Федеральное государственное бюджетное образовательное

учреждение высшего образования

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Факультет вычислительной математики и кибернетики

**УТВЕРЖДАЮ**

декан факультета вычислительной математики и кибернетики

**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/И.А. Соколов /**

**«\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_20\_\_\_г.**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Наименование дисциплины:**

**Классическая механика**

**Электродинамика**

**Уровень высшего образования:**

**бакалавриат**

**Направление подготовки / специальность:**

**01.03.02 «Прикладная математика и информатика» (3++)**

**Направленность (профиль):**

**Математические и компьютерные методы решения задач естествознания**

**Математические методы обработки информации и принятия решений**

**Системное программирование и компьютерные науки**

**Форма обучения:**

**очная**

**Москва 2023**

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки 01.03.02, 01.04.02 "Прикладная математика и информатика" программы бакалавриата Утвержден приказом МГУ от 30 августа 2019 года № 1041 (в редакции приказов МГУ от 11 сентября 2019 года № 1109, от 10 июня 2021 года № 609, от 7 октября 2021 года № 1048, от 21 декабря 2021 года № 1404, от 2 ноября 2022 года № 1299)

**1.** Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО:дисциплина относится к базовой части ОПОП ВО*.*

**2.** Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия (если есть): отсутствуют.

**3.** Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников*.*

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| |  |  | | --- | --- | | **Компетенции выпускников (коды)** | **Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с компетенциями** | | ОПК-1 | ***Знать определения физических понятий и размерности физических величин***  ***Уметь формулировать законы механики и фундаментальной электродинамики***  ***Владеть математическим аппаратом механики и фундаментальной электродинамики*** | | ПК-2 | ***Уметь делать численные оценки физических величин***  ***Иметь опыт решения задач механики и фундаментальной электродинамики*** | |

**4.** Формат обучения:очное обучение.

**5.** Объем дисциплины (модуля) составляет 8 зачетных единиц, в том числе 144 академических часа, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем, и 144академических часа на самостоятельную работу обучающихся.

**6.** Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),**  **Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)** | **Всего**  **(часы**) | В том числе | | | |
| **Контактная работа  (работа во взаимодействии с преподавателем)**  **Виды контактной работы, часы** | | | **Самостоятельная работа обучающегося,**  **часы** |
| Занятия лекционного типа\* | Занятия семинарского типа\* | **Всего** |  |
| **Дисциплина: Классическая механика** |  |  |  |  |  |
| Кинематика | 16 | 4 | 4 | 8 | 8 |
| Динамика | 16 | 4 | 4 | 8 | 8 |
| Законы сохранения в механике | 28 | 8 | 8 | 16 | 12 |
| Динамика твердого тела | 16 | 4 | 4 | 8 | 4 |
| Аналитическая механика | 16 | 4 | 4 | 8 | 8 |
| Колебания и волны | 16 | 4 | 4 | 8 | 8 |
| Статистическая механика | 16 | 4 | 4 | 8 | 8 |
| Механика сплошной среды | 8 | 2 | 2 | 4 | 4 |
| Основы теории относительности | 8 | 2 | 2 | 4 | 4 |
| Промежуточная аттестация в форме экзамена | 4 |  |  |  | 4 |
| **Всего** | **144** | **36** | **36** | **72** | **72** |
| **Дисциплина: Электродинамика** |  |  |  |  |  |
| Электрическое поле. Уравнения электростатики | 16 | 4 | 4 | 8 | 8 |
| Проводники и диэлектрики в электрическом поле | 16 | 4 | 4 | 8 | 8 |
| Магнитное поле в вакууме и веществе. | 16 | 4 | 4 | 8 | 8 |
| Закон электромагнитной индукции | 8 | 2 | 2 | 4 | 4 |
| Уравнения Максвелла | 8 | 2 | 2 | 4 | 4 |
| Электрические цепи. Квазистационарные токи | 16 | 4 | 4 | 8 | 8 |
| Электромагнитные волны | 16 | 4 | 4 | 8 | 6 |
| Теория излучения | 14 | 4 | 4 | 8 | 6 |
| Энергия, импульс и момент импульса электромагнитного поля | 14 | 4 | 4 | 8 | 8 |
| Электродинамика теории относительности | 16 | 4 | 4 | 8 | 8 |
| Аттестацияпроводится в форме зачета с учетом контрольных работ. | 4 | | | | 4 |
| **Всего** | **144** | **36** | **36** | **72** | **72** |
| **Итогопо модулю** | 288 | 72 | 72 | 144 | 144 |

Содержание модуля Классическаямеханика и Электродинамика по разделам и темам

**Дисциплина Классическая механика**

**Раздел 1. Кинематика**

1. Кинематика материальной точки. Тангенциальное и нормальное ускорения. Относительность механического движения (лекция).

2. Кинематика материальной точки (семинар).

3. Кинематика твердого тела. Матрица поворота тела. Кинематика вращающихся систем отсчета (лекция).

4. Кинематика твердого тела (семинар).

**Раздел 2. Динамика**

5. Законы Ньютона. Силы в механике (лекция).

6. Динамика материальной точки (семинар).

7. Неинерциальные системы отсчета. Силы инерции (лекция).

8. Силы инерции (семинар).

**Раздел 3. Законы сохранения в механике**

9. Импульс частицы и системы частиц. Движение центра масс. Закон сохранения импульса. Реактивное движение (лекция).

10. Закон сохранения импульса (семинар).

11. Работа и потенциальная энергия. Потенциальная энергия механических систем. Кинетическая энергия. Закон сохранения энергии (лекция).

12. Законы сохранения импульса и энергии (семинар).

13. Момент импульса частицы и системы частиц. Момент силы. Теорема моментов. Закон сохранения момента импульса (лекция).

14. Закон сохранения момента импульса (семинар).

15. Материальная точка в центральном поле. Законы Кеплера (лекция).

16. Материальная точка в центральном поле (семинар).

**Раздел 4. Динамика твердого тела**

17. Плоское движение твердого тела. Момент инерции твердого тела (лекция)

18. Плоское движение твердого тела. Момент инерции твердого тела (семинар)

19. Уравнения Эйлера. Тензор инерции. Теорема Кенига (лекция)

20. Уравнения Эйлера. Тензор инерции. Теорема Кенига (семинар)

**Раздел 5. Аналитическая механика**

21. Системы со связями. Степени свободы. Обобщенные координаты. Виртуальные перемещения. Виртуальная работа. Идеальные связи. Уравнения Лагранжа. Обобщенные силы (лекция).

22. Уравнения Лагранжа (семинар).

23. Функция Лагранжа. Обобщенные импульсы. Уравнения Гамильтона. Канонические переменные. Гамильтониан консервативной системы (лекция).

24. Уравнения Гамильтона (семинар).

**Раздел 6. Колебания и волны**

25. Равновесие системы и его устойчивость. Колебания в системах с одной степенью свободы. Физические эффекты в колебательных системах (лекция).

26. Малые колебания механических систем (семинар).

27. Нормальные колебания и нормальные координаты. Колебания струны (лекция).

28. Механика волновых процессов (семинар).

**Раздел 7. Статистическая механика**

29. Случайные величины и вероятности. Распределение Гиббса. Размер и масса молекул (лекция).

30. Распределение молекул по скоростям и распределение частиц во внешнем силовом поле (семинар).

31. Измерение постоянной Больцмана. Распределение энергии по степеням свободы. Диффузия и теплопроводность (лекция).

32. Диффузия и теплопроводность (семинар).

**Раздел 8. Механика сплошной среды**

33. Вязкость жидкости. Движение вязкой жидкости. Уравнения динамики сплошной среды. Звуковая волна (лекция).

34. Звуковая волна (семинар).

**Раздел 9. Основы теории относительности**

35. Принцип относительности. Преобразования Галилея и преобразования Лоренца. Релятивистское уравнение движения. Импульс и энергия в теории относительности (лекция).

36. Механика в теории относительности (семинар).

**Дисциплина Электродинамика**

**Раздел 1. Электрическое поле. Уравнения электростатики**

1. Электромагнитное взаимодействие и его место среди других взаимодействий в природе. Электрический заряд. Закон сохранения электрического заряда. Электростатика. Закон Кулона. Вектор напряженности электрического поля. Принцип суперпозиции электрических полей. Электростатическая теорема Остроградского–Гаусса, ее представление в дифференциальной форме (лекция).

2. Электромагнитное взаимодействие и его место среди других взаимодействий в природе. Электрический заряд. Закон сохранения электрического заряда. Электростатика. Закон Кулона. Вектор напряженности электрического поля. Принцип суперпозиции электрических полей. Электростатическая теорема Остроградского–Гаусса, ее представление в дифференциальной форме (семинар).

3. Потенциальность электростатического поля. Связь вектора напряженности электростатического поля и потенциала. Работа сил электростатического поля. Потенциал системы зарядов. Циркуляция вектора напряженности электрического поля. Теорема о циркуляции, ее представление в дифференциальной форме. Уравнения Пуассона и Лапласа. Электрический диполь (лекция).

4. Потенциальность электростатического поля. Связь вектора напряженности электростатического поля и потенциала. Работа сил электростатического поля. Потенциал системы зарядов. Циркуляция вектора напряженности электрического поля. Теорема о циркуляции, ее представление в дифференциальной форме. Уравнения Пуассона и Лапласа. Электрический диполь (семинар).

**Раздел 2. Проводники и диэлектрики в электрическом поле**

5. Проводники в электростатическом поле. Распределение заряда по поверхности проводника. Связь между зарядом и потенциалом проводника. Электроемкость. Конденсаторы. Нужно ли заземлять компьютер? (лекция).

6. Проводники в электростатическом поле. Распределение заряда по поверхности проводника. Связь между зарядом и потенциалом проводника. Электроемкость. Конденсаторы (семинар).

7. Диэлектрики. Свободные и связанные заряды. Вектор поляризации. Связь вектора поляризации со связанными зарядами. Вектор электрической индукции в диэлектрике. Диэлектрическая восприимчивость и диэлектрическая проницаемость и вещества. Материальное уравнение для векторов электрического поля. Теорема Остроградского – Гаусса для диэлектриков. Ее дифференциальная форма. Граничные условия для векторов напряженности и электрической индукции (лекция).

8. Диэлектрики. Свободные и связанные заряды. Вектор поляризации. Связь вектора поляризации со связанными зарядами. Вектор электрической индукции в диэлектрике. Диэлектрическая восприимчивость и диэлектрическая проницаемость и вещества. Материальное уравнение для векторов электрического поля. Теорема Остроградского – Гаусса для диэлектриков. Ее дифференциальная форма. Граничные условия для векторов напряженности и электрической индукции (семинар).

**Раздел 3. Магнитное поле в вакууме и веществе.**

9. Взаимодействие токов. Элемент тока. Закон Био – Савара – Лапласа. Вектор индукции магнитного поля. Действие магнитного поля на ток. Закон Ампера. Сила Лоренца. Теорема о циркуляции вектора индукции магнитного поля. Дифференциальная форма теоремы о циркуляции. Вихревой характер магнитного поля. Понятие о векторном потенциале (лекция).

10. Взаимодействие токов. Элемент тока. Закон Био – Савара – Лапласа. Вектор индукции магнитного поля. Действие магнитного поля на ток. Закон Ампера. Сила Лоренца. Теорема о циркуляции вектора индукции магнитного поля. Дифференциальная форма теоремы о циркуляции. Вихревой характер магнитного поля. Понятие о векторном потенциале (семинар).

11. Элементарный ток и его магнитный момент. Магнитное поле элементарного тока. Вектор намагниченности вещества и его связь с молекулярными токами. Вектор напряженности магнитного поля. Магнитная проницаемость и магнитная восприимчивость вещества. Материальное уравнение для векторов магнитного поля. Диамагнетики, парамагнетики и ферромагнетики. (лекция).

12. Элементарный ток и его магнитный момент. Магнитное поле элементарного тока. Вектор намагниченности вещества и его связь с молекулярными токами. Вектор напряженности магнитного поля. Магнитная проницаемость и магнитная восприимчивость вещества. Материальное уравнение для векторов магнитного поля. Диамагнетики, парамагнетики и ферромагнетики. (семинар).

**Раздел 4. Закон электромагнитной индукции**

13. Электромагнитная индукция. Закон электромагнитной индукции Фарадея и его дифференциальная форма. Правило Ленца. Явление самоиндукции и взаимной индукции. (лекция)

14. Электромагнитная индукция. Закон электромагнитной индукции Фарадея и его дифференциальная форма. Правило Ленца. Явление самоиндукции и взаимной индукции. (семинар)

**Раздел 5. Уравнения Максвелла**

15. Система уравнений Максвелла как обобщение опытных данных. Ток проводимости и ток смещения. Высокочастотные токи. Скин-эффект.(лекция).

16. Система уравнений Максвелла как обобщение опытных данных. Ток проводимости и ток смещения. Высокочастотные токи. Скин-эффект.(семинар).

**Раздел 6. Электрические цепи. Квазистационарные токи**

17. Постоянный электрический ток. Плотность тока. Условие стационарности тока. Электрическое напряжение. Закон Ома в дифференциальной форме. Токи в сплошных средах.Работа и мощность постоянного тока. Закон Джоуля – Ленца и его дифференциальная форма. Разветвленные цепи. Правила Кирхгофа (лекция).

18. Постоянный электрический ток. Плотность тока. Условие стационарности тока. Электрическое напряжение. Закон Ома в дифференциальной форме. Токи в сплошных средах.Работа и мощность постоянного тока. Закон Джоуля – Ленца и его дифференциальная форма. Разветвленные цепи. Правила Кирхгофа (семинар).

19. Квазистационарные токи. Условия квазистационарности. Переходные процессы в RC- и LC-цепях. Электромагнитные колебания. Собственные колебания в контуре. Затухающие колебания. Вынужденные колебания в контуре. Процесс установления вынужденных колебаний. Метод комплексных амплитуд. Резонанс напряжений. Напряжения и токи при резонансе (лекция).

20. Квазистационарные токи. Условия квазистационарности. Переходные процессы в RC- и LC-цепях. Электромагнитные колебания. Собственные колебания в контуре. Затухающие колебания. Вынужденные колебания в контуре. Процесс установления вынужденных колебаний. Метод комплексных амплитуд. Резонанс напряжений. Напряжения и токи при резонансе (семинар).

**Раздел 7. Электромагнитные волны**

21. Электромагнитные волны. Волновое уравнение. Скорость электромагнитных волн. Плоские и сферические гармонические электромагнитные волны в непроводящей среде. Связь векторов напряженности электрического и магнитного поля и волнового вектора в плоской волне (лекция).

22. Электромагнитные волны. Волновое уравнение. Скорость электромагнитных волн. Плоские и сферические гармонические электромагнитные волны в непроводящей среде. Связь векторов напряженности электрического и магнитного поля и волнового вектора в плоской волне (семинар).

23. Поляризация электромагнитной волны. Отражение электромагнитных волн. Стоячая электромагнитная волна. Давление электромагнитной волны (лекция).

24. Поляризация электромагнитной волны. Отражение электромагнитных волн. Стоячая электромагнитная волна. Давление электромагнитной волны (семинар).

**Раздел 8. Теория излучения**

25. Условие калибровки Лоренца. Неоднородное волновое уравнение для векторного и скалярного потенциалов. Их решения в виде запаздывающих и опережающих потенциалов. Дипольное приближение (лекция).

26. Условие калибровки Лоренца. Неоднородное волновое уравнение для векторного и скалярного потенциалов. Их решения в виде запаздывающих и опережающих потенциалов. Дипольное приближение (семинар).

27. Излучение точечного диполя. Электромагнитное поле в ближней и дальней волновой зоне. Диаграмма направленности и полная мощность излучения (лекция).

28. Излучение точечного диполя. Электромагнитное поле в ближней и дальней волновой зоне. Диаграмма направленности и полная мощность излучения (семинар).

**Раздел 9. Энергия, импульс и момент импульса электромагнитного поля**

29. Энергия системы покоящихся электрических зарядов. Энергия электростатического поля и ее объемная плотность. Энергия системы стационарных токов. Энергия стационарного магнитного поля и ее объемная плотность (лекция).

30. Энергия системы покоящихся электрических зарядов. Энергия электростатического поля и ее объемная плотность. Энергия системы стационарных токов. Энергия стационарного магнитного поля и ее объемная плотность (семинар).

31. Плотность энергии нестационарного электромагнитного поля. Вектор Умова-Пойнтинга.Плотность и поток энергии в плоской электромагнитной волне. Импульс и момент импульса электромагнитного поля. Закон сохранения энергии в электродинамике. Законы сохранения импульса и момента импульса электромагнитного поля (лекция).

32. Плотность энергии нестационарного электромагнитного поля. Вектор Умова-Пойнтинга.Плотность и поток энергии в плоской электромагнитной волне. Импульс и момент импульса электромагнитного поля. Закон сохранения энергии в электродинамике. Законы сохранения импульса и момента импульса электромагнитного поля (семинар).

**Раздел 10. Электродинамика теории относительности**

33. Уравнения электродинамики и преобразования Галилея. Опыт Майкельсона-Морли. Принцип относительности Эйнштейна и постулаты теории относительности. Преобразования Лоренца. Четырех-векторы и четырех – тензоры (лекция).

34. Уравнения электродинамики и преобразования Галилея. Опыт Майкельсона-Морли. Принцип относительности Эйнштейна и постулаты теории относительности. Преобразования Лоренца.Четырех-векторы и четырех – тензоры (семинар).

35. Релятивистски-инвариантная запись закона сохранения заряда и уравнений Максвелла. Релятивистски-инвариантная запись уравнений электродинамики в потенциалах. Электромагнитные волны в движущейся среде. Эффект Доплера. Инварианты электромагнитного поля (лекция).

36. Релятивистски-инвариантная запись закона сохранения заряда и уравнений Максвелла. Релятивистски-инвариантная запись уравнений электродинамики в потенциалах. Электромагнитные волны в движущейся среде. Эффект Доплера. Инварианты электромагнитного поля (семинар.

**7. Фонд оценочных средств (ФОС)для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)**

**7.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.**

**Список контрольных вопросов по курсу (дисциплине) Классическая механика**

1. Сформулируйте законы Ньютона.
2. Что такое сила и масса? Как их измерить?
3. Сформулируйте принцип относительности Галилея, принцип относительности Эйнштейна и принцип постоянства скорости света.
4. Напишите формулы преобразований Лоренца, релятивистское уравнение движения.
5. Сформулируйте закон всемирного тяготения и принцип суперпозиции.
6. Дайте определения работы и потенциальной энергии. Приведите примеры потенциальных и не потенциальных сил.
7. Что такое внутренние и внешние силы? Приведите примеры.
8. Что такое центр масс системы частиц? Сформулируйте закон движения центра масс.
9. Сформулируйте законы сохранения импульса и энергии в механике Ньютона и в теории относительности.
10. Что такое момент импульса и момент силы? Сформулируйте теорему моментов и закон сохранения момента импульса.
11. Что такое момент инерции твердого тела? Приведите примеры. Сформулируйте теорему Гюйгенса – Штейнера.
12. Напишите формулы для импульса, момента импульса и кинетической энергии тела, совершающего плоское движение.
13. Напишите уравнение вращения тела.
14. Что такое силы инерции? Приведите примеры.
15. Что такое связи в механике? Приведите примеры систем со связями и без связей.
16. Что такое число степеней свободы механической системы? Приведите примеры.
17. Что такое идеальные связи? Приведите примеры.
18. Что такое лагранжиан механической системы? Запишите уравнения Лагранжа.
19. Что такое обобщенная сила и обобщенный импульс? Чем определяются их размерности? Приведите примеры.
20. Что такое гамильтониан консервативной механической системы? Запишите уравнения Гамильтона.
21. Напишите уравнение гармонических колебаний. Как найти частоту малых колебаний механической системы?
22. Приведите примеры колебательных систем с двумя степенями свободы. Что такое нормальные колебания и нормальные координаты?
23. Напишите волновое уравнение.
24. Что такое распределение плотности вероятности? Напишите формулу распределения Гиббса.
25. Напишите формулы распределения Максвелла и распределения Больцмана.
26. Сформулируйте теорему о равнораспределении энергии по степеням свободы.
27. Напишите уравнения диффузии и теплопроводности. Дайте определения коэффициентов диффузии и теплопроводности.

**Список контрольных вопросов по курсу (дисциплине) Электродинамика**

1. Фундаментальные свойства электрического заряда. Закон сохранения заряда. Сформулируйте Закон Кулона.
2. Дайте определение напряженности электрического поля. Сформулируйте принцип суперпозиции электрических полей.
3. Электростатическая теорема Гаусса. Напряженности электростатического поля равномерно заряженных сферы и бесконечной плоскости.
4. Как определяется потенциал электрического поля.
5. Запишите формулы для потенциала электрического поля дискретного и непрерывного распределений заряда.
6. Запишите формулу, показывающую локальную связь между потенциалом и напряженностью электрического поля.
7. Что такое электрический диполь. Чему равны потенциал и напряженность поля электрического диполя.
8. Чему равна циркуляция вектора напряженности электростатического поля. Приведите доказательство для системы точечных зарядов.
9. Чему равен ротор вектора напряженности электростатического поля. Приведите доказательство для системы точечных зарядов.
10. Запишите уравнения Пуассона и Лапласа для потенциала электростатического поля.
11. Свободные и связанные заряды в веществе.
12. Что такое электрическая индукция поля.
13. Сформулируйте теорему Гаусса для электрической индукции в интегральной и дифференциальной формах.
14. Материальные уравнения для электрического поля, диэлектрические восприимчивость и проницаемость.
15. Взаимная энергия системы точечных зарядов. Формулы для энергии электростатического поля и ее объемной плотности.
16. Закон Ома для участка цепи и его дифференциальная форма. Закон Джоуля-Ленца и его дифференциальная форма.
17. Сформулируйте правила Кирхгофа.
18. Запишите закон взаимодействия элементов тока – закон Ампера. Запишите закон Био-Савара-Лапласа.
19. Сформулируйте теорему о циркуляции вектора магнитной индукции в интегральной и дифференциальной формах.
20. Сформулируйте теорему Гаусса для магнитного поля в интегральной и дифференциальной формах
21. Что такое векторный потенциал. Как он связан с магнитной индукцией. Свойства векторного потенциала.
22. Сила Лоренца и характер движения заряда в постоянных электрическом и магнитном полях.
23. Сформулируйте закон электромагнитной индукции Фарадея и правило Ленца.
24. В чем заключается явление самоиндукции.
25. Чему равны собственная энергия проводника с током и энергия системы замкнутых токов.
26. Запишите формулы для энергии магнитного поля и ее объемной плотности.
27. Молекулярные токи и вектор намагниченности. Дайте определение вектора напряженности магнитного поля.
28. Сформулируйте теорему о циркуляции вектора напряженности магнитного поля (в интегральной и дифференциальной формах).
29. Что такое ток смещения.
30. Запишите уравнения Максвелла в дифференциальной и интегральной формах.
31. Запишите уравнения Максвелла в интегральной форме.
32. Дайте определение и запишите выражение для вектора Умова-Пойнтинга.
33. Получите волновое уравнение из системы уравнений Максвелла.Что такое плоская волна. Ее свойства.
34. Чему равны плотность потока энергии, плотность потока импульса и плотность потока момента импульса электромагнитной волны.
35. Излучение электромагнитных волн диполем. Зависимость излучаемой мощности от частоты.
36. Дайте определение квазистационарных электромагнитных процессов.
37. Собственные и вынужденные колебания в колебательном контуре. Формулы для амплитуды и фазы.
38. Опишите и обоснуйте метод комплексных амплитуд.
39. В чем заключается скин-эффект. Чему равна толщина скин-слоя в простейших случаях.
40. Постулаты теории относительности.Преобразования Лоренца для напряженностей электрического и магнитного полей.
41. Четырехвекторы и четырехтензоры в специальной теории относительности. Приведите примеры.
42. Тензор электромагнитного поля.
43. Инвариантная запись уравнений электродинамики.
44. Релятивистская природа силы Лоренца.
45. Инварианты электромагнитного поля.

**Типовые задачи** для проверки знанийпо курсу (дисциплине) Классическая механика:

**Кинематика**. Найти время, за которое свободно падающее тело проходит сотый сантиметр своего пути.

**Динамика.** Найти радиус орбиты спутника Земли, если известно, что период обращения спутника равен одним суткам.

**Законы сохранения.** Найти изменение скоростей двух тел при упругом ударе.

**Динамика твердого тела.** Найти ускорение центра цилиндра, скатывающегося по наклонной плоскости.

**Аналитическая механика.**Записать функцию Лагранжа для математического маятника.

**Колебания и волны**. Найти частоту колебаний струны.

**Статистическая механика**. Используя законы механики, вывести уравнение состояния идеального газа.

**Механика сплошной среды**. Вычислить скорость звука в воздухе при нормальных условиях.

**Теория относительности.** Вывести релятивистские правила сложения скоростей.

**Типовые задачи** для проверки знаний по курсу (дисциплине) Электродинамика:

**Электрическое поле. Уравнения электростатики.**Точечный заряд *q* находится на расстоянии *a* от центра проводящей сферы радиусом *R* (*a*>*R*). Заряд сферы равен *Q*. Найдите силу, действующую на заряд *q*.

**Проводники и диэлектрики в электрическом поле.**Диэлектрический шар радиусом *R* равномерно заряжен по объему. Объемная плотность заряда равна *ρ*, диэлектрическая проницаемость материала шара - *ε*. Найдите потенциал поля, создаваемого шаром.

**Магнитное поле в вакууме и веществе.**Проводящая сфера радиуса *R* заряжена с поверхностной плотностью *σ*. Сфера вращается вокруг оси симметрии с угловой скоростью *ω*. Найдите индукцию магнитного поля на оси вращения.

**Закон электромагнитной индукции.**По двум металлическим параллельным рейкам, расположенным в горизонтальной плоскости и замкнутым на конденсатор емкостью , может без трения двигаться металлический стержень массой  и длиной . Вся система находится в однородном магнитном поле с индукцией , направленной вверх. К середине стержня перпендикулярно ему и параллельно рейкам приложена сила *F*. Определить ускорение *a* стержня. Сопротивлением реек, стержня и подводящих проводов пренебречь. В начальный момент скорость стержня равна нулю.

**Уравнения Максвелла.**Заряженный и отключенный от источника плоский конденсатор с круглыми пластинами медленно разряжается объемными токами проводимости, возникающими в диэлектрике между обкладками из-за наличия слабой проводимости. Пренебрегая краевыми эффектами, вычислите напряженность магнитного поля внутри конденсатора.

**Электрические цепи. Квазистационарные токи.**Два гальванических элемента с ЭДС  ии внутренними сопротивлениями  и соединены параллельно. Найдите ЭДС и внутреннее сопротивление полученной батареи.

**Электромагнитные волны:** Плоская монохроматическая световая волна распространяется в вакууме. Максимальное значение напряженности магнитного поля этой волны – *H0*. Какова средняя (за период) энергия, переносимая волной в единицу времени через поверхность полусферы радиуса *R*, основание которой перпендикулярно направлению распространения волны?

**Теория излучения:** Выведите формулу для напряженности электрического поля электромагнитной волны, излучаемой зарядом *q*, колеблющимся с частотой *ω* вдоль некоторой прямой. Амплитуда колебаний заряда – X0.

**Энергия, импульс и момент импульса электромагнитного поля:** Плоская монохроматическая электромагнитная волна нормально падает из вакуума на плоскую поверхность проводника. Чему равно среднее (за период) давление этой волны на проводник, если интенсивность волны – *I*? Считать, что волна полностью поглощается.

**Электродинамика теории относительности:** Вычислите компоненты 4-мерного ускорения. Показать, что 4-мерное ускорение ортогонально 4-мерной скорости.

Результат обучения связан со знанием определений физических понятий, размерностей физических величин и умением формулировать законы механики и электродинамики.

**7.2. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.**

**Список экзаменационных вопросовпо курсу (дисциплине) Классическая механика:**

1. Кинематика материальной точки
2. Тангенциальное и нормальное ускорения
3. Относительность механического движения
4. Принцип относительности. Преобразования Галилея и преобразования Лоренца
5. Кинематика твердого тела
6. Матрица поворота тела
7. Кинематика вращающихся систем отсчета
8. Законы Ньютона
9. Силы в механике
10. Релятивистское уравнение движения
11. Неинерциальные системы отсчета. Силы инерции
12. Импульс частицы и системы частиц. Движение центра масс
13. Закон сохранения импульса
14. Реактивное движение
15. Работа и потенциальная энергия
16. Потенциальная энергия механических систем
17. Кинетическая энергия частицы и системы частиц
18. Кинетическая энергия твердого тела
19. Закон сохранения энергии в механике
20. Импульс и энергия в теории относительности
21. Момент импульса частицы и системы частиц. Момент силы
22. Момент импульса твердого тела
23. Теорема моментов. Закон сохранения момент импульса
24. Материальная точка в центральном поле
25. Законы Кеплера
26. Плоское движение твердого тела
27. Момент инерции твердого тела
28. Системы со связями. Степени свободы. Обобщенные координаты
29. Виртуальные перемещения. Виртуальная работа. Идеальные связи
30. Уравнения Лагранжа. Обобщенные силы
31. Функция Лагранжа. Обобщенные импульсы
32. Уравнения Гамильтона. Канонические переменные
33. Гамильтониан консервативной системы
34. Равновесие системы и его устойчивость
35. Колебания в системах с одной степенью свободы
36. Физические эффекты в колебательных системах
37. Нормальные колебания и нормальные координаты
38. Колебания струны.
39. Случайные величины и вероятности
40. Распределение Гиббса
41. Размер и масса молекул
42. Измерение постоянной Больцмана
43. Распределение энергии по степеням свободы
44. Диффузия и теплопроводность
45. Вязкость жидкости
46. Движение вязкой жидкости
47. Уравнения динамики сплошной среды
48. Звуковая волна

Список **вопросов к зачёту** по курсу (дисциплине) Электродинамика:

1. Электромагнитное взаимодействие и его место среди других взаимодействий в природе. Закон сохранения электрического заряда.
2. Закон Кулона.
3. Вектор напряженности электрического поля. Принцип суперпозиции. Электростатическая теорема Остроградского–Гаусса.
4. Потенциальность электростатического поля. Связь вектора напряженности электростатического поля и потенциала.
5. Работа сил электростатического поля. Потенциал системы зарядов.
6. Теорема о циркуляции вектора напряженности электрического поля. Уравнения Пуассона и Лапласа. Электрический диполь.
7. Проводники в электростатическом поле. Распределение заряда по поверхности проводника. Связь между зарядом и потенциалом проводника. Электроемкость. Конденсаторы.
8. Диэлектрики. Свободные и связанные заряды. Вектор поляризации. Связь вектора поляризации со связанными зарядами.
9. Вектор электрической индукции в диэлектрике. Материальное уравнение для векторов электрического поля.
10. Теорема Остроградского – Гаусса для диэлектриков. Ее дифференциальная форма.
11. Граничные условия для векторов напряженности и электрической индукции.
12. Взаимодействие токов. Элемент тока. Закон Био – Савара – Лапласа. Вектор индукции магнитного поля. Закон Ампера. Сила Лоренца.
13. Теорема о циркуляции вектора индукции магнитного поля. характер магнитного поля. Векторный потенциал.
14. Элементарный ток и его магнитный момент. Магнитное поле элементарного тока. Вектор намагниченности вещества и его связь с молекулярными токами.
15. Вектор напряженности магнитного поля. Материальное уравнение для векторов магнитного поля. Диамагнетики, парамагнетики и ферромагнетики.
16. Электромагнитная индукция. Закон электромагнитной индукции Фарадея и его дифференциальная форма. Правило Ленца. Явление самоиндукции и взаимной индукции.
17. Система уравнений Максвелла. Ток проводимости и ток смещения. Высокочастотные токи. Скин-эффект.
18. Постоянный электрический ток. Плотность тока. Условие стационарности тока. Электрическое напряжение. Закон Ома в дифференциальной форме.
19. Токи в сплошных средах. Закон Джоуля – Ленца. Правила Кирхгофа.
20. Условия квазистационарности. Переходные процессы в RC- и LC-цепях.
21. Собственные колебания в контуре. Затухающие колебания. Вынужденные колебания в контуре. Метод комплексных амплитуд. Резонанс напряжений.
22. Электромагнитные волны. Волновое уравнение. Скорость электромагнитных волн.
23. Плоские и сферические гармонические электромагнитные волны в непроводящей среде. Связь векторов напряженности электрического и магнитного поля и волнового вектора в плоской волне.
24. Поляризация электромагнитной волны. Отражение электромагнитных волн.
25. Стоячая электромагнитная волна. Давление электромагнитной волны.
26. Условие калибровки Лоренца. Неоднородное волновое уравнение для векторного и скалярного потенциалов. Их решения в виде запаздывающих и опережающих потенциалов. Дипольное приближение.
27. Излучение точечного диполя. Электромагнитное поле в ближней и дальней волновой зоне. Диаграмма направленности и полная мощность излучения.
28. Энергия системы покоящихся электрических зарядов. Энергия электростатического поля и ее объемная плотность.
29. Энергия системы стационарных токов. Энергия стационарного магнитного поля и ее объемная плотность.
30. Плотность энергии нестационарного электромагнитного поля. Вектор Умова-Пойнтинга. Закон сохранения энергии в электродинамике. Плотность и поток энергии в плоской электромагнитной волне.
31. Импульс и момент импульса электромагнитного поля. Законы сохранения импульса и момента импульса электромагнитного поля.
32. Уравнения электродинамики и преобразования Галилея. Опыт Майкельсона-Морли.
33. Принцип относительности Эйнштейна и постулаты теории относительности. Преобразования Лоренца
34. Четырех-векторы и четырех – тензоры.
35. Релятивистски-инвариантная запись закона сохранения заряда и уравнений Максвелла. Релятивистски-инвариантная запись уравнений электродинамики в потенциалах.
36. Электромагнитные волны в движущейся среде. Эффект Доплера. Инварианты электромагнитного поля.

**Типовые задачи** для проверки навыков решения задач по курсу (дисциплине) Классическая механика:

**Кинематика.**дан график зависимости ускорения частицы от времени. Построить графики зависимости от времени скорости и координатычастицы.

**Динамика.**вычислить силу притяжения материальной точки к однородному шару.

**Законы сохранения.** с какой скоростью нужно бросить вверх тело, чтобы оно не вернулось обратно на Землю?.

**Динамика твердого тела.**биллиардному шару ударом сообщили поступательное движение. Найти время, через которое движение шара перейдет в качение без проскальзывания.

**Аналитическая механика.**используя уравнения Лагранжа, вывести уравнение колебаний физического маятника.

**Колебания и волны.**Найти собственные частоты колебаний для системы связанных осцилляторов.

**Статистическая механика.**Найти среднюю высоту частицы в однородном поле силы тяжести.

**Механика сплошной среды.**Найти распределение скоростей частиц в потоке вязкой жидкости (формула Пуазейля).

**Теория относительности.** найти изменение массы системы при неупругом ударе двух тел.

**Типовые задачи** для проверки навыков решения задач по курсу (дисциплине) Электродинамика:

**Электрическое поле. Уравнения электростатики.**Тонкая палочка длиной заряжена равномерно с линейной плотностью . Найдите напряженность электрического поля, создаваемого зарядом на палочке, в произвольной точке пространства *М*.

**Проводники и диэлектрики в электрическом поле.**Заряд *q* распределен по металлической сфере радиусом *R*. Сфера окружена шаровым слоем диэлектрика толщиной *R*. Чему равна полная энергия электрического поля, создаваемого зарядом во всем пространстве, если диэлектрическая проницаемость диэлектрика равна *ε*?

**Магнитное поле в вакууме и веществе.**По бесконечному прямолинейному цилиндрическому проводу радиусом *R* течет ток *I*, равномерно распределенный по сечению проводника. Найдите напряженность магнитного поля *H* как функцию расстояния от оси провода

**Закон электромагнитной индукции.**Бесконечный прямой провод и квадратная рамка со стороной *a* и полным сопротивлением  расположены в одной плоскости так, что провод проходит параллельно одной из сторон рамки на расстоянии  от нее. Сила тока в проводе изменятся по закону ,где . Найдите зависимость силы тока в рамке от времени.

**Уравнения Максвелла.**В проводнике, помещенном в нестационарное магнитное поле, циркулируют токи Фуко. Линии тока представляют собой окружности, центры которых лежат на оси*,* причем зависимость плотности тока от времени *t* и от расстояния  рассматриваемой точки проводника до оси  описывается законом . Определите индукцию магнитного поля в проводнике, если известно, что в момент времени  она была равна нулю во всем объеме проводника.

**Электрические цепи. Квазистационарные токи:** Сопротивление состоит из трех элементов, соединенных треугольником:  Ом, Ом и  Ом*.* Токи, притекающие извне к двум из его вершин:  А,  А. Найдите потенциалы вершин  и , если потенциал .

**Электромагнитные волны.**Плоская монохроматическая световая волна с интенсивностью *I0* падает под углом *θ1* на плоскую границу раздела сред, показатели преломления которых равны *n1* и *n2*. Найдите интенсивность волны, отраженной от границы раздела, и интенсивность волны, прошедшей во вторую среду, при условии, что в падающей волне колебания вектора напряженности электрического поля происходят в плоскости падения.

**Теория излучения:** Определить, во сколько раз отличаются плотности потока энергии, излучаемой диполем Герца, под углами θ = 90° и θ = 45°.

**Энергия, импульс и момент импульса электромагнитного поля:** Заряд *q* расположен на металлической сфере радиусом *R*. Сфера окружена шаровым слоем диэлектрика толщиной *R*. Чему равна полная энергия электрического поля, создаваемого зарядом во всем пространстве, если диэлектрическая проницаемость диэлектрика равна ?

**Электродинамика теории относительности.**В некоторой системе отсчета электрическое и магнитное поля перпендикулярны друг другу. Найти систему отсчета, в которой есть только электрическое или только магнитное поле. всегда ли задача имеет решение и единственно ли оно?

Результат обучения связан с умением делать численные оценки физических величин, а также с опытом решения задач механики и электродинамики.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | | **ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ результатов обучения (РО) по дисциплине (модулю)** | | | | | | Оценка  РО и соответствующие виды оценочных средств | 2 | 3 | 4 | 5 | | **Знания законов механики и электродинамики определений физических понятий**  *(виды оценочных средств: устные опросы и письменные контрольные работы)* | Отсутствие знаний | Фрагментарные знания | Общие, но не структурированные знания | Сформированные систематические знания | | **Умение решать задачи механики и электродинамики и делать численные оценки физических величин**  *(виды оценочных средств: устные опросы и письменные контрольные работы)* | Отсутствие умений | В целом успешное, но не систематическое умение | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера) | Успешное и систематическое умение | | **Навыки: владение математическим аппаратом механики и электродинамики**  *(виды оценочных средств: устные опросы и письменные контрольные работы)* | Отсутствие навыков (владений, опыта) | Наличие отдельных навыков (наличие фрагментарного опыта) | В целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме | Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач | |

8. Ресурсное обеспечение:

Основная литература:

1. Стрелков С.П. "Общий курс физики (механика)" 1975 г.

2. МатвеевА.Н. Механика и теория относительности. «Мир и Образование» 2003.

3. Никитин С.Ю., Чесноков С.С. Механика. Москва, издательство факультета ВМК МГУ, 2006.

4. Матвеев А.Н. Электричество и магнетизм. М., Высшая школа, 1983.

5. Нетребко Н.В., Николаев И.П., Полякова М.С., Шмальгаузен В.И. Электричество и магнетизм. Практические занятия по физике для студентов-математиков, часть III (под редакцией Макарова В.А.). М., Макс-пресс, 2006.

6. Левич В.Г. Курс теоретической физики, т.1. 1972.

Дополнительная литература:

1. Алешкевич В.А., Деденко Л.Г., Караваев В.А. Механика. М.: ФИЗМАТЛИТ, серия «Университетский курс общей физики», 2011.

2. Сивухин Д.Б. Общий курс физики. Механика. Том I, 2005.

3. Матвеев А.Н. Электродинамика и теория относительности, Москва—1964.

4. Сивухин Д.Б. Общий курс физики.Электричество. Том III, 2004.

5. Батыгин В.В., Топтыгин И.Н. Сборник задач по электродинамике. М. М., 2002.

6. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика, Механика, Том 1,M. Наука, 2004

7. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика,Электродинамика сплошных сред. M. Наука, 1982.

Описание материально-технического обеспечения: аудитории для лекций и семинаров, с возможностью показа презентаций.

Проектор, доска, компьютер.

9. Язык преподавания - русский

10. Преподаватели Никитин Сергей Юрьевич – доктор физико-математических наук, доцент физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, Макаров Владимир Анатольевич – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой общей физики и волновых процессов физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.

11. Авторыпрограммы Никитин Сергей Юрьевич – доктор физико-математических наук, доцент физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, Макаров Владимир Анатольевич – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой общей физики и волновых процессов физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.