

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова  
Химический факультет

УТВЕРЖДАЮ

Декан химического факультета,  
Чл.-корр. РАН, профессор



/С.Н. Калмыков/

«31» августа 2021 г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Механика. Электричество**

**Уровень высшего образования:**

Специалитет

---

**Направление подготовки (специальность):**

04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия

**Направленность (профиль) ОПОП:**

Аналитическая химия, Биоорганическая химия, Высокомолекулярные соединения, Коллоидная химия, Лазерная химия, Медицинская химия и тонкий органический синтез, Нанобиоматериалы и нанобиотехнологии, Неорганическая химия, Нефтехимия, Органическая химия, Радиохимия, Физическая химия, Фундаментальная и прикладная энзимология, Химия ионных и молекулярных систем, Химическая кинетика, Химия высоких энергий, Химия и технология веществ и материалов, Химия твердого тела, Электрохимия

**Форма обучения:**

очная

---

Рабочая программа рассмотрена и одобрена  
Учебно-методической комиссией факультета  
(протокол №7 от 07.07.2021)

Москва 2021

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки / специальности 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия» (программа специалитета), утвержденного приказом МГУ от 29 декабря 2018 года № 1770 (с изменениями по приказу № 1109 от 11.09.2019).

Год (годы) приема на обучение 2019/2020, 2020/2021, 2021/2022

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП: вариативная часть ООП, блок ПД.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников). Соответствие результатов обучения по данному элементу ОПОП результатам освоения ОПОП (в форме компетенция – ЗУВ) указано в Общей характеристике ОПОП.

Компетенция	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
<b>УК-2.С</b> Способен в контексте профессиональной деятельности использовать знания об основных понятиях и методах естествознания	<b>УК-2.С.1</b> Адекватно оценивает уровень естественнонаучной подготовки и необходимость повышения квалификации в соответствующей области знания	<b>Знать:</b> основные методы решения задач курса общей физики <b>Владеть:</b> навыками выделения физической составляющей в химических задачах с последующим использованием стандартных подходов решения таких задач в физике
<b>ОПК-3.С.</b> Владеет методами регистрации и обработки результатов экспериментов, в том числе, полученных на современном научном оборудовании	<b>ОПК-3.С.3.</b> Оценивает возможные источники ошибок при проведении эксперимента и корректность полученных данных	<b>Знать:</b> источники ошибок основных физических методов, используемых при решении химических задач <b>Уметь:</b> оценивать корректность значений физических величин, получаемых экспериментально
<b>ОПК-4.С.</b> Способен создавать математические модели профессиональных задач, учитывать ограничения и границы применимости моделей, интерпретировать полученные математические результаты	<b>ОПК-4.С.1</b> Предлагает математические и (или) физические модели химических процессов	<b>Знать:</b> типичные физические модели, их ограничения и границы их применимости при описании механических и электромагнитных явлений
	<b>ОПК-4.С.2</b> Грамотно интерпретирует математические результаты расчета характеристик (свойств, параметров) химических объектов	<b>Уметь:</b> оценивать физическую корректность получаемых численных характеристик
<b>ОПК-6.С.</b> Способен использовать в профессиональной деятельности базовые знания в области физики и математики	<b>ОПК-6.С.1.</b> Использует базовые знания в области математики и физики при планировании работ химической направленности	<b>Знать:</b> основные механические и электромагнитные явления, а также методы их теоретического описания и способы использования в физических приборах <b>Уметь:</b> использовать полученные базовые знания разделов Механика и Электромагнетизм курса общей физики при выборе физических методов изучения химических объектов
	<b>ОПК-6.С.3.</b> Интерпретирует результаты химических наблюдений с использованием физических законов и представлений	<b>Уметь:</b> использовать полученные базовые знания разделов Механика и Электромагнетизм курса общей физики при интерпретации результатов физических методов исследования химических объектов

3. Объем дисциплины (модуля) составляет 3 зачетных единицы, всего 108 часов, из которых 78 часов составляет контактная работа студента с преподавателем (36 часов занятия лекционного типа, 36 часов занятия семинарского типа, 2 часа – групповые консультации, 4 часа – промежуточный контроль успеваемости), 30 часов составляет самостоятельная работа студента.

4. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия.

Обучающийся должен

**Знать:** базовые законы и понятия физики и объектах изучения, иметь представление о методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях физики;

**Владеть** основами методологии научного познания различных уровней организации материи, пространства и времени

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам.

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), часы из них					Самостоятельная работа обучающегося, часы из них			
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов т.п.	Всего
Кинематика	12	6	6				12			
Динамика.	12	6	6				12			
Законы сохранения в механике	14	6	8				14			

Электростатика	16	10	6				16			
Электродинамика	18	8	10				18			
Промежуточная аттестация <u>эк-замен</u>	36			2		4	6			30
<b>Итого</b>	<b>108</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>2</b>		<b>4</b>	<b>78</b>			<b>30</b>

### 6. Образовательные технологии:

-преподавание дисциплин в форме авторских курсов по программам, составленным на основе результатов исследований научных школ МГУ. Лекции читаются с использованием всего демонстрационно-опытного оборудования кабинета физических демонстраций физического факультета МГУ, с привлечением при необходимости мультимедийных возможностей и проекционного оборудования.

### 7. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы по дисциплине (модулю):

Задания для самостоятельной проверки уровня усвоения материала

Раздел «Механика»

1. Радиус-вектор частицы определяется выражением  $\mathbf{r} = 3t^2 \cdot \mathbf{e}_x + 4t^2 \cdot \mathbf{e}_y + 7 \cdot \mathbf{e}_z$  (м). Вычислить а) путь  $s$ , пройденный частицей за первые 10 с движения, б) модуль перемещения  $|\Delta \mathbf{r}|$  за это время, в) объяснить полученный результат.
2. Компоненты скорости частицы изменяются со временем по законам:  $V_x = A \cdot \cos \omega t$ ,  $V_y = A \cdot \sin \omega t$  и  $V_z = 0$ , где  $A$  и  $\omega$  – константы. Найти модуль скорости частицы, модуль ускорения, а также угол между векторами скорости и ускорения. На основании полученных результатов сделать вывод о характере движения частицы.
3. Оценить частоту вращения и ускорение электрона в атоме водорода в модели Бора, приняв радиус орбиты  $r = 10^{-10}$  м. Заряд электрона  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл, масса электрона  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$  кг. Электрическая постоянная системы СИ  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$  Ф/м.
4. Каковы нормальное и тангенциальное ускорения электрона, который движется в совпадающих по направлению электрическом и магнитном полях? Рассмотреть два случая: 1) скорость электрона направлена вдоль полей и 2) скорость электрона направлена перпендикулярно к ним

5. «Машина Атвуда» (прибор для изучения законов равнопеременного движения) представляет собой систему с двумя грузами одинаковой массы  $M$ , связанными нитью перекинутой через массивный блок радиуса  $R$  (см. рис.). Если на один из грузов положить небольшой грузик  $m$ , то система придёт в ускоренное движение. Пусть экспериментально измеренное ускорение первого груза оказалось равным  $a$ . Определить по этим данным момент инерции блока  $I$ . Считать, что невесомая и нерастяжимая нить не скользит по блоку, а сам блок вращается без трения.

6. Потенциальная энергия частицы, находящейся в центрально-симметричном силовом поле, имеет вид:

$$U(r) = a/r^2 - b/r,$$

где  $a$  и  $b$  – положительные константы. а) Найти значение  $r_0$ , соответствующее равновесному положению частицы, б) выяснить, устойчиво ли это положение, в) найти максимальное значение силы притяжения, г) изобразить графики зависимости  $U(r)$  и  $F_r(r)$  – проекции силы на радиус-вектор  $\mathbf{r}$ .

7. Потенциальная энергия частицы имеет вид  $U = (x/y - y/z) \cdot a$ , где  $a$  – константа. Найти силу, действующую на частицу как функцию координат.

8. Два протона с энергией  $T = 0,5 \text{ МэВ}$  каждый летят навстречу друг другу и испытывают «лобовое столкновение». До какого минимального расстояния  $r_{min}$  они могут сблизиться, если учитывать только электрическое взаимодействие между ними?

9. Однородный стержень длиной  $l = 0,85 \text{ м}$  может свободно вращаться вокруг горизонтальной оси, проходящей через его конец. Какую минимальную скорость необходимо сообщить нижнему концу стержня, чтобы он сделал полный оборот вокруг оси. В исходном положении стержень покоился.

#### Раздел «Электромагнетизм»

1. Определить напряженность электрического поля  $E$  на оси тонкого равномерно заряженного диска радиуса  $R$ . Поверхностная плотность заряда диска равна  $\sigma$ .

2. Определить разность потенциалов  $\Delta\phi$  между двумя коаксиальными цилиндрами радиусов  $R_1$  и  $R_2$ , равномерно заряженными противоположными по знаку зарядами с линейной плотностью  $\lambda$ . Краевыми эффектами пренебречь.

3. Получить выражения для электроемкости: а) плоского конденсатора с площадью пластин  $S$  и расстоянием  $d$  между ними; б) цилиндрического (на единицу длины). Радиусы цилиндров  $R_1$  и  $R_2$ ; в) сферического конденсатора с радиусами сфер  $R_1$  и  $R_2$ ;  $R_2 > R_1$ . Конденсаторы заполнены диэлектриком с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$ .

4. Определить зависимость  $q(t)$  заряда от времени на конденсаторе ёмкости  $C$  при подключении его через сопротивление  $R$  к источнику питания с ЭДС  $\epsilon$ . Построить график  $q(t)$ . Определить максимальное значение тока при зарядке конденсатора.

5. Радиусы обкладок сферического конденсатора равны  $a$  и  $b$  ( $a < b$ ). Пространство между обкладками заполнено веществом с проницаемостью  $\epsilon$  и удельной проводимостью  $\sigma$ . Первоначально конденсатор не заряжен. Затем внутренней обкладке сообщается заряд  $q_0$ . Найти: а) закон изменения заряда  $q$  на внутренней обкладке, б) количество тепла  $Q$ , выделившееся при растекании заряда.

6. Два прямолинейных длинных проводника расположены параллельно на расстоянии  $l = 15$  см друг от друга. По проводникам текут токи  $I_1 = 70$  А и  $I_2 = 50$  А в противоположных направлениях. Найти индукцию магнитного поля  $B$  в точке, находящейся на расстоянии  $r_1 = 20$  см от первого и  $r_2 = 30$  см от второго проводника.
7. Однозарядные ионы аргона разгоняются в электрическом поле напряжением 1000 В и затем попадают в перпендикулярное их скорости магнитное поле с индукцией 1 Тл, где разделяются на два пучка. Первому соответствует окружность радиуса  $R_1 = 27,4$  мм, второму – радиуса  $R_2 = 28,9$  мм. Определить относительные массы этих изотопов.
8. В однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,02$  Тл равномерно вращается вокруг вертикальной оси горизонтальный стержень длиной  $l = 0,5$  м. Ось вращения проходит через конец стержня параллельно линиям магнитной индукции. Определить угловую скорость вращения стержня, при которой на концах стержня возникает разность потенциалов  $U = 0,1$  В.
9. Длинная двухпроводная линия питания нагрузки с сопротивлением  $R = 10$  Ом обладает индуктивностью  $L = 0,1$  мГн. Найти закон нарастания силы тока в нагрузке при замыкании цепи. Определить время нарастания тока  $\tau_1$  и  $\tau_2$  до значений  $0,5I_0$  и  $0,75I_0$  соответственно, где  $I_0$  – установившееся значение силы тока в цепи. Сравните эти значения.

Литература для самостоятельной работы:

1. 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.
2. 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.

8. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и вспомогательной учебной литературы ко всему курсу

### Основная литература

1. П.К. Кашкаров, А.И. Ефимова. Механика и электромагнетизм. М., изд. МГУ, 2010.
2. [Погрешности эксперимента](#). А.И. Ефимова, А.В. Зотеев, А.А. Склянкин
3. Аксенова Е.Н. Общая физика. Механика (главы курса). Издательство Лань, 2018.
4. Аксенова Е.Н. Общая физика. Электричество и магнетизм (главы курса). Издательство Лань, 2018.

### 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.

9. Язык преподавания – русский

10. Преподаватели: К. ф.-м.н., доцент, Зотеев Андрей Владимирович, кафедра общей физики и молекулярной электроники физического факультета МГУ, zoteyev@inbox.ru, 495-939-30-27

### **Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения**

Образцы оценочных средств для текущего контроля усвоения материала и промежуточной аттестации - экзамена. На экзамене проверяется достижение промежуточных индикаторов компетенций, перечисленных в п.2.

#### **Образцы контрольных вопросов**

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 момента импульса для системы материальных точек и для твёрдого тела.
5. Какие силы называются консервативными? Приведите примеры консервативных и диссипативных сил.
6. Какие виды соударений называются абсолютно упругим и абсолютно неупругим ударом?
7. Что такое «вращательное движение твёрдого тела»?
8. Запишите «уравнение моментов» для системы материальных точек (твёрдого тела) относительно неподвижной в ИСО точки пространства. Относительно оси, проходящей через эту точку.
9. Дайте определение момента инерции твёрдого тела относительно оси.
10. Сформулируйте основной закон динамики вращательного движения твёрдого тела относительно неподвижной оси.
11. Сформулируйте теорему Гюйгенса - Штейнера.
12. Рассчитайте момент инерции тела по указанию преподавателя.
13. Опишите устройство лабораторной установки.
14. Расскажите о порядке выполнения лабораторной работы и проведения измерений.
15. Что такое электрический ток?
16. Сформулируйте закон Ома для однородного участка цепи.
17. Что такое ЭДС?
18. Сформулируйте закон Ома для участка цепи с ЭДС.
19. Что такое электроёмкость?
20. Чему равна энергия заряженного конденсатора?
21. Дайте определение вектора магнитной индукции.
22. Сформулируйте закон Био-Савара-Лапласа.
23. Как определить величину и направление силы Лоренца?
24. Как найти магнитную индукцию на оси витка с током?



25. Что такое эффект Холла? От чего зависит ЭДС Холла?

26. Что позволяет определить знание постоянной Холла для данного материала?

### Вопросы 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 МТ, системы МТ и твёрдого тела. Уравнение моментов для системы материальных точек и твёрдого тела.
  8. Момент силы. Момент импульса МТ, системы МТ 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.
1. Закон Кулона. Напряжённость электрического поля. Принцип суперпозиции. Пример картины силовых линий электрического поля системы зарядов.

2. Теорема Гаусса. Применение теоремы для определения напряжённости и потенциала электрического поля «бесконечной» заряженной плоскости.
3. Теорема Гаусса. Пример применения – расчёт напряжённости и потенциала электрического поля для случая равномерно заряженного шара.
4. Разность потенциалов в электростатическом поле. Потенциал. Связь напряжённости и потенциала электрического поля. Потенциал электрического поля заряженного кольца.
5. Конденсатор. Электроёмкость конденсатора. Энергия электрического поля. Объёмная плотность энергии электрического поля.
6. Теорема Гаусса. Пример расчёта электроёмкости плоского конденсатора.
7. Теорема Гаусса. Пример расчёта электроёмкости цилиндрического конденсатора.
8. Теорема Гаусса. Пример применения – расчёт электроёмкости сферического конденсатора.
9. Электрический диполь. Поле диполя. Силы, действующие на диполь во внешнем однородном электрическом поле.
10. Постоянный ток. Сила и плотность электрического тока. Законы Ома и Джоуля–Ленца для однородного участка цепи в дифференциальной форме.
11. Источники тока. ЭДС. Закон Джоуля–Ленца в интегральной форме. Закон Ома для неоднородного участка цепи. Правила Кирхгофа.
12. Законы Ома и Джоуля–Ленца для однородного участка цепи (в интегральной форме). Правила Кирхгофа.
13. Магнитное поле, вектор магнитной индукции. Закон Био–Савара–Лапласа. Расчёт индукции магнитного поля участка прямолинейного проводника с током.
14. Магнитное поле, вектор магнитной индукции. Закон Био–Савара–Лапласа. Расчёт индукции магнитного поля кругового витка с током.
15. Взаимодействие между проводниками с токами. Закон Ампера. Сила Лоренца.
16. Теорема о циркуляции вектора магнитной индукции. Применение теоремы для расчёта индукции магнитного поля цилиндрического проводника с током.
17. Теорема о циркуляции вектора магнитной индукции. Применение теоремы для расчёта индукции магнитного поля соленоида.
18. «Опыты Фарадея» – открытие Фарадеем явления электромагнитной индукции. Правило Ленца. Закон электромагнитной индукции Фарадея–Максвелла.
19. Правило Ленца. Закон электромагнитной индукции Фарадея–Максвелла. Индуктивность.
20. Самоиндукция. Индуктивность. Расчёт индуктивности соленоида. Энергия магнитного поля.
21. Трактовка Максвелла явления электромагнитной индукции. Ток смещения. Уравнения Максвелла в интегральной форме.

### Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения

Шкала оценивания знаний, умений и навыков является единой для всех дисциплин (приведена в таблице ниже)

<b>ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)</b>				
Оценка \ Результат	2	3	4	5
Знания	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Умения	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 (владения)	Отсутствие навыков	Наличие отдельных навыков	В целом, сформированные навыки, но не в активной форме	Сформированные навыки, применяемые при решении задач

<b>РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)</b>	<b>ФОРМА ОЦЕНИВАНИЯ</b>
Знать: основные методы решения задач курса общей физики Знать: источники ошибок основных физических методов, используемых при решении химических задач Знать: типичные физические модели, их ограничения и границы их применимости при описании механических и электромагнитных явлений Знать: основные механические и электромагнитные явления, а также методы их теоретического описания и способы использования в физических приборах	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене
Уметь: оценивать корректность значений физических величин, получаемых экспериментально Уметь: оценивать физическую корректность получаемых численных характеристик Уметь: использовать полученные базовые знания разделов Механика и Электромагнетизм курса общей физики при выборе физических методов изучения химических объектов Уметь: использовать полученные базовые знания разделов Механика и Электромагнетизм курса общей физики при интерпретации результатов физических методов исследования химических объектов	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене
Владеть: навыками выделения физической составляющей в химических задачах с последующим использованием стандартных подходов решения таких задач в физик	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене

