

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

УТВЕРЖДАЮ

Декан химического факультета,
Акад. РАН, профессор



/В.В. Лунин/

«27» февраля 2017 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Колебания и волны. Оптика

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 молекулярных и ионных 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 №1 от 27.01.2017)

Москва 2017

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 22 июля 2011 года № 729 (в редакции приказов МГУ от 22 ноября 2011 года № 1066, от 21 декабря 2011 года № 1228, от 30 декабря 2011 года № 1289, от 27 апреля 2012 года № 303, от 30 декабря 2016 года № 1671).

Год (годы) приема на обучение

2014/2015, 2015/2016, 2016/2017, 2017/2018, 2018/2019

1. Наименование дисциплины (модуля) **Колебания и волны. Оптика**
2. Уровень высшего образования – **специалитет.**
3. Направление подготовки: **04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия.**
4. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП: вариативная часть ООП, блок ПД.
5. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Компетенция	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
УК-6.С Способность в контексте профессиональной деятельности использовать знания об основных понятиях, объектах изучения и методах естествознания	Владеть: навыками выделения физической составляющей, связанной с колебательными и волновыми процессами, в химических задачах с последующим использованием стандартных подходов решения таких задач в физике
ОПК-3.С. Способность использовать методы регистрации и обработки результатов экспериментов, в том числе, полученных на современном научном оборудовании	Знать: источники ошибок основных физических методов, используемых при решении химических задач Уметь: оценивать корректность значений физических величин, получаемых экспериментально
ОПК-4.С. Способность создавать математические модели профессиональных задач, учитывать ограничения и границы применимости моделей, интерпретировать полученные математические результаты	Знать: типичные физические модели, их ограничения и границы их применимости при описании явлений, связанных с колебательными и волновыми процессами в механических, электрических и оптических системах Уметь: оценивать физическую корректность получаемых численных характеристик
ОПК-6.С. Способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания в области физики и математики	Знать: основные явления, связанные с колебательными и волновыми процессами в механических, электрических и оптических системах Знать методы теоретического описания колебательных и волновых процессов и способы использования в физических приборах Уметь: использовать полученные базовые знания разделов Колебания и Волновая оптика при выборе физических методов изучения химических объектов Уметь: использовать полученные базовые знания разделов Колебания и Волновая оптика при интерпретации результатов физических методов исследования химических объектов

6. 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

7. 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

8. 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 и т.п..	Всего
Свободные колебания механических и электромагнитных осцилляторов	16	8	8				16			
Вынужденные колебания механических и электромагнитных ос-	18	8	10				18			

цилляторов										
Интерференция света	10	6	4				10			
Диффракция света	16	8	8				16			
Поляризация света	12	6	6				12			
Промежуточная аттестация <u>экза-</u> <u>мен</u>	36			2		4	6			30
Итого	108	36	36	2		4	78			30

9. Образовательные технологии:

Лекции читаются с использованием соответствующего демонстрационно-опытного оборудования кабинета физических демонстраций физического факультета МГУ, с привлечением, при необходимости, мультимедийных возможностей и проекционного оборудования. Лабораторные работы проводятся на базе общего физического практикума для естественных факультетов физического факультета МГУ, в ряде задач используется современная электронная и компьютерная техника проведения и обработки результатов эксперимента.

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

Примеры задач для самоконтроля

Раздел «Колебания и волны»

1. Рыбка перемещается вдоль стенки аквариума по закону: $x(t) = 0,2\cos\pi t$ (м). Найти среднюю величину модуля скорости $\langle v \rangle$ и модуль средней скорости $|\langle \vec{v} \rangle|$ рыбки за один цикл.
2. Грузик подвешен на нерастяжимой нити, верхний конец которой перемещают по вертикали по закону: $y(t) = A \cdot \sin \omega t$. Величина A постепенно растет. При каких минимальных A колебания грузика станут негармоническими? В каких точках начнется отклонение от гармонического закона колебаний грузика?
3. Рассмотрим ситуацию, моделирующую процесс столкновение атома и молекулы. Первоначально система, описанная в задаче 2.3, неподвижна и пружинка не деформирована. Первому шарiku сообщается импульс $p_0 = m_1 v_0$ в сторону второго (удар налетающего атома). Определите скорость v_c центра масс системы, и частоту ω_0 возникающих колебаний.
4. Потенциальная энергия частицы массы m в одномерном силовом поле зависит от её координаты x по закону $U(x) = U_0(1 - \cos ax)$, U_0 и a – постоянные. Найдите частоту малых колебаний этой частицы около положения равновесия.

5. Физический маятник представляет собой шар радиуса $R = 2/11$ м, висящий на тонком невесомом стержне длины $l = R$. В начальный момент времени маятнику сообщили угловую скорость $\Omega = 0,25$ рад/с. Найдите зависимость от времени угла отклонения маятника от вертикали $\varphi(t)$.

6. Цилиндрический поплавок высоты $h = 2$ см плавает на поверхности воды. Определите период малых колебаний поплавка по вертикали, которые возникают, если его слегка погрузить в воду и отпустить. Плотность материала поплавка $\rho = 800$ кг/м³, плотность воды $\rho_0 = 1000$ кг/м³.

7. На середине натянутой струны длины $l = 1$ м укреплен шарик массой $m = 50$ г. Найдите частоту малых поперечных колебаний этого шарика. Силу натяжения струны считать постоянной и равной $M = 20$ Н. Массой струны и силой тяжести пренебречь.

8. Конденсатор ёмкости C , заряженный до напряжения U_0 , замыкается на катушку с индуктивностью L . Найдите закон изменения со временем заряда на конденсаторе $q(t)$. Чему равна амплитуда I_m силы тока в этой цепи? Активным сопротивлением пренебречь.

9. Однородный стержень массы $m = 1$ кг совершает малые колебания вокруг горизонтальной оси, проходящей через точку O . Правый конец стержня подвешен на невесомой пружине жёсткости $k = 300$ Н/см. Найдите частоту ω_0 колебаний стержня, если в положении равновесия он горизонтален. Трением в шарнире пренебречь.

10. Известно, что частота собственных колебаний молекулы HF^{19} $\omega_0 \cong 7,8 \cdot 10^{14}$ рад·с⁻¹. Определите частоту собственных колебаний молекулы HJ^{127} , если известно, что величины второй производной от потенциальной энергии молекулы по координате вблизи минимумов потенциальной энергии отличаются для этих молекул в $n \cong 3$ раза. Для какой молекулы величина второй производной больше и почему?

11. Определите количество нормальных мод линейной молекулы N_2O . Назовите типы колебаний этой молекулы.

12. Найдите отношение частот симметричных и антисимметричных валентных колебаний линейной молекулы CO_2 .

13. Цепь переменного тока состоит из последовательно соединённых резистора с сопротивлением $R = 80$ Ом, катушки индуктивности $L = 0,56$ Гн и конденсатора ёмкости $C = 30$ мкФ. Цепь включена в бытовую электросеть (напряжение $U = 220$ В, $\nu = 50$ Гц).

14. В цепи переменного тока используется плоский конденсатор, изолятор которого промок и он стал нагреваться. При частоте $\nu = 50$ Гц коэффициент мощности оказался равен $k = 0,6$. Определить по этим данным удельное сопротивление изолятора, если его диэлектрическая проницаемость равна $\epsilon = 4,8$.

15. К бытовой электросети (напряжение $U = 220$ В, $\nu = 50$ Гц) присоединены параллельно реостат с сопротивлением $R = 40$ Ом и дроссель с индуктивностью $L = 80$ мГн и омическим сопротивлением $r = 26$ Ом. По дросселю идёт ток силой $I_1 = 2$ А. Какой ток идёт по реостату и какой ток потребляется от сети?

Раздел «Волновая оптика»

1. Написать уравнение цилиндрической гармонической волны с частотой ω и длиной волны λ , распространяющейся в однородной непоглощающей среде (r – расстояние до линейного источника волн).

2. В однородном диэлектрике ($\epsilon = 2,25$; $\mu = 1$) распространяется плоская электромагнитная волна. Амплитуда индукции магнитного поля в волне $B_0 = 10^{-4}$ Тл. Определите: а) фазовую скорость волны; б) амплитуду напряжённости электрического поля; в) среднюю плотность энергии волны; г) интенсивность волны.

3. Плоская электромагнитная волна распространяется в однородной немагнитной ($\mu = 1$) среде по оси X. Электрическое поле в волне меняется по закону:

4. Две световые волны создают в некоторой точке пространства колебания напряжённости электрического поля, описываемые функциями $E_{1y} = E_0 \cdot \cos \omega t$ и $E_{2y} = E_0 \cdot \cos[(\omega + \Delta\omega)t]$, где $\Delta\omega = 0,628 \text{ рад}\cdot\text{с}^{-1}$. Как ведёт себя интенсивность света в этой точке?

5. Определить сдвиг Δx интерференционных максимумов 2-го порядка ($m = 2$) в опыте Юнга после заполнения водой пространства между экраном, на котором наблюдается интерференционная картина, и преградой со щелями. Расстояние между экраном и преградой $L = 1 \text{ м}$, расстояние между щелями $d = 1 \text{ мм}$, длина волны света в вакууме $\lambda_0 = 0,5 \text{ мкм}$, показатель преломления воды $n = 4/3$.

6. Определить радиус m -ой зоны Френеля r_m при падении на круглое отверстие плоской волны длиной λ . Расстояние от отверстия до экрана равно l . Доказать, что площади всех зон Френеля одинаковы.

7. На преграду с круглым отверстием падает плоская световая волна длины $\lambda = 0,5 \text{ мкм}$. Интенсивность в центре дифракционной картины в 2 раза больше, чем в отсутствии преграды. При каком минимальном радиусе отверстия это возможно, если экран расположен на расстоянии $l = 1 \text{ м}$ за препятствием.

8. Дифракционная картина наблюдается на экране, расположенном на расстоянии l от точечного источника монохроматического света ($\lambda = 0,6 \text{ мкм}$). На расстоянии $a = 0,5l$ от источника помещена круглая непрозрачная преграда диаметром $d = 1 \text{ мм}$. Определить расстояние l , если преграда закрывает только первую зону Френеля. Что будет наблюдаться в центре экрана?

9. На щель шириной $b = 0,4 \text{ мм}$, установленную на расстоянии $l = 2,5 \text{ м}$ от экрана, падает по нормали плоская световая волна с $\lambda = 0,6 \text{ мкм}$ с интенсивностью $I = 100 \text{ мВт}/\text{см}^2$. Какой вид дифракции наблюдается в этом случае? Оценить интенсивность I_0 в центре дифракционной картины.

10. Указание. Для оценки интенсивности форму центрального максимума считать приближённо близкой к треугольной.

11. Определить тип дифракции и ширину центрального дифракционного максимума Δx при падении плоской волны длиной $\lambda = 0,5 \text{ мкм}$ на щель шириной $b = 0,5 \text{ мм}$. Дифракционная картина наблюдается на расстоянии $l = 2 \text{ м}$ за препятствием.

12. Пользуясь методом векторных диаграмм, найти отношение интенсивностей максимумов нулевого и первого порядка при дифракции Фраунгофера на щели.

13. Определить длину волны света λ , если для решётки с периодом $d = 1,55 \cdot 10^{-3} \text{ мм}$ угол $\Delta\varphi$ между максимумами 1 и 2 порядка равен 30° .

14. Свет с длиной волны λ падает по нормали на дифракционную решётку. Найти явную зависимость угловой дисперсии от угла дифракции φ .

15. Свет с $\lambda = 589 \text{ нм}$ падает по нормали на дифракционную решётку с периодом $d = 2,5 \text{ мкм}$, содержащую $N = 10^4$ штрихов. Найти угловую ширину дифракционного максимума второго порядка ($m = 2$).

16. Свет падает по нормали на дифракционную решётку шириной $l = 6,5 \text{ см}$, имеющую $n = 200$ штрихов на миллиметр. Определить, в каком порядке спектра могут быть разрешены спектральные линии соответствующие длинам волн $\lambda_1 = 670,800 \text{ нм}$ и $\lambda_2 = 670,815 \text{ нм}$.

17. Определить интенсивность I_1 плоскополяризованного света, вышедшего из идеального поляризатора, при падении на него естественного света с интенсивностью I^* .

18. На совершенный поляризатор падает поляризованный по кругу свет, интенсивность которого равна I_0 . Какова будет интенсивность света за поляризатором?

19. Степень поляризации частично поляризованного света $P = 0,25$. Найти отношение интенсивности плоскополяризованной составляющей этого света I к интенсивности естественной I^* .

20. Определить степень поляризации P света, представляющего собой смесь естественного света с плоскополяризованным, если отношение k интенсивности поляризованного света к интенсивности естественного равна: а) 1; б) 10?

11. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и вспомогательной учебной литературы ко всему курсу

Основная литература

1. С.Н. Козлов, А.В. Зотеев, Колебания и волны. Волновая оптика М., Изд-во Филиала МГУ им. М.В. Ломоносова в г. Баку, 2009, – 210 с.
2. С.Н. Козлов, А.В. Зотеев, А.Н. Невзоров. Задачи по курсу общей физики с решениями. Колебания и волны. Волновая оптика. Изд-во Филиала МГУ им. М.В. Ломоносова в г. Баку, 2009, 164 с.
3. [Погрешности эксперимента](#). А.И. Ефимова, А.В. Зотеев, А.А. Склянкин

Дополнительная литература

1. И.В. Савельев. Курс общей физики. т. 1, 2, 4. 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.
4. Ландсберг Г.С. Оптика. М.: Наука, 1976 и др. изд.
5. 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.

12. Язык преподавания – русский

13. Преподаватели: Д. ф.-м.н., профессор, Козлов Сергей Николаевич, кафедра общей физики и молекулярной электроники физического факультета МГУ, kozlov@vega.phys.msu.ru, 495-939-15-66

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.5.

Вопросы к экзамену

1. Свободные колебания систем с одной степенью свободы. Модель «гармонический осциллятор». Энергия колебаний механического и электрического гармонического осциллятора.
2. Гармонический осциллятор. Дифференциальное уравнение гармонического осциллятора и его решение. Энергия колебаний гармонического осциллятора.
3. Свободные колебания связанных осцилляторов. Нормальные координаты и нормальные моды для системы, состоящей из двух одинаковых связанных осцилляторов.
4. Типы молекулярных колебаний (валентные и деформационные, симметричные и антисимметричные, на примере молекул CO₂ и H₂O).
5. Дифференциальное уравнение осциллятора с малым затуханием и вид его решения. Характеристики свободных затухающих колебаний: время релаксации, декремент затухания, добротность.
6. Затухающие колебания. Осциллятор с малым затуханием. Характеристики затухающих колебаний.
7. Дифференциальное уравнение осциллятора с затуханием. Осциллятор в «критическом режим» (вид решения).
8. Дифференциальное уравнение осциллятора с затуханием и вид его решения для случая большого затухания.
9. Энергия колебаний механического и электрического гармонических осцилляторов. Время релаксации энергии затухающих колебаний. Добротность.
10. Дифференциальное уравнение для вынужденных гармонических колебаний и его решение методом векторных диаграмм.
11. Вынужденные гармонические колебания. Резонансы смещения и скорости.
12. Вынужденные колебания. Резонанс. Ширина резонансной кривой. Добротность и резонансные свойства колебательной системы.
13. Вынужденные гармонические колебания. Зависимость амплитуды и фазы установившихся вынужденных колебаний от частоты вынуждающего воздействия.
14. Мощность, затрачиваемая на поддержание вынужденных колебаний. Связь ширины «резонансной кривой» с добротностью осциллятора.
15. Условие квазистационарности переменного тока. Закон Ома для участка цепи переменного тока. Сопротивление участка цепи переменного тока.
16. Мощность, рассеиваемая в цепи переменного тока. Эффективные (действующие) значения переменного тока и напряжения.
17. Резонанс в цепи, состоящей из последовательно соединённых резистора (R), катушки индуктивности (L) и конденсатора (C) – «RLC-контуре».
18. Классическое дифференциальное волновое уравнение. Уравнения плоской и сферической бегущих гармонических волн. Учёт поглощения волны средой.
19. Уравнение бегущей гармонической волны. Энергетические характеристики упругих и электромагнитных волн: плотность потока энергии, интенсивность, векторы Умова и Пойнтинга.

20. Уравнение электромагнитной волны в однородной непроводящей среде. Связь между амплитудами и фазами колебаний векторов \vec{E} и \vec{B} в электромагнитной волне.
21. Интерференция волн от двух точечных источников. Когерентные волны. Опыт Юнга.
22. Интерференция света. Роль некогерентности источника. Время и длина когерентности.
23. Опыт Юнга. Роль некогерентности источников и их конечных размеров. Время и длина когерентности. Радиус когерентности.
24. Интерференция света в тонких плёнках. «Полосы равной толщины» и «полосы равного наклона».
25. Интерференционная «рефрактометрия» на примере схемы Юнга.
26. Дифракция волн. Принцип Гюйгенса–Френеля. Дифракция Френеля на круглом отверстии и диске. Метод зон Френеля.
27. Дифракция волн. Принцип Гюйгенса-Френеля. Амплитудная и фазовая «зонные пластинки».
28. Дифракция Фраунгофера на щели. Условия максимумов и минимумов дифракционной картины.
29. Понятие о классификации волновых явлений (дифракция Френеля, дифракция Фраунгофера, приближение геометрической оптики).
30. Роль дифракции в формировании оптических изображений. Условие разрешения близких объектов оптическими приборами.
31. Дифракционная решётка. Структура дифракционной картины. Условия главных максимумов и минимумов.
32. Характеристики дифракционной решётки как спектрального аппарата: свободная спектральная область, угловая и линейная дисперсии, разрешающая способность.
33. Разрешающая способность дифракционной решётки. Критерий Релея разрешения двух близких спектральных линий.
34. Поляризация света. Типы (виды) поляризации света. Степень поляризации света. Закон Малюса.
35. Плоско поляризованный и естественный свет. Степень поляризации света. Законы Малюса и Бугера-Ламберта-Бера.
36. Представление о закономерностях излучения диполя. Диаграмма направленности излучения диполя. Поляризация при рассеянии света.
37. Поляризация при рассеянии света. Рассеяние мутными средами и молекулярное рассеяние. Закон Рэлея. Понятие о рассеянии Ми.
38. Представление о закономерностях излучения диполя. Диаграмма направленности излучения диполя. Поляризация света при отражении от поверхности диэлектрика. Угол Брюстера.
39. Прохождение света через анизотропное одноосное вещество. Оптическая ось. Обыкновенный и необыкновенный лучи. Кристаллические пластинки « $\lambda/2$ ».
40. Получение и анализ эллиптически и циркулярно поляризованного света. Кристаллические пластинки « $\lambda/4$ ».

Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения

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

ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)

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

РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)	ФОРМА ОЦЕНИВАНИЯ
<p>Знать: источники ошибок основных физических методов, используемых при решении химических задач</p> <p>Знать: типичные физические модели, их ограничения и границы их применимости при описании явлений, связанных с колебательными и волновыми процессами в механических, электрических и оптических системах</p> <p>Знать: основные явления, связанные с колебательными и волновыми процессами в механических, электрических и оптических системах</p> <p>Знать методы теоретического описания колебательных и волновых процессов и способы использования в физических приборах</p>	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене
<p>Уметь: оценивать корректность значений физических величин, получаемых экспериментально</p> <p>Уметь: оценивать физическую корректность получаемых численных характеристик</p> <p>Уметь: использовать полученные базовые знания разделов Колебания и Волновая оптика при выборе физических методов изучения химических объектов</p> <p>Уметь: использовать полученные базовые знания разделов Колебания и Волновая оптика при интерпретации результатов физических методов исследования химических объектов</p>	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене
<p>Владеть: навыками выделения физической составляющей, связанной с колебательными и волновыми процессами, в химических задачах с последующим использованием стандартных подходов решения таких задач в физике</p>	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене