

Дисциплина «Механика. Электромагнетизм» относится к базовой части блока математических и естественно-научных дисциплин, является обязательным курсом.

В разделе «Механика» формулируются и применяются основные законы кинематики и динамики материальной точки, системы материальных точек и твёрдого тела в рамках классической механики. Сформулированы и проанализированы законы сохранения в механике, разобраны примеры их применения.

В разделе «Электричество и магнетизм» законы электромагнетизма рассмотрены в классическом приближении, а основные теоремы и уравнения приведены в интегральном виде. Законы постоянного тока сформулированы как в интегральной, так и в дифференциальной формах. Анализ законов классической электродинамики завершает их интерпретация в рамках системы уравнений Максвелла. Курс читается во **2-м семестре** студентам **1-го года обучения**.

### Цели и задачи освоения дисциплины:

Цели. В результате освоения дисциплины обучающийся должен знать основные законы механики и электродинамики; уметь использовать основные методы решения задач курса общей физики по этим разделам; уметь работать с механическими и электрическими приборами, проводить эксперименты в рамках общего физического практикума.

Задачи. Получение базовых теоретических знаний и освоение методов решения физических задач. Умение использовать полученные базовые знания. Овладение знаниями о физических моделях, а также об ограничениях и границах их применимости. Приобретение опыта и навыков решения типовых физических задач.

### Требования к результатам освоения содержания дисциплины

В результате освоения дисциплины студент должен

знать основные механические и электромагнитные явления, а также методы их теоретического описания и способы использования в физических приборах;

уметь использовать полученные базовые знания разделов Механика и Электромагнетизм курса общей физики;

владеть знаниями о физических моделях, а также об ограничениях и границах их применимости при описании механических и электромагнитных явлений; навыками практической работы с физическими приборами; основными методами решения задач курса общей физики;

иметь опыт работы в общем физическом практикуме и решения задач курса общей физики

### Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет: 108 часов теоретический курс «Механика. Электричество» (64 ч. – аудиторная работа и 44 ч. – самостоятельная) и 72 часа практических (лабораторных) работ (42 ч. – аудиторных и 30 ч. – сам. работа).

Вид работы	Семестр 2		Всего
	Теор.курс	Лаб.раб	
<b>Общая трудоёмкость, акад. часов</b>	108	72	180
<b>Аудиторная работа:</b>	64	42	106
Лекции, акад. часов	32	-	32
Семинары, акад. часов	32	-	32
Лабораторные работы, акад. часов	-	42	42
<b>Самостоятельная работа, акад. часов</b>	44	30	74
<b>Вид итогового контроля (зачёт, экзамен)</b>	Экзамен	зачет	

## Лекции

№ раздела	Наименование раздела	Содержание раздела
1	Кинематика	Введение: О классической физике и механике Ньютона. Кинематика материальной точки. Основные понятия: мех. движение, МТ, СО, Линейные характеристики движения. Кинематика материальной точки. Криволинейное движение. Движение по окружности. Угловые характеристики.
		Скорость и ускорение при криволинейном движении. Кинематика абсолютно твёрдого тела. Поступательное и вращательное движение. Плоское движение твёрдого тела. Мгновенная ось вращения.
2	Динамика	Динамика материальной точки. Первый закон Ньютона. Сила. Второй закон Ньютона. Инертная масса тела. Третий закон Ньютона. Силы в механике. Принцип относительности Галилея.
		Центр масс системы материальных точек и твёрдого тела. Уравнение движения центра масс. Момент силы. Момент импульса МТ, системы МТ и твёрдого тела. Уравнение моментов для системы материальных точек и твёрдого тела.
		Вращение твёрдого тела относительно неподвижной оси. Момент инерции твёрдого тела. Теорема Гюйгенса-Штейнера. Основное уравнение динамики вращательного движения твёрдого тела. Динамика плоского движения твёрдого тела. Уравнение моментов в системе центра масс.
3	Законы сохранения в механике	Закон сохранения импульса. Реактивное движение. Уравнение Мещерского. Закон сохранения момента импульса. Работа силы при поступательном и вращательном движениях. Механическая энергия – кинетическая и потенциальная.
		Кинетическая энергия. Теорема о кинетической энергии. Кинетическая энергия движения ТТ. Консервативные и неконсервативные силы. Центральные силы. Работа в поле центральных сил. Выражения для потенциальной энергии при гравитационном, электростатическом и упругом взаимодействиях.
		Связь силы и потенциальной энергии. Нормировка потенциальной энергии. Закон сохранения механической энергии. Заключение к разделу «Классическая механика»
4	Электростатика	Электрический заряд. Закон Кулона. Напряжённость электрического поля. Принцип суперпозиции. Линии напряжённости электрического поля. Применение принципа суперпозиции для нахождения напряжённости электростатического поля. Поток вектора напряжённости. Теорема Гаусса.
		Применение теоремы Гаусса для расчета напряжённости электрического поля заряженных тел.

		<p>Работа сил электростатического поля. Разность потенциалов, потенциал. Принцип суперпозиции для потенциалов.</p> <p>Связь напряженности и потенциала электрического поля. Примеры расчета потенциала электрического поля.</p> <p>Проводники в электрическом поле. Связь поверхностной плотности заряда и напряженности электрического поля у поверхности заряженного проводника. Замкнутые проводящие оболочки. Теоремы Фарадея.</p> <p>Конденсаторы. Электроёмкость. Энергия электрического поля. Объёмная плотность энергии электрического поля.</p> <p>Электрический диполь. Поле диполя. Силы, действующие на диполь во внешнем однородном и неоднородном электрическом поле.</p> <p>Электрическое поле в диэлектриках. Механизмы поляризации однородных изотропных диэлектриков.</p> <p>Вектор поляризации. Сторонние и связанные заряды. Диэлектрическая проницаемость.</p>
5	Электродинамика	<p>Постоянный электрический ток. Сила тока и плотность тока. Закон Ома для однородного участка цепи в интегральной форме. Законы Ома и Джоуля-Ленца для однородного участка цепи в дифференциальной форме.</p> <p>ЭДС источника тока. Закон Джоуля-Ленца в интегральной форме. Закон Ома для неоднородного участка цепи. Правила Кирхгофа.</p> <p>Магнитное поле, вектор магнитной индукции. Закон Био-Савара-Лапласа. Принцип суперпозиции. Магнитное поле движущегося заряда. Примеры расчета индукции магнитного поля для проводников с током различной формы.</p> <p>Взаимодействие между проводниками с током. Закон Ампера. Сила Лоренца.</p> <p>Теорема о циркуляции вектора магнитной индукции. Доказательство теоремы о циркуляции. Примеры применения теоремы для расчета индукции магнитного поля.</p> <p>Открытие Фарадеем электромагнитной индукции. Закон электромагнитной индукции. Правило Ленца.</p> <p>Самоиндукция. Индуктивность. Взаимная индукция. Энергия магнитного поля.</p> <p>Магнитное поле в веществе. Типы магнетиков.</p> <p>Трактовка Максвелла явления электромагнитной индукции. Ток смещения. Уравнения Максвелла в интегральной форме.</p>

### Семинары (практические занятия)

№ раздела	№ занятия	Тема
1	1	Погрешности эксперимента Кинематика материальной точки (МТ)
	2	Кинематика криволинейного движения МТ и движения твёрдого тела (ТТ)
	3	Кинематика ТТ (продолжение) Динамика МТ и поступательного движения ТТ
2	4	Расчёт моментов инерции ТТ. Динамика поступательного и вращательного движения ТТ
	5	Динамика плоского движений ТТ

3	6	Законы сохранения в механике. Соударения тел
	7	Законы сохранения при движении твёрдого тела
	8	Контрольная работа по разделу «Механика»
	9	Зачёт по разделу «Механика»
4	10	Расчёт напряжённости электрического поля
	11	Работа сил электрического поля. Потенциал. Электрический диполь
	12	Расчёт ёмкости. Энергия электрического поля
5	13	Постоянный электрический ток
	14	Магнитное поле токов. Взаимодействие проводников с токами
	15	Электромагнитная индукция. Самоиндукция
	16	Контрольная работа по разделу «Электричество и магнетизм»

### Лабораторные работы

№ раз-дела	№ ЛР	Наименование лабораторных работ
2	31	Определение коэффициента внутреннего трения жидкости по методу Стокса
	10а	Проверка законов вращательного движения твердого тела при помощи маятника Обербека
	15	Определение момента инерции маятника Максвелла
	11	Определение момента инерции тел и проверка теоремы Штейнера методом крутильных колебаний
	12	Определение момента инерции колеса
3	13	Определение скорости пули при помощи баллистического маятника
	14а	Определение скорости пули с помощью баллистического крутильного маятника
4	1	Электрическое поле
5	2	Постоянный ток
	53	Изучение магнитного поля витка с током
	54	Измерение намагниченности постоянного магнита
	63	Электромагнитная индукция. Закон Фарадея. Вихревое электрическое поле
	90	Зависимость сопротивления от температуры
5	70	Эффект Холла

### Примерные варианты контрольных работ

#### Раздел «Механика»

##### Вариант 1

1. Точка движется в плоскости, причем ее прямоугольные координаты определяются уравнениями  $x(t) = A \cos \omega t$ ,  $y(t) = B \sin \omega t$ , где  $A$ ,  $B$ ,  $\omega$  - известные постоянные. По какой траектории

движется точка? Чему равен модуль его ускорения?

2. Горизонтальный тонкий однородный стержень АВ массы  $m$  и длины  $l$  может свободно вращаться вокруг вертикальной оси, проходящей через его конец А. В некоторый момент времени на конец В начала действовать постоянная сила  $F$ , которая все время перпендикулярна к первоначальному положению стержня и направлена в горизонтальной плоскости.

Найти угловую скорость стержня  $\omega$  как функцию его угла поворота  $\varphi$  из начального положения.

3. Человек массы  $m_1$ , стоит на краю горизонтального однородного диска массы  $m_2$  и радиуса  $R$ , который может свободно вращаться вокруг неподвижной вертикальной оси, проходящей через его центр. В некоторый момент времени человек начал двигаться по краю диска, совершил перемещение на угол  $\varphi'$  относительно диска и остановился. Пренебрегая размерами человека, найти угол, на который повернулся диск к моменту остановки человека.

### Вариант 2

1. Диск электропроигрывателя вращается с постоянной угловой скоростью, делая  $n = 33,3$  об/мин. После выключения двигателя за счет трения диск останавливается через  $T = 20$  с. Считая движение равнозамедленным, определить сколько оборотов  $N$  сделает диск от момента выключения двигателя до полной остановки.

2. Из круглого диска массы  $M = 1$  кг и диаметром  $d = 40$  см вырезан сектор с центральным углом  $\alpha = 60^\circ$ . Определить момент инерции диска с вырезом относительно оси, проходящей через его центр перпендикулярно плоскости диска. Определить угловое ускорение при вращении диска вокруг этой оси под действием силы  $F = 2$  Н, приложенной по касательной к краю диска.

3. Горизонтальный тонкий однородный стержень АВ массы  $M = 1$  кг и длины  $l = 30$  см может свободно вращаться вокруг вертикальной оси, проходящей на расстоянии  $l/3$  от конца А. В конец стержня В попадает пуля массой  $m = 10$  г, летевшая горизонтально со скоростью  $V = 200$  м/с под углом  $\alpha = 30^\circ$  к стержню и застревает в нем. Найти угловую скорость стержня с пулей  $\omega$  и количество теплоты, выделившейся при ударе.

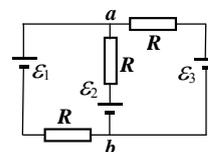
## Раздел «Электромагнетизм»

### Вариант 1

1. Воздушный сферический конденсатор имеет радиус внутренней  $R_1 = 1$  см, и внешней обкладок  $R_2 = 4$  см. Между ними приложена разность потенциалов  $U = 3000$  В. Какую скорость получит электрон под действием поля этого конденсатора, двигаясь из состояния покоя на расстоянии  $r_1 = 3$  см от центра сфер до расстояния  $r_2 = 2$  см?  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл,  $m_e = 9 \cdot 10^{-31}$  кг.

2. В схеме рис.  $\varepsilon_1 = 2$  В,  $\varepsilon_2 = 4$  В,  $\varepsilon_3 = 6$  В,  $R_1 = 4$  Ом,  $R_2 = 6$  Ом,  $R_3 = 8$  Ом.

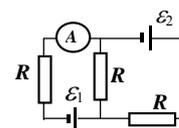
Найти разность потенциалов  $\varphi_a - \varphi_b$  между точками схемы  $a$  и  $b$ . Внутренним сопротивлением источников тока пренебречь.



3. В однородном магнитном поле с индукцией  $B$  расположены вертикально на расстоянии  $l$  два металлических прута, замкнутых наверху на резистор с сопротивлением  $R$ . Поле перпендикулярно плоскости системы. По прутьям без трения и без нарушения контакта может скользить перемычка массой  $m$ . Перемычку сначала удерживают в покое, а затем отпускают. На сколько сместится перемычка по вертикали за время  $\tau$ ? Сопротивление перемычки, прутков и контактов пренебрежимо мало.

### Вариант 2

1. Внутри шара радиусом  $R$  распределен заряд с переменной объемной плотностью  $\rho(r) = \alpha\sqrt{r}$  ( $\alpha$  – известная константа). Найти напряженность электрического поля  $E(r)$  внутри и вне шара.  $\varepsilon = 1$ .



2. На рис.  $\varepsilon_1 = 110 \text{ В}$ ,  $\varepsilon_2 = 220 \text{ В}$ ,  $R_1 = R_2 = 100 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = 500 \text{ Ом}$ . Найти показание амперметра. Сопротивлением источников тока и амперметра пренебречь.
3. Магнитный поток через неподвижный контур с сопротивлением  $R$  изменяется в течении времени  $\tau$  по закону  $\Phi = at(\tau - t)$ . Найти количество теплоты, выделенное в контуре за это время. Индуктивностью контура пренебречь.

### Перечень вопросов к зачёту:

1. Что называется мгновенной скоростью материальной точки?
2. Сформулируйте законы Ньютона и расскажите о границах применения этих законов.
3. Дайте определения понятий импульса и момента импульса для материальной точки и для твёрдого тела.
4. Сформулируйте закон сохранения импульса для системы материальных точек.
5. Дайте определения понятий момента силы относительно точки.
6. Сформулируйте закон сохранения момента импульса для системы материальных точек и для твёрдого тела.
7. Какие силы называются консервативными? Приведите примеры консервативных и диссипативных сил.
8. Какие виды соударений называются абсолютно упругим и абсолютно неупругим ударом?
9. Сформулируйте закон сохранения механической энергии.
10. Что такое «твёрдое тело»?
11. Какие типы механического движения выделяют при рассмотрении движения твёрдого тела?
12. Что такое «вращательное движение твёрдого тела»?
13. Что такое момент силы относительно неподвижной точки пространства? Относительно оси, проходящей через эту точку?
14. Что такое момент импульса твёрдого тела относительно неподвижной точки пространства? Относительно оси, проходящей через эту точку?
15. Запишите «уравнение моментов» для системы материальных точек (твёрдого тела) относительно неподвижной в ИСО точки пространства. Относительно оси, проходящей через эту точку.
16. Дайте определение момента инерции твёрдого тела относительно оси.
17. Что такое электрический ток?
18. Сформулируйте закон Ома для однородного участка цепи.
19. Что такое ЭДС?
20. Сформулируйте закон Ома для участка цепи с ЭДС.
21. Что такое электроёмкость?
22. Чем определяется время разряда конденсатора через резистор?
23. Что такое постоянная времени цепи, содержащей конденсатор?
24. Выведите закон изменения заряда на пластинах конденсатора с течением времени при его разряде через резистор.
25. Чему равна энергия заряженного конденсатора?

26. Как зависит время разряда конденсатора от его ёмкости и сопротивления резистора, через которое происходит разряд конденсатора?
27. В чём состоит особенность магнитных взаимодействий?
28. Дайте определение вектора магнитной индукции.
29. Что такое линии магнитной индукции?
30. Что такое однородное магнитное поле?
31. В чём состоит принцип суперпозиции магнитных полей?
32. Сформулируйте закон Био-Савара-Лапласа.
33. Как найти магнитную индукцию на оси витка с током?
34. Как можно измерить модуль индукции магнитного поля?
35. Что такое эффект Холла?
36. От чего зависит ЭДС Холла?
37. Что такое постоянная Холла и от чего она зависит?
38. Что позволяет определить знание постоянной Холла для данного материала?
39. Каковы достоинства датчиков Холла?
40. Опишите порядок выполнения работы.
41. Как определить величину и направление силы Лоренца?
42. Как определить радиус движения электрона в однородном магнитном поле?
43. Как определить величину и направление силы, действующей на заряженную частицу, движущуюся в электрическом и магнитном полях?
44. Как определить траекторию движения частицы в электрическом и магнитном полях?
45. Как определить скорость электрона на выходе электронной пушки, между катодом и анодом которой приложена разность потенциалов  $U$ , ускоряющая электроны?

### **Перечень вопросов к экзамену**

1. Кинематика материальной точки. Основные понятия. Линейные и угловые характеристики движения.
2. Движение по окружности. Связь линейной и угловой скорости. Ускорение при криволинейном движении.
3. Кинематика абсолютно твёрдого тела. Поступательное и вращательное движение. Плоское движение твёрдого тела. Мгновенная ось вращения.
4. Динамика материальной точки. Сила. Законы Ньютона. Инертная масса тела.
5. Третий закон Ньютона. Силы в механике. Принцип относительности Галилея.
6. Центр масс системы материальных точек и твёрдого тела. Уравнение движения центра масс.
7. Момент силы. Момент импульса  $MT$ , системы  $MT$  и твёрдого тела. Уравнение моментов для системы материальных точек и твёрдого тела.
8. Момент силы. Момент импульса  $MT$ , системы  $MT$  и твёрдого тела. Основное уравнение динамики вращательного движения твёрдого тела.
9. Момент импульса твёрдого тела относительно оси. Момент инерции твёрдого тела. Пример расчёта и применения теоремы Гюйгенса–Штейнера.

10. Момент инерции твёрдого тела. Расчёт моментов инерции диска и стержня. Пример применения теоремы Гюйгенса–Штейнера.
11. Уравнение моментов для системы материальных точек и твёрдого тела. Уравнение моментов в системе центра масс.
12. Плоское движение твёрдого тела. Пример применения законов динамики к плоскому движению твёрдого тела: скатывание цилиндра по наклонной плоскости.
13. Плоское движение твёрдого тела. Применение законов динамики и кинематики на примере качения обруча по наклонной плоскости. Кинетическая энергия при плоском движении.
14. Закон сохранения импульса. Реактивное движение. Уравнение Мещерского. Закон сохранения момента импульса.
15. Момент импульса твёрдого тела. Закон сохранения момента импульса для системы МТ и для твёрдого тела.
16. Работа силы при поступательном и вращательном движениях. Механическая энергия – кинетическая и потенциальная. Связь силы и потенциальной энергии.
17. Теорема о кинетической энергии. Консервативные и неконсервативные силы. Связь силы и потенциальной энергии.
18. Теорема о консервативности центральных сил. Потенциальная энергия при гравитационном, электростатическом и упругом взаимодействиях.
19. Работа в поле центральных сил. Потенциальная энергия при гравитационном, электростатическом и упругом взаимодействиях.
20. Механическая энергия – кинетическая и потенциальная. Связь силы и потенциальной энергии. Закон сохранения механической энергии.
21. Закон Кулона. Напряжённость электрического поля. Принцип суперпозиции. Пример картины силовых линий электрического поля системы зарядов.
22. Теорема Гаусса. Применение теоремы для определения напряжённости и потенциала электрического поля «бесконечной» заряженной плоскости.
23. Теорема Гаусса. Пример применения – расчёт напряжённости и потенциала электрического поля для случая равномерно заряженного шара.
24. Разность потенциалов в электростатическом поле. Потенциал. Связь напряжённости и потенциала электрического поля. Потенциал электрического поля заряженного кольца.
25. Конденсатор. Электроёмкость конденсатора. Энергия электрического поля. Объёмная плотность энергии электрического поля.
26. Теорема Гаусса. Пример расчёта электроёмкости плоского конденсатора.
27. Теорема Гаусса. Пример расчёта электроёмкости цилиндрического конденсатора.
28. Теорема Гаусса. Пример применения – расчёт электроёмкости сферического конденсатора.
29. Электрический диполь. Поле диполя. Силы, действующие на диполь во внешнем однородном электрическом поле.
30. Постоянный ток. Сила и плотность электрического тока. Законы Ома и Джоуля–Ленца для однородного участка цепи в дифференциальной форме.
31. Источники тока. ЭДС. Закон Джоуля–Ленца в интегральной форме. Закон Ома для неоднородного участка цепи. Правила Кирхгофа.
32. Законы Ома и Джоуля–Ленца для однородного участка цепи (в интегральной форме). Правила Кирхгофа.

33. Магнитное поле, вектор магнитной индукции. Закон Био–Савара–Лапласа. Расчёт индукции магнитного поля участка прямолинейного проводника с током.
34. Магнитное поле, вектор магнитной индукции. Закон Био–Савара–Лапласа. Расчёт индукции магнитного поля кругового витка с током.
35. Взаимодействие между проводниками с токами. Закон Ампера. Сила Лоренца.
36. Теорема о циркуляции вектора магнитной индукции. Применение теоремы для расчёта индукции магнитного поля цилиндрического проводника с током.
37. Теорема о циркуляции вектора магнитной индукции. Применение теоремы для расчёта индукции магнитного поля соленоида.
38. «Опыты Фарадея» – открытие Фарадеем явления электромагнитной индукции. Правило Ленца. Закон электромагнитной индукции Фарадея–Максвелла.
39. Правило Ленца. Закон электромагнитной индукции Фарадея–Максвелла. Индуктивность.
40. Самоиндукция. Индуктивность. Расчёт индуктивности соленоида. Энергия магнитного поля.
41. Трактовка Максвелла явления электромагнитной индукции. Ток смещения. Уравнения Максвелла в интегральной форме.

### **Основная литература**

1. П.К. Кашкаров, А.И. Ефимова. *Механика и электромагнетизм*. М., изд. МГУ, 2010.
2. А.В. Зотеев, А.А. Склянкин. *Лекции по курсу общей физики. Механика. Электричество и магнетизм*. Изд-во Филиала МГУ им. М.В. Ломоносова в г. Баку, 2014, – 242 с.
3. П.К. Кашкаров, А.В. Зотеев, А.Н. Невзоров, А.А. Склянкин. *Задачи по курсу общей физики с решениями. Механика. Электричество и магнетизм*. Изд-во Филиала МГУ им. М.В. Ломоносова в г. Баку, 2009, 178 с.
4. Погрешности эксперимента. А.И. Ефимова, А.В. Зотеев, А.А. Склянкин
5. Описания задач физического практикума на сайте:  
<http://ferro.phys.msu.su/prak/tasks/index.html>

### **Дополнительная литература**

1. И.В. Савельев. *Курс общей физики*. т. 1, 2. М.: Физматлит, 1998 и др. изд.
2. С.Э. Хайкин. *Физические основы механики*, М., 1971 и последующие издания.
3. С.Г. Калашников. *Электричество*. М., 1985 и последующие издания.