ГОУ ВПО Российско-Армянский (Славянский) университет

Утверждено
Директор Института _____
А.К. Агаронян
«30» апреля 2025г., протокол № 05

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины: Б1.О.10 Теоретическая механика

Автор (ы) Акопян Тигран Степанович, д.ф.-м.н., доцент
Ф.И.О, ученое звание (при наличии), ученая степень (при наличии)

Направление подготовки: 11.03.04 Электроника и наноэлектроника
Наименование образовательной программы: Квантовая информатика

Согласовано:

Заведующий Кафедрой общей физики и квантовых наноструктур

Айрапетян Д.Б.

(подпись)

1. АННОТАЦИЯ

1.1. Краткое описание содержания данной дисциплины;

Курс "Теоретическая механика" посвящен изучению основных принципов механики, применяемых для описания движения тел, взаимодействия между ними и решения задач механики с использованием математических методов. В рамках дисциплины студенты осваивают методы, которые применяются для анализа динамических систем, изучают законы сохранения, механизмы, механические колебания и взаимодействия в различных физических средах.

1.2. Трудоемкость в академических кредитах и часах, формы итогового контроля (экзамен/зачет);

6 з.е. (216ч.), экзамен

1.3. Взаимосвязь дисциплины с другими дисциплинами учебного плана специальности (направления)

Физика 1, Физика 2, Физика 3, Углубленный курс квантовой механики, Введение в квантовую механику.

1.4. Результаты освоения программы дисциплины:

Код компетенции *(в соответствии рабочим с учебным планом)*	**Наименование компетенции** *(в соответствии рабочим с учебным планом)*	**Код индикатора достижения компетенций** *(в соответствии рабочим с учебным планом)*	**Наименование индикатора достижений компетенций***(в соответствии рабочим с учебным планом)*
ОПК-2	Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных	ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3	Знает основные методы и средства проведения экспериментальных исследований, системы стандартизации и сертификации Умеет выбирать способы и средства измерений и проводить экспериментальные исследования Владеет способами

			обработки и представления полученных данных и оценки погрешности результатов измерений
ОПК-3	Способен применять методы поиска, хранения, обработки, анализа и представления в требуемом формате информации из различных источников и баз данных, соблюдая при этом основные требования информационной безопасности	ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-3.3	Знает, как использовать информационно-коммуникационные технологии при поиске необходимой информации и современные принципы поиска, хранения, обработки, анализа и представления в требуемом формате информации Умеет решать задачи обработки данных с помощью современных средств автоматизации Владеет навыками обеспечения информационной безопасности
ПК-5	Способен делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, готовить научные публикации и заявки на изобретения	ПК-5.1 ПК-5.2 ПК-5.3	Знает принципы проведения анализа полноценности и эффективности экспериментальных исследований Умеет подготавливать научные публикации на основе результатов исследований Владеет навыками подготовки заявок на изобретения

2. УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА

2.1. Цели и задачи дисциплины

Цель – формирование у студентов глубоких знаний и навыков, необходимых для анализа и описания механических систем. Курс направлен на изучение фундаментальных принципов механики, включая кинематику, динамику, законы сохранения и принципы работы с уравнениями Лагранжа и Гамильтона. Он позволяет развить способности студентов решать сложные задачи, связанные с движением тел, механическими колебаниями, взаимодействиями между телами, а также с применением этих знаний в других областях физики и инженерии.

Задачи:

1. **Изучение основ механики**: освоение фундаментальных законов механики (законы Ньютона, законы сохранения энергии, импульса и момента импульса), их применения для анализа движения тел.
2. **Развитие навыков применения математических методов**: использование уравнений движения, метод Лагранжа и Гамильтона для решения задач механики, включая системы с несколькими степенями свободы.
3. **Изучение динамики систем**: анализ сложных механических систем, включая механизмы и колебания, с применением теоретических моделей.
4. **Моделирование и решение задач в механике**: решение прикладных задач механики с использованием аналитических и численных методов.
5. **Развитие навыков в области механики твердых тел**: изучение вращательного движения тел, инерционных свойств, моментов инерции и других характеристик механических тел.
6. **Изучение динамики сплошных сред**: основы гидродинамики, динамики жидкостей и газов, а также механики упругих тел.

2.2. Трудоемкость дисциплины и виды учебной работы (в академических часах и зачетных единицах) ***(удалить строки, которые не будут применены в рамках дисциплины)***

Виды учебной работы	**Всего, в акад. часах**	**Распределение по семестрам**
		1 сем
1	**2**	**3**
1. Общая трудоемкость изучения дисциплины по семестрам, в т. ч.:	**216**	**216**
1.1. Аудиторные занятия, в т. ч.:	**64**	**64**
1.1.1. Лекции	**32**	**32**
1.1.2. Практические занятия, в т. ч.	**32**	**32**
1.2. Самостоятельная работа, в т. ч.:	**116**	**116**
1.3. Консультации		
Итоговый контроль (Экзамен, Зачет, диф. зачет - указать)	**Экзамен**	**36**

2.3. Содержание дисциплины

2.3.1. Тематический план и трудоемкость аудиторных занятий (модули, разделы дисциплины и виды занятий) по рабочему учебному плану

Разделы и темы дисциплины	Всего (ак. часов)	Лекции (ак. часов)	Практ. Занятия (ак. часов)
1	**2=3+4+5 +6+7**	**3**	**4**
Введение			
Раздел 1. Лагранжева механика			
Тема 1. Обобщенные координаты и скорости. Уравнения Лагранжа	**2**	1	1
Тема 2. Законы сохранения.	**2**	1	1
Тема 3. Применения законов сохранения.	**2**	1	1
Тема 4. Принцип наименьшего действия.	**2**	1	1
Тема 5. Система двух частиц.	**2**	1	1
Тема 6. Система центра масс.	**2**	1	1
Раздел 2. Гамильтонова механика.			
Тема 7. Уравнения Гамильтона.	**2**	1	1
Тема 8. Применения уравнений Гамильтона.	**2**	1	1
Тема 9. Уравнение Гамильтона – Якоби.	**4**	2	2
Тема 10. Малые колебания.	**4**	2	2
Раздел 3. Математический аппарат классической электродинамики.			
Тема 11. Основные теоремы векторного анализа.	**4**	2	2
Тема 12. Электромагнитное поле и заряды в вакууме.	**4**	2	2
Тема 13. Потенциалы электромагнитного поля.	**4**	2	2
Тема 14. Волновое уравнение.	**4**	2	2
Тема 15. Плотность заряда в случае точечной частицы.	**4**	2	2
Тема 16. Лоренц-инвариантность уравнений Максвелла.	**4**	2	2
Раздел 4. Заряд в электромагнитном поле и проблема излучения			
Тема 17. Уравнения движения заряда в электромагнитном поле.	**2**	1	1
Тема 18. Дипольное излучение.	**4**	2	2
Тема 19. Сила реакции излучения.	**4**	2	2
Тема 20. Рассеяние и поглощение излучения осциллятором.	**4**	2	2
Тема 21. Рассеяние и поглощение излучения свбодным электроном.	**2**	1	1
ИТОГО	**64**	**32**	**32**

2.3.2. Краткое содержание разделов дисциплины в виде тематического плана

Раздел 1. Механика

Тема 1. Обобщенные координаты и скорости. Число степеней свободы системы частиц при наличии ограничений на движение. Введение обобщенных координат и скоростей. Переход к обобщенным координатам и скоростям в уравнениях второго закона Ньютона для системы материальных точек, уравнения Лагранжа. Обобщенный импульс. Кинетическая энергия частицы в цилиндрических и сферических координатах. Вывод уравнений Лагранжа для двойного плоского маятника.

Тема 2. Законы сохранения. Физический и математический смысл законов сохранения: постоянство некоторых физических величин в процессе движения системы и понижение порядка дифференциальных уравнений. Закон сохранения, обобщенного импульссистемыа, пример: сохранение момента импульса при движении в центральном поле. Закон сохранения энергии при движении во внешнем поле, не зависящем от времени. Принцип относительности Галилея. Законы сохранения импульса и момента импульса системы как следствия однородности и изотропности пространства.

Тема 3. Применения законов сохранения. Одномерное движение в потенциальных полях различного вида, финитное движение, точки поворота, формула периода движения; инфинитное движение. Движение в центральном поле, эффективная потенциальная энергия. Уравнение траектории. Кеплерова задача, связь с задачей о гармоническом осцилляторе.

Тема 4. Принцип наименьшего действия. Понятие функционала и вариации. Действие как функционал траектории. Уравнения Лагранжа как следствие требования экстремальности действия.

Тема 5. Система двух частиц. Уравнения движения системы двух частиц, взаимодействующих центральной силой. Сведение к уравнению движения одной частицы с помощью третьего закона Ньютона, приведенная масса. Рассмотрение предельного случая одной тяжелой и одной легкой частицы.

Тема 6. Система центра масс. Уравнения движения системы материальных точек. Представление движения каждой частицы в виде суперпозиции ее движения относительно центра масс системы и движения центра масс относительно начала координат. Представление полной энергии системы в виде сумме трех членов: кинетической энергии движения всех

частиц относительно центра масс, кинетической энергии движения системы как целого и потенциальной энергии взаимодействия частиц. То же самое для момента импульса.

Раздел 2. Гамильтонова механика.

Тема 7. Уравнения Гамильтона. Задача сведения системы дифуравнений второго порядка к системе уравнений вдвое большей размерности первого порядка. Два варианта решения этой задачи в случае уравнений Лагранжа. Преимущество метода Гамильтона. Законы сохранения в гамильтоновой механике.

Тема 8. Применения уравнений Гамильтона. Понятие о приближенных законах сохранения и их роли в физике. Адиабатический инвариант, пример: шарик, вращающийся на нити с медленно изменяющейся длиной. Общая формула адиабатического инварианта в случае одномерного периодического движения. Примеры: осциллятор с переменной частотой, электрон в медленно изменяющемся магнитном поле. Понятие фазового пространства и фазовой траектории. Теорема Лиувилля.

Тема 9. Уравнение Гамильтона – Якоби. Обобщенный импульс как производная действия по конечной координате вдоль истинной траектории при фиксированной начальной точке. Частная производная действия по времени при движении системы вдоль истинной траектории. Уравнение Гамильтона-Якоби и его роль как связующего звена между квантовой механикой и классической.

Тема 10. Малые колебания. Разложение потенциальной энергии системы взаимодействующих частиц в ряд по малым отклонениям от положений равновесия. Представление полной энергии системы в виде суммы двух квадратичных форм: диагональной (кинетическая энергия) и недиагональной (потенциальная энергия). Диагонализация полной энергии. Понятие о нормальных координатах, нормальных колебаниях и собственных частотах. Пример: нормальные колебания молекулы CO_2.

Раздел 3. Математический аппарат классической электродинамики.

Тема 11. Основные теоремы векторного анализа. Понятие производной по направлению, градиент скалярной функции. Векторный дифференциальный оператор набла. Понятия дивергенции и ротора векторного поля. Потенциальные и вихревые поля. Представление произвольного поля в виде суперпозиции потенциального и вихревого полей. Интегральные теоремы: теорема Гаусса и теорема Стокса.

Тема 12. Электромагнитное поле и заряды в вакууме. Уравнения Максвелла в дифференциальной форме, их физический смысл. Число неизвестных функций и число

уравнений при заданных зарядах и токах. Уравнение непрерывности как математическая формулировка закона сохранения заряда. Закон сохранения энергии для полей, вектор Пойнтинга.

Тема 13. Потенциалы электромагнитного поля. Введение векторного и скалярного потенциалов, преимущество описания поля при помощи потенциалов. Неоднозначность введения потенциалов. Калибровка как метод устранения неоднозначности. Уравнения для потенциалов, их приведение к виду волнового уравнения с помощью лоренцевой калибровки.

Тема 14. Волновое уравнение. Частное решение однородного волнового уравнения в виде суперпозиции двух функций с произвольными коэффициентами от модуля радиус-вектора. Получение более общего решения путем сдвига начала координат. Дальнейшее обобщение решения посредством интегрирования по проекциям сдвига с произвольной весовой функцией. Доказательство того, что полученное таким образом решение удовлетворяет неоднородному волновому решению с весовой функцией в правой части. Определение значений произвольных коэффициентов из требования причинности. Запаздывающие потенциалы.

Тема 15. Плотность заряда в случае точечной частицы. Дельта-функция Дирака. Необходимость представления о точечной частице как требование теории относительности. Определение дельта-функции через интеграл от произведения дельта-функции на произвольную непрерывную функцию. Простейшие свойства дельта-функции: четность, изменение при преобразовании масштаба, производная от дельта-функции. Дельта-функция как предел некого распределения. Пример – гауссово распределение со стремящейся к нулю дисперсией. Представление в виде интеграла от функции косинус, когда нижний предел равен нулю, а верхний стремится к бесконечности. Применение дельта-функции в теории непрерывного фурье-преобразования. Трехмерная дельта-функция.

Тема 16. Лоренц-инвариантность уравнений Максвелла. Плотность тока и плотность заряда как компоненты 4-вектора. Волновой оператор как инвариант преобразований Лоренца. Векторный и скалярный потенциалы как компоненты 4-вектора. Векторы электрического и магнитного полей как компоненты антисимметричного тензора электромагнитного поля. Преобразования Лоренца для полей.

Раздел 4. Заряд в электромагнитном поле.

Тема 17. Уравнения движения заряда в электромагнитном поле. Лоренц-инвариантная форма уравнений второго закона Ньютона для заряда в электромагнитном поле. Релятивистские

выражения для силы Лоренца и силы, действующей на заряд со стороны электрического поля через трехмерные векторы напряженностей полей. Движение заряда в однородном электрическом поле, релятивистский случай. Функция Лагранжа и функция Гамильтона частицы в электромагнитном поле.

Раздел 5. Проблема излучения.

Тема 18. Дипольное излучение. Векторный потенциал поля на расстояниях, превышающих длину волны излучения (волновая зона). Напряженность электрического и магнитного полей в волновой зоне, вектор Пойнтинга. Угловая зависимость интенсивности дипольного излучения, его полная мощность.

Тема 19. Сила реакции излучения. Торможение ускоренного движения частицы за счет потери энергии на излучение. Определение силы реакции излучения с помощью формулы для мощности дипольного излучения. Непосредственное вычисление силы, действующей на заряд со стороны созданного им самим поля из формул для запаздывающих потенциалов, фундаментальные трудности этого подхода.

Тема 20. Рассеяние и поглощение излучения осциллятором. Уравнение вынужденных колебаний заряженного осциллятора с затуханием, его решение. Работа, совершаемая внешним полем над осциллятором в единицу времени, ее зависимость от частоты вынуждающего поля. Частота, при которой поглощение достигает максимума. Мощность рассеиваемого излучения, частота, при которой эта мощность максимальна.

Тема 21. Рассеяние и поглощение излучения свбодным электроном. Законы сохранения для процесса поглощения фотона свободным электроном. Необходимость наличия третьего тела для допустимости этого процесса. Уравнение движения электрона в поле плоской монохроматической электромагнитной волны. Переход к нерелятивистскому пределу в этом уравнении и его решение. Мощность рассеиваемого излучения и поперечное сечение рассеяния – формула Томсона. Классический радиус электрона.

2.3.3. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для успешного изучения дисциплины "Теоретическая механика" необходимо следующее материально-техническое обеспечение:

- Аудитории, оснащенные мультимедийными проекторами и интерактивными досками для проведения лекций и практических занятий.

- Компьютерные классы с доступом к специализированному программному обеспечению для моделирования механических систем.
- Компьютерные симуляции механических процессов (MATLAB, Wolfram Mathematica).
- Учебники, задачники и пособия по теоретической механике.

Такое обеспечение позволит студентам глубже освоить принципы теоретической механики, а также развить практические навыки в решении задач и моделировании механических систем.

2.4. Модульная структура дисциплины с распределением весов по формам контролей

Формы контролей	**Вес формы (форм) текущего контроля в результирующей оценке текущего контроля (по модулям)**		**Вес формы промежуточного контроля в итоговой оценке промежуточного контроля**		**Вес итоговой оценки промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей**		**Вес итоговой оценки промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей (семестровой оценке)**	**Веса результирующей оценки промежуточных контролей и оценки итогового контроля в результирующей оценке итогового контроля**
Вид учебной работы/контроля	**М1**[1]	**М2**	**М1**	**М2**	**М1**	**М2**		
Контрольная работа *(при наличии)*			0.5	0.5				
Устный опрос *(при наличии)*								
Тест *(при наличии)*								
Лабораторные работы *(при наличии)*	0.5	0.5						
Письменные домашние задания *(при наличии)*								
Реферат *(при наличии)*								
Эссе *(при наличии)*								
Проект *(при наличии)*								
Другие формы (при наличии)	0.5	0.5						
Веса результирующих оценок текущих контролей в итоговых оценках промежуточных контролей					0.5	0.5		
Веса оценок промежуточных контролей в итоговых оценках промежуточных контролей								
Вес итоговой оценки 1-го промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей							0.5	
Вес итоговой оценки 2-го промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей							0.5	

[1] Учебный Модуль

Вес результирующей оценки промежуточных контролей в результирующей оценке итогового контроля								0.5
Вес итогового контроля (Экзамен/зачет) в результирующей оценке итогового контроля								0.5
	∑ = 1	**∑ = 1**	**∑ = 1**	**∑ = 1**	**∑ = 1**	**∑ = 1**	**∑ = 1**	**∑ = 1**

3. Теоретический блок ***(указываются материалы, необходимые для освоения учебной программы дисциплины)***

3.1. Материалы по теоретической части курса

3.1.1. Учебник(и);

1. Л.Ландау, Е.Лифшиц. Курс теоретической физики.,т.1, Механика; т.2, Теория поля; т.8, Электродинамика сплошных сред.

4. Фонды оценочных средств ***(указываются материалы, необходимые для проверки уровня знаний в соответствии с содержанием учебной программы дисциплины).***

4.1. Планы практических занятий

1. Обобщенные координаты и скорости. Уравнения Лагранжа
2. Законы сохранения.
3. Применения законов сохранения.
4. Принцип наименьшего действия.
5. Система двух частиц.
6. Система центра масс.
7. Уравнения Гамильтона.
8. Применения уравнений Гамильтона.
9. Уравнение Гамильтона – Якоби.
10. Малые колебания.
11. Основные теоремы векторного анализа.
12. Электромагнитное поле и заряды в вакууме.
13. Потенциалы электромагнитного поля.
14. Волновое уравнение.
15. Плотность заряда в случае точечной частицы.
16. Лоренц-инвариантность уравнений Максвелла.
17. Уравнения движения заряда в электромагнитном поле.
18. Дипольное излучение.

19. Сила реакции излучения.
20. Рассеяние и поглощение излучения осциллятором.
21. Рассеяние и поглощение излучения свободным электроном.

4.2. Материалы по практической части курса

4.2.1. Задачники (практикумы);

1. **Мещерский И.В.** – *Сборник задач по теоретической механике*.
2. **Яблонский А.А.** – *Сборник задач по теоретической механике*.

4.3. Вопросы и задания для самостоятельной работы студентов

1. **Кинематика:** скорость, ускорение, вращение тела.
2. **Статика:** условия равновесия, реакции опор.
3. **Динамика точки:** законы Ньютона, законы сохранения.
4. **Динамика твердого тела:** уравнения Эйлера, центр масс.
5. **Аналитическая механика:** уравнения Лагранжа, Гамильтона.

Задания:

- Решение задач на равновесие и движение.
- Применение законов сохранения.
- Анализ механических систем.

4.4. Перечень экзаменационных вопросов

1. Обобщенные координаты и скорости.
2. Кинетическая энергия частицы в цилиндрических и сферических координатах.
3. Двойной плоский маятник.
4. Законы сохранения.
5. Движение в центральном поле.
6. Принцип наименьшего действия.
7. Система двух частиц. Приведенная масса.
8. Система центра масс.
9. Связь законов сохранения со свойствами пространства и времени.
10. Принцип относительности Галилея.
11. Уравнения Гамильтона.
12. Адиабатический инвариант.

13. Действие как функция координат.
14. Уравнение Гамильтона Якоби.
15. Малые колебания.
16. Нормальные колебания и собственные частоты.
17. Колебания молекул.
18. Фазовое пространство.
19. Теорема Лиувилля.
20. Основные понятия векторного анализа
21. Уравнения Максвелла
22. Потенциалы электромагнитного поля
23. Решение однородного волнового уравнения
24. Решение неоднородного волнового уравнения
25. Запаздывающие потенциалы
26. Поле системы зарядов на больших расстояниях
27. Закон сохранения энергии в электродинамике
28. Дипольное излучение
29. Мультипольное разложение
30. Общие свойства мультипольных моментов
31. Плотность зарядя и плотность тока в случае точечной частицы
32. Сила реакции излучения
33. Резонансные частоты заряженного осциллятора
34. 4-векторы в электродинамике
35. Преобразования Лоренца для полей
36. Уравнение движения заряда в ЭМ поле
37. Движение заряда в электрическом поле
38. Функция Лагранжа и функция Гамильтона частицы в ЭМ поле
39. ЭМ поле в среде
40. Граничные условия для ЭМ поля
41. Точечный заряд вблизи границы вакуум-проводник
42. Заряд вблизи проводящей сферы
43. Полиномы Лежандра и их основные свойства
44. Рекуррентные соотношения для полиномов Лежандра

45. Диэлектрическая сфера в однородном электрическом поле

46. Заряд вблизи границы раздела двух диэлектриков

47. Переходное излучение

48. Эффект Парселла-Смита

49. Излучение Вавилова-Черенкова.

4.5. Образцы экзаменационных билетов

ГОУ ВПО РОССИЙСКО-АРМЯНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНЖЕНЕРНО-ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
Кафедра общей физики и квантовых наноструктур

Направление: Электроника и наноэлектроника
Дисциплина: Теоретическая механика
(бакалавриат III-ий курс, I-ый семестр)

Экзаменационный билет № **

1. Движение в центральном поле.
2. Закон сохранения энергии в электродинамике.
3. Общие свойства мультипольных моментов.
4. Задача.

Зав. кафедройОФКН _____Д.Б. Айрапетян