самопроверки)***

Самостоятельная работа не предусмотрена

***12.3. Краткий терминологический словарь***

Нетребуются

Программу составил:

\_\_\_\_\_ В.Л. Шаблов, профессор, д.ф-м.н.

Рецензент:

\_\_\_\_\_ А.В. Зродников, профессор, д.ф-м.н.