Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

ОДОБРЕНО УМС ЛАПЛАЗ

Протокол № 01/08-577

от 28.08.2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

Направление подготовки (специальность)
[1] 12.03.05 Лазерная техника и лазерные технологии
[2] 03.03.01 Прикладные математика и физика

Семестр	**Трудоемкость, кред.**	**Общий объем курса, час.**	**Лекции, час.**	**Практич. занятия, час.**	**Лаборат. работы, час.**	**В форме практической подготовки, час.**	**СРС, час.**	**КСР, час.**	**Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП**
4	4	144	45	30	0		24	0	Э
Итого	4	144	45	30	0	0	24	0	

АННОТАЦИЯ

Курс содержит основные принципы классической механики. На основании принципа наименьшего действия выводятся уравнения Лагранжа, формулируются законы сохранения, рассматривается одномерное движение, движение в центрально-симметричном поле, в частности, задача Кеплера. Вводится понятие сечения рассеяния и решается задача о рассеянии Резерфорда. Рассматриваются малые колебания с одной степенью свободы, а также многомерные и ангармонические колебания. Наряду с лагранжевым, вводится гамильтонов формализм. Рассматриваются канонические уравнения Гамильтона, скобки Пуассона, канонические преобразования и уравнение Гамильтона - Якоби.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель данного курса – познакомить студентов с общими принципами и методами исследований различных механических задач. В результате изучения данного курса студент должен овладеть основами механики, её терминологией, техникой и языком. Студент должен научиться теоретическому мышлению на новом уровне, включающем в себя применение полученных теоретических знаний к решению вычислительных задач механики. Указанный курс является важным как самостоятельный, так и как первый необходимый шаг для дальнейшего изучения других разделов теоретической физики.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Знания, полученные при изучении курса, необходимы студентам для освоения последующих курсов теоретической физики: классической электродинамики, квантовой механики, статистической физики, релятивистской квантовой механики, теоретической физики твердого тела, макроскопической электродинамики. Кроме того, знание теоретической механики совершенно необходимо при освоении многих специализированных дисциплин по теоретической и экспериментальной физике, изучаемых студентами старших курсов.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	**Код и наименование индикатора достижения компетенции**
ОПК-1 [1] – Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с проектированием, конструированием и технологиями производства лазерной техники	З-ОПК-1 [1] – Знать основные законы естественнонаучных и инженерных дисциплин и методы математического анализа. У-ОПК-1 [1] – Уметь применять знания основных законов естественнонаучных и инженерных дисциплин, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с проектированием, конструированием и технологиями производства лазерной техники. В-ОПК-1 [1] – Владеть основными методами, способами

	и приемами решения типичных задач естественнонаучных, общих математических и инженерных дисциплин.
ОПК-1 [2] – Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности	З-ОПК-1 [2] – Знать фундаментальные основы, полученные в области информационных технологий, естественных и гуманитарных наук, знать методы анализа информации. У-ОПК-1 [2] – Уметь использовать на практике углубленные фундаментальные знания, полученные в области естественных и гуманитарных наук. В-ОПК-1 [2] – Владеть навыками обобщения, синтеза и анализа фундаментальных знаний, полученные в области информационных технологий, естественных и гуманитарных наук, владеть научным мировоззрением
УКЕ-1 [1, 2] – Способен использовать знания естественнонаучных дисциплин, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в поставленных задачах	З-УКЕ-1 [1, 2] – знать: основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования У-УКЕ-1 [1, 2] – уметь: использовать математические методы в технических приложениях, рассчитывать основные числовые характеристики случайных величин, решать основные задачи математической статистики; решать типовые расчетные задачи В-УКЕ-1 [1, 2] – владеть: методами математического анализа и моделирования; методами решения задач анализа и расчета характеристик физических систем, основными приемами обработки экспериментальных данных, методами работы с прикладными программными продуктами

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	**Задачи воспитания (код)**
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения (В18)
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование научного мировоззрения, культуры поиска нестандартных научно-технических/практических решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка (В19)

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практ. (семинары)/ Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	4 Семестр						
1	Уравнения движения, законы сохранения, одномерное движение, движение в центральном поле	1-8	24/16/0		25	КИ-8	З-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, З-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, З-УКЕ-1, У-УКЕ-1, В-УКЕ-1
2	Рассеяние частиц, малые колебания, гамильтонова механика	9-15	21/14/0		25	КИ-15	З-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, З-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, З-УКЕ-1, У-УКЕ-1, В-УКЕ-1
	Итого за 4 Семестр		45/30/0		50		
	Контрольные мероприятия за 4 Семестр				50	Э	З-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, З-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, З-УКЕ-1, У-УКЕ-1, В-УКЕ-1

* – сокращенное наименование формы контроля

** – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
КИ	Контроль по итогам
Э	Экзамен

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	4 Семестр	45	30	0
1-8	**Уравнения движения, законы сохранения, одномерное движение, движение в центральном поле**	24	16	0
1 - 2	**Число степеней свободы механической системы, функция Лагранжа, уравнения Лагранжа, задачи на составление функции Лагранжа и уравнений движения** Изучаются основы решения физических задач в рамках лагранжева формализма. Вводятся понятия действия и функции Лагранжа механической системы. Практическое применение принципа наименьшего действия: выводятся уравнения Лагранжа, решение которых полно описывает динамику развития механической системы.	Всего аудиторных часов		
		6	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
3 - 4	**Симметрии и законы сохранения** Рассматриваются фундаментальные законы сохранения механической системы: энергии, импульса и момента импульса. Демонстрируются методы, с помощью которых можно строить интегралы движения, основываясь на свойствах симметрии механической системы. Показывается, что в ряде случаев законы сохранения могут служить альтернативой уравнениям Лагранжа при нахождении законов движения механической системы.	Всего аудиторных часов		
		6	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
4 - 5	**Одномерное движение** Движение механической системы с одной степенью свободы рассматривается с точки зрения закона сохранения энергии. Основываясь на данном интеграле движения, оказывается возможным построить закон движения механической системы; причём решение подобного рода задач возможно провести полностью аналитически.	Всего аудиторных часов		
		3	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
5 - 6	**Движение в центральном поле: законы сохранения, уравнение траектории, общий анализ характера движения** Механические системы со сферически-симметрическим потенциалом являются ещё одним важным классом задач теоретической механики. При рассмотрении подобного рода систем обнаруживается богатая физика интегралов движения - энергии и полного момента импульса. Рассматриваются общие свойства движения механической системы в центральном поле, задача двух тел, явление падения на центр поля. Решение задач этого класса оказывается возможным провести полностью аналитически.	Всего аудиторных часов		
		3	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
7 - 8	**Кеплерова задача. Вектор Рунге-Ленца** Задача Кеплера является частным случаем рассмотрения движения механической системы в центральном поле. Соответствующий потенциал носит название кулоновского. Рассматриваются три траектории движения, возможные в кулоновском поле: эллиптическая,	Всего аудиторных часов		
		6	4	0
		Онлайн		
		0	0	0

	гиперболическая и параболическая. Выводятся три закона Кеплера. Кроме того, показывается, что в кулоновском поле существует специфический интеграл движения - вектор Рунге-Ленца.			
9-15	**Рассеяние частиц, малые колебания, гамильтонова механика**	21	14	0
9	**Упругие столкновения частиц** Рассматриваются парные упругие столкновения частиц, с привлечением изученных ранее интегралов движения, в частности энергии и полного импульса механической системы. Рассматривается геометрическое представление упругих столкновений частиц с помощью так называемых диаграмм столкновений.	Всего аудиторных часов 3 Онлайн 0	2 0	0 0
10 - 11	**Рассеяние частиц. Формула Резерфорда** Вводятся понятия прицельного параметра и сечения рассеяния. В качестве одного из примеров рассматривается рассеяние частиц в кулоновском поле. Решением данной задачи является формула Резерфорда. Рассматриваются свойства резерфордовского рассеяния, особое внимание уделяется области применимости полученного результата и его приближение для случая малых углов рассеяния.	Всего аудиторных часов 6 Онлайн 0	4 0	0 0
12 - 13	**Малые колебания систем с одной и несколькими степенями свободы. Затухающие и нелинейные одномерные колебания** Рассматриваются различные виды колебательных движений механической системы. Вводятся понятия мод, собственных и вырожденных частот колебаний. Развивается метод представления сложного движения механической системы как наложения простых колебаний.	Всего аудиторных часов 6 Онлайн 0	4 0	0 0
14 - 15	**Функция Гамильтона и уравнения Гамильтона. Задаси на составление функции Гамильтона и уравнений движения. Скобки Пуассона. Канонические преобразования. Уравнение Гамильтона-Якоби** Вводится понятие функции Гамильтона, рассматриваются основы гамильтонова формализма, выводятся уравнения Гамильтона. Проводится сравнительный анализ лагранжева и гамильтонова формализмов. Вводится новый дифференциальный оператор - скобки Пуассона, - с помощью которого оказывается возможным переписать в удобной форме уравнения Гамильтона, а также строить новые интегралы движения на основе известных. Рассматриваются канонические преобразования обобщённых координат механической системы. Развивается метод Гамильтона-Якоби как ещё один способ получения законов движения механической системы.	Всего аудиторных часов 6 Онлайн 0	4 0	0 0

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	**Полное наименование**
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал

ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В курсе аналитической механики используются традиционные образовательные технологии: лекции, семинарские занятия с разбором задач и примеров, текущие домашние задания и большие домашние задания.

7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	**Индикаторы освоения**	**Аттестационное мероприятие (КП 1)**
ОПК-1	З-ОПК-1	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ОПК-1	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ОПК-1	Э, КИ-8, КИ-15
УКЕ-1	З-УКЕ-1	Э, КИ-8, КИ-15
	У-УКЕ-1	Э, КИ-8, КИ-15
	В-УКЕ-1	Э, КИ-8, КИ-15
ОПК-1	З-ОПК-1	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ОПК-1	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ОПК-1	Э, КИ-8, КИ-15

Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	**Оценка по 4-х балльной шкале**	**Отметка о зачете**	**Оценка ECTS**
90-100	5 – *«отлично»*	*«зачтено»*	A
85-89	4 – «*хорошо*»		B
75-84			C

70-74			D
65-69	3 – «*удовлетворительно*»		
60-64			E
ниже 60	2 – «*неудовлетворительно*»	*«не зачтено»*	F

Оценка «отлично» соответствует глубокому и прочному освоению материала программы обучающимся, который последовательно, четко и логически стройно излагает свои ответы, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответах материалы монографической литературы.

Оценка «хорошо» соответствует твердым знаниям материала обучающимся, который грамотно и, по существу, излагает свои ответы, не допуская существенных неточностей.

Оценка «удовлетворительно» соответствует базовому уровню освоения материала обучающимся, при котором освоен основной материал, но не усвоены его детали, в ответах присутствуют неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности.

Отметка «зачтено» соответствует, как минимум, базовому уровню освоения материала программы, при котором обучающийся владеет необходимыми знаниями, умениями и навыками, умеет применять теоретические положения для решения типовых практических задач.

Оценку «неудовлетворительно» / отметку «не зачтено» получает обучающийся, который не знает значительной части материала программы, допускает в ответах существенные ошибки, не выполнил все обязательные задания, предусмотренные программой. Как правило, такие обучающиеся не могут продолжить обучение без дополнительных занятий.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ М91 Аналитическая механика : , Ремизович В.С., Чернов А.С., Муравьев С.Е., Москва: МИФИ, 2009

2. 53 К17 Основы физики Т.3 Упражнения и задачи, Калашников Н.П., Москва: Лаборатория знаний, 2019

3. 53 Л22 Теоретическая физика Т.1 Механика, Ландау Л.Д., Москва: Физматлит, 2013

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 530 Б43 Задачи по теоретической физике : учебное пособие для вузов, Бурмистров С.Н., Белоусов Ю.М., Тернов А.И., Долгопрудный: Интеллект, 2013

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

https://online.mephi.ru/

http://library.mephi.ru/

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

Методические рекомендации по освоению теоретического материала

Для успешного изучения курса необходимо придерживаться определенной методики занятий. Основное условие успеха — систематические занятия.

Для успешного освоения теоретической части курса необходимо регулярно посещать лекции и вести конспект. После каждой лекции следует внимательно разбирать лекционный материал, причём при необходимости следует проделывать некоторые дополнительные выкладки, если такие были оставлены лектором для самостоятельной работы. Перед началом каждой лекции имеет смысл просмотреть конспект, чтобы усвоение нового материала проходило лучше, так как в большинстве случаев изложение опирается на материал, прочитанный на предыдущих занятиях.

Для полного освоения курса недостаточно изучать лишь лекционный материал. В ходе освоения курса следует читать книги, предложенные в списке литературы по курсу. Настоятельно рекомендуется также использовать литературу, обозначенную как «дополнительная», а также самостоятельно или с помощью преподавателя искать и другие источники. При работе с литературой следует проделывать все или хотя бы основные выкладки. Важно осознавать, что только самостоятельно проделанные выкладки приводят к пониманию материала.

Методические рекомендации для подготовки к семинарским занятиям и решению задач

Программа курса и семестровый календарный план составлены так, что темы семинарских занятий следуют за темами лекций. И программа курса, и семестровый календарный план доступны каждому студенту на сайте учебного управления университета. Подготовиться к очередному семинарскому занятию - это, прежде всего, проработать лекционный материал, согласно методическим рекомендациям. Все невыясненные вопросы теории можно (и нужно) задать преподавателю в начале семинарского занятия. На семинаре, как правило, разбираются вопросы и качественные задачи, дающие возможность более глубоко постичь изучаемый раздел курса. Кроме того, на семинаре учат правильно ставить и решать задачи, анализировать решение задач. По пройденной на семинаре теме даются задачи для самостоятельного (домашнего) решения. Усвоение курса во многом зависит от осмысленного выполнения домашнего задания, вдумчивого решения большого количества задач.

При решении задач целесообразно руководствоваться следующими правилами:

1. Прежде всего нужно хорошо вникнуть в условие задачи, записать кратко ее условие.

2. Следует прикинуть, какие основные законы и уравнения и в каких приближениях следует использовать и записать их, после чего попытаться решить.

3. Задача должна быть сначала решена в максимально общем виде.

4. Получив решение в общем виде, нужно проверить, правильную ли оно имеет размерность.

5. Если это возможно, исследовать поведение решения в предельных случаях и изобразить характер изучаемой зависимости графически.

6. Если возможно, при получении того или иного результата, следует указать границы его применимости.

Решение задачи принесет наибольшую пользу только в том случае, когда обучающийся решит ее самостоятельно. Решить задачу без помощи часто не всегда удается, но тем не менее попытки найти решение развивают мышление и укрепляют волю. Необходимо понимать, что для некоторых задач не удастся быстро найти решение, ведь решение задач относится к научной деятельности, которая предполагает творческий подход и длительное время обдумывания.

Из сказанного вытекает, что решение задач ни в коем случае не следует откладывать на последний вечер перед занятиями, как, к сожалению, нередко поступают студенты. В этом случае более сложные и притом наиболее содержательные и полезные задачи заведомо не могут быть решены.

В рекомендуемых сборниках задач, в разделе, который следует за ответами, содержатся указания к решению более трудных задач. Обращаться к ним нужно лишь после того, как несколько попыток решить задачу не приведут к успеху.

Методические рекомендации для подготовки к контрольным и проверочным работам

Контрольные работы проводятся для проверки качества усвоения материала и выполнения домашних заданий студентами. Они основываются строго на пройденном материале и не выходят за рамки излагаемого курса. Своевременное изучение лекционных материалов и выполнение домашних заданий гарантирует успешное выполнение контрольных и проверочных работ. При подготовке следует руководствоваться общепринятыми установками, т.е. повторить изученный материал, запомнить основные идеи, принципы и результаты курса. Не следует пытаться «вызубрить» материал, достаточно понять и запомнить логику вывода тех или иных результатов и решения задач и осознать их физический и математический смысл. При выполнении контрольной или проверочной работы необходимо записывать все основные шаги при решении задачи, не «перескакивая» к какому-то промежуточному или окончательному результату без каких-либо на то физических или математических обоснований.

Работа должна быть записана так, чтобы была понятна логика решения задач, при этом строгих правил оформления задач нет. Окончательный ответ необходимо выделить каким-либо способом так, чтобы проверяющему было понятно, что это и есть ответ к задаче.

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Проведение практических занятий и выполнение самостоятельных работ

Студенты должны, используя полученный на лекциях материал, научиться решать задачи по курсу.

Следует использовать различные приемы вовлечения студентов в процесс освоения учебного материала:

- опрос студентов по содержанию прочитанных лекций;

- вызов студентов к доске для решения текущих задач;

- самостоятельное решение задачи со сверкой промежуточных и конечного результатов решения;

- показ преподавателем на доске решения типовых задач;

- самостоятельная работа над заданиями.

Организация контроля

Контроль знаний осуществляется путем проведения контрольных или самостоятельных работ с последующей проверкой.

На каждом семинаре выдается домашнее задание, которое обязательно проверяется в индивидуальном порядке. Также в курсе может быть выдано т.н. большое домашнее задание. Большие домашние задания (БДЗ) предназначены для самостоятельной работы студентов с последующей проверкой преподавателем. Как правило, сдача БДЗ проходит в виде устной защиты в середине или в конце учебного семестра, но форма и время проверки может быть изменена на усмотрение преподавателя.

На основании этих результатов выставляется внутрисеместровый зачет.

Проведение зачетов и экзаменов

Для допуска к зачету или экзамену необходимо иметь положительные оценки по каждой теме. Во время зачета студент получает индивидуальный билет и готовит ответы на вопросы по курсу.

Автор(ы):

Муравьев Сергей Евгеньевич, к.ф.-м.н., доцент

Рецензент(ы):

Рогозкин Дмитрий Борисович, профессор,
Попруженко Сергей Васильевич, профессор