Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНСТИТУТ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В ЭЛЕКТРОНИКЕ, СПИНТРОНИКЕ И ФОТОНИКЕ

КАФЕДРА ФИЗИКИ МИКРО- И НАНОСИСТЕМ

ОДОБРЕНО
УМС ЛАПЛАЗ Протокол №01/08-577 от 28.08.2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

АТОМНАЯ И МОЛЕКУЛЯРНАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ (ЧАСТЬ 2)

Направление подготовки (специальность) [1] 03.03.01 Прикладные математика и физика

Семестр	**Трудоемкость, кред.**	**Общий объем курса, час.**	**Лекции, час.**	**Практич. занятия, час.**	**Лаборат. работы, час.**	**В форме практической подготовки, час.**	**СРС, час.**	**КСР, час.**	**Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП**
8	2	72	11	11	0		14	0	Э
Итого	2	72	11	11	0	0	14	0	

АННОТАЦИЯ

Изучение дисциплины дает основные представления о строении атомов и молекул, о современных методах спектроскопии и их применении в смежных областях, физике твердого тела, нанофотонике и т.п.

Курс состоит из следующих основных частей: основы молекулярной спектроскопии, электронно-колебательная спектроскопия многоатомных молекул.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения учебной дисциплины является получение знаний, необходимых для успешной профессиональной деятельности в области исследований, разработок и технологий, направленных на регистрацию и обработку спектральной информации, создание и применение установок и систем в области нанофотоники, физики нанообъектов и конденсированного состояния вещества

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Для успешного освоения дисциплины необходимо прослушать курс общей физики, в части квантовой оптики, физики атомного ядра, а также изучить курс квантовой механики и предшествующий курс "Атомная и молекулярная спектроскопия (часть 1)". Дисциплина необходима студентам для понимания строения сложных атомов и молекул с учетом электростатического и спин-орбитального взаимодействия, а также для последующего изучения фотоники органических и неорганических наноструктур

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	**Код и наименование индикатора достижения компетенции**

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	**Объект или область знания**	**Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)**	**Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции**
конструкторско-технологический			
Создание программ и комплексов программ на базе стандартных пакетов	комплексы программ для научно-исследовательских и	ПК-5.2 [1] - Способен проводить научные исследования в области оптического	З-ПК-5.2[1] - знать основы физической оптики, теорию интерференции,

для выполнения расчетов в рамках математических моделей, участие в разработке новых алгоритмов и компьютерных программ для научно-исследовательских и прикладных целей.	прикладных целей	приборостроения, оптических материалов и технологий *Основание:* Профессиональный стандарт: 06.022	дифракции, временной и пространственной когерентности, закономерности распространения световых пучков в вакууме, основы атомной и молекулярной спектроскопии; У-ПК-5.2[1] - уметь рассчитать оптическую схему, провести оценки параметров материалов; В-ПК-5.2[1] - владеть основами спектроскопии атомов и молекул
научно-исследовательский			
Проведение научных и аналитических исследований по отдельным разделам (этапам, заданиям) темы (проекта) в рамках предметной области по профилю специализации в соответствии с утвержденными планами и методиками исследований. участие в проведении наблюдений и измерений, выполнении эксперимента и обработке данных с использованием современных компьютерных технологий; участие в проведении теоретических исследований, построении физических, математических и	Деятельность по разработке материалов, покрытий, приборов.	ПК-14.2 [1] - Способен проводить научные исследования в области физики конденсированного состояния вещества с целью разработки полупроводниковых, сверхпроводниковых, тонкопленочных и наноструктурированных материалов, сверхпроводящих устройств и оптоэлектронных приборов; в области оптического приборостроения, оптических материалов и технологий; в области лазерной физики с целью создания новых эталонов, методик ведения измерений и средств измерений с их последующей аттестацией и вводом в реестр средств измерений для нужд нанометрологии	З-ПК-14.2[1] - знать основные современные достижения физики твердого тела и возможности современной экспериментальной техники; основы физической оптики, теорию интерференции, дифракции, основы атомной и молекулярной спектроскопии; способы и методы создания новых эталонов.; У-ПК-14.2[1] - уметь построить математическую модель явления, рассчитать схему эксперимента, провести оценки параметров материалов, выбрать необходимые материалы и

компьютерных моделей изучаемых процессов и явлений, в проведении аналитических исследований в предметной области по профилю специализации; участие в создании новых методов и технических средств исследований и новых разработок, участие во внедрении результатов исследований и разработок.		*Основание:* Профессиональный стандарт: 25.049	методики для решения конкретных задач с учетом дальнейшего применения в сфере научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области физики конденсированного состояния вещества и средств измерений.; В-ПК-14.2[1] - владеть основами спектроскопии атомов и молекул, методиками ведения измерений и средств измерений; методами получения, анализа и описания параметров и характеристик процессов в экспериментальных установках физики твердого тела и лазерной физики.

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	**Задачи воспитания (код)**
Профессиональное и трудовое воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование культуры исследовательской и инженерной деятельности (В16)
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование чувства личной ответственности за научно-технологическое развитие России, за результаты исследований и их последствия (В17)
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения (В18)

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практ. (семинары)/ Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	8 Семестр						
1	Основы молекулярной спектроскопии. КРС, теория симметрии, вращательные спектры.	1-8	6/6/0		25	КИ-8	У-ПК-5.2, В-ПК-5.2, З-ПК-14.2, У-ПК-14.2, В-ПК-14.2, З-ПК-5.2
2	Электронно-колебательная спектроскопия многоатомных молекул.	9-12	5/5/0		25	КИ-12	В-ПК-5.2, З-ПК-14.2, У-ПК-14.2, В-ПК-14.2, З-ПК-5.2, У-ПК-5.2
	Итого за 8 Семестр		11/11/0		50		
	Контрольные мероприятия за 8 Семестр				50	Э	З-ПК-5.2, У-ПК-5.2, В-ПК-5.2, З-ПК-14.2, У-ПК-14.2, В-ПК-14.2

* – сокращенное наименование формы контроля

** – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
КИ	Контроль по итогам
Э	Экзамен

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	8 Семестр	11	11	0
1-8	**Основы молекулярной спектроскопии. КРС, теория симметрии, вращательные спектры.**	6	6	0
1 - 2	**Тема 1** Основные положения квантовомеханической теории молекул. Порядок величин электронной, колебательной и вращательной энергии. Принцип Борна Оппенгеймера. Отделение колебаний от вращения. Радиационные	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0

	переходы, электронные колебательные и вращательные спектры. Интенсивности в спектрах.			
3	**Тема 2** Основы теории комбинационного рассеяния света. Колебательное и вращательное комбинационное рассеяние света. Характеристики переходов и интенсивности в случае спектров комбинационного рассеяния. Вынужденное комбинационное рассеяние света. Понятие о когерентном актистоксовом рассеянии света. И гигантском комбинационном рассеянии.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
4	**Тема 3** Основы теории симметрии. Понятие точной группы Точечные группы низшей, средней и высшей симметрии. Свойства симметрии равновесных конфигураций молекул. Понятие о представлениях групп, непреводимые представления точечных групп. Связь компонентов дипольного момента и тензора поляризуемости с симметрией молекул. Правила отбора по симметрии.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
5 - 6	**Тема 4** Вращательные спектры молекул. Вращательные уровни и вращательные переходы линейных молекул. Правила отбора, интенсивности вращательных спектров и заселенности вращательных уровней для линейных молекул. Вращательные уровни молекул типа сферического волчка. Молекулы типа симметричного и ассиметричного волчка. Момент инерции и вращательные постоянные. Вращательные уровни и вращательные переходы для молекул типа ассиметричного волчка. Правила отбора и интенсивности в спектрах.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-12	**Электронно-колебательная спектроскопия многоатомных молекул.**	5	5	0
7 - 8	**Тема 5** Колебательные спектры молекул. Гармонические и ангармонические колебания двухатомных молекул. Интенсивности в спектрах испускания, поглощения и комбинационного рассеяния, правила отбора. Колебательно-вращательные спектры двухатомных молекул. Потенциальная энергия многоатомных молекул. Естественные и нормальные координаты. Ангармонизм колебаний многоатомных молекул. Обертона и составные частоты. Симметрия колебаний многоатомных молекул, координаты симметрии. Правила отбора для радиационных колебательных переходов и комбинационного рассеяния в многоатомных молекулах. Резонанс Ферми. Методы колебательной спектроскопии для исследования наноструктур. Понятие о релаксации колебательного возбуждения молекул. Многофотонное возбуждение и диссоциация молекул.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
9 - 10	**Тема 6**	Всего аудиторных часов		

	Электронные состояния и спектры двухатомных молекул. Устойчивые и неустойчивые (разлетные) состояния, химическая связь. Характеристика состояний отдельных электронов. Связывающие и антисвязывающие молекулярные электроны и химическая связь. Электронные состояния и химическая связь в ионе молекул водорода. Электронные состояния и химическая связь в молекуле водорода. Метод молекулярных орбиталей и электронных пар. Колебательная структура спектров двухатомных молекул. Принцип Франца-Кондона и относительная интенсивность электронно-колебательных полос. Понятие о фотодиссоциации и предиссоциации молекул. Вращательная структура электронно-колебательных полос.	2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
11 - 12	**Тема 7** Электронные состояния и спектры многоатомных молекул. Электронные состояния и химическая связь многоатомных молекул. Теорема Яна-Теллера. Принцип Франка-Кондона для многоатомных молекул. Правила отбора. Диаграмма Яблонского. Внутренняя и интеркомбинационная конверсия в многоатомных молекулах. Флюоресценция и фосфоресценция. Многоступенчатое возбуждение и диссоциация многоатомных молекул. Понятие о лазерах на растворах органических красителей. Понятие об электронных спектрах наночастиц и молекулярных кластеров.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	**Полное наименование**
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Недели	**Темы занятий / Содержание**
	8 Семестр
1 - 2	**Тема 1** Основные положения квантовомеханической теории молекул. Порядок величин электронной, колебательной и вращательной энергии. Принцип Борна Оппенгеймера. Отделение колебаний от вращения. Радиационные переходы, электронные колебательные и вращательные спектры. Интенсивности в спектрах.
3	**Тема 2** Основы теории комбинационного рассеяния света. Колебательное и вращательное комбинационное рассеяние света. Характеристики переходов и интенсивности в

	случае спектров комбинационного рассеяния. Вынужденное комбинационное рассеяние света. Понятие о когерентном актистоксовом рассеянии света. И гигантском комбинационном рассеянии.
4	**Тема 3** Основы теории симметрии. Понятие точной группы Точечные группы низшей, средней и высшей симметрии. Свойства симметрии равновесных конфигураций молекул. Понятие о представлениях групп, непреводимые представления точечных групп. Связь компонентов дипольного момента и тензора поляризуемости с симметрией молекул. Правила отбора по симметрии .
5 - 6	**Тема 4** Вращательные спектры молекул. Вращательные уровни и вращательные переходы линейных молекул. Правила отбора, интенсивности вращательных спектров и заселенности вращательных уровней для линейных молекул. Вращательные уровни молекул типа сферического волчка. Молекулы типа симметричного и ассиметричного волчка. Момент инерции и вращательные постоянные. Вращательные уровни и вращательные переходы для молекул типа ассиметричного волчка. Правила отбора и интенсивности в спектрах.
7 - 8	**Тема 5** Колебательные спектры молекул. Гармонические и ангармонические колебания двухатомных молекул. Интенсивности в спектрах испускания, поглощения и комбинационного рассеяния, правила отбора. Колебательно-вращательные спектры двухатомных молекул. Потенциальная энергия многоатомных молекул. Естественные и нормальные координаты. Ангармонизм колебаний многоатомных молекул. Обертона и составные частоты. Симметрия колебаний многоатомных молекул, координаты симметрии. Правила отбора для радиационных колебательных переходов и комбинационного рассеяния в многоатомных молекулах. Резонанс Ферми. Методы колебательной спектроскопии для исследования наноструктур. Понятие о релаксации колебательного возбуждения молекул. Многофотонное возбуждение и диссоциация молекул.
9 - 10	**Тема 6** Электронные состояния и спектры двухатомных молекул. Устойчивые и неустойчивые (разлетные) состояния, химическая связь. Характеристика состояний отдельных электронов. Связывающие и антисвязывающие молекулярные электроны и химическая связь. Электронные состояния и химическая связь в ионе молекул водорода. Электронные состояния и химическая связь в молекуле водорода. Метод молекулярных орбиталей и электронных пар. Колебательная структура спектров двухатомных молекул. Принцип Франца-Кондона и относительная интенсивность электронно-колебательных полос. Понятие о фотодиссоциации и предиссоциации молекул. Вращательная структура электронно-колебательных полос
11 - 12	**Тема 7** Электронные состояния и спектры многоатомных молекул. Электронные состояния и химическая связь многоатомных молекул. Теорема Яна-Теллера. Принцип Франка-Кондона для многоатомных молекул. Правила отбора. Диаграмма Яблонского. Внутренняя и интеркомбинационная конверсия в многоатомных молекулах. Флюоресценция и фосфоресценция. Многоступенчатое возбуждение и диссоциация многоатомных молекул. Понятие о лазерах на растворах органических красителей. Понятие об электронных спектрах наночастиц и молекулярных кластеров.

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Используются современные предметно- и личностно-ориентированные образовательные технологии

7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	**Индикаторы освоения**	**Аттестационное мероприятие (КП 1)**
ПК-5.2	З-ПК-5.2	Э, КИ-8, КИ-12
	У-ПК-5.2	Э, КИ-8, КИ-12
	В-ПК-5.2	Э, КИ-8, КИ-12
ПК-14.2	З-ПК-14.2	Э, КИ-8, КИ-12
	У-ПК-14.2	Э, КИ-8, КИ-12
	В-ПК-14.2	Э, КИ-8, КИ-12

Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

<table>
<tr><th>Сумма баллов</th><th>Оценка по 4-х балльной шкале</th><th>Отметка о зачете</th><th>Оценка ECTS</th></tr>
<tr><td>90-100</td><td>5 – «отлично»</td><td rowspan="7">«зачтено»</td><td>A</td></tr>
<tr><td>85-89</td><td rowspan="3">4 – «хорошо»</td><td>B</td></tr>
<tr><td>75-84</td><td>C</td></tr>
<tr><td>70-74</td><td rowspan="2">D</td></tr>
<tr><td>65-69</td><td rowspan="2">3 – «удовлетворительно»</td></tr>
<tr><td>60-64</td><td>E</td></tr>
<tr><td>ниже 60</td><td>2 – «неудовлетворительно»</td><td>«не зачтено»</td><td>F</td></tr>
</table>

Оценка «отлично» соответствует глубокому и прочному освоению материала программы обучающимся, который последовательно, четко и логически стройно излагает свои ответы, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответах материалы монографической литературы.

Оценка «хорошо» соответствует твердым знаниям материала обучающимся, который грамотно и, по существу, излагает свои ответы, не допуская существенных неточностей.

Оценка «удовлетворительно» соответствует базовому уровню освоения материала обучающимся, при котором освоен основной материал, но не усвоены его детали, в ответах

присутствуют неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности.

Отметка «зачтено» соответствует, как минимум, базовому уровню освоения материала программы, при котором обучающийся владеет необходимыми знаниями, умениями и навыками, умеет применять теоретические положения для решения типовых практических задач.

Оценку «неудовлетворительно» / отметку «не зачтено» получает обучающийся, который не знает значительной части материала программы, допускает в ответах существенные ошибки, не выполнил все обязательные задания, предусмотренные программой. Как правило, такие обучающиеся не могут продолжить обучение без дополнительных занятий.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ С21 Carbon Nanoparticles and Nanostructures : , , Cham: Springer International Publishing, 2016

2. 539.1 Е59 Атомная и молекулярная спектроскопия : общие вопросы спектроскопиипособие для вузов, Ельяшевич М.А., Москва: Либроком, 2011

3. 539.1 Е59 Атомная и молекулярная спектроскопия. Молекулярная спектроскопия : , Ельяшевич М.А., Москва: Либроком, 2009

4. ЭИ А 92 Атомная физика Т. 2 Основы квантовой механики и строение электронной оболочки атома, , : , 2022

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 539.2 Г82 Колебания молекул : , Грибов Л.А., Москва: Либроком, 2009

2. 539.1 Л52 Нелинейные селективные фотопроцессы в атомах и молекулах : , Летохов В.С., М.: Наука, 1983

3. 539.1 Ф69 Строение и динамика молекул Т. 2 , Флайгер У., М.: Мир, 1982

4. 539.1 Ф69 Строение и динамика молекул Т.1 , Флайгер У., М.: Мир, 1982

5. 531.2 Г41 Электронные спектры и строение многоатомных молекул : , Герцберг Г., Москва: Мир, 1969

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

https://online.mephi.ru/

http://library.mephi.ru/

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Демонстрационный проектор

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

При изучении студент должен твердо усвоить основные представления о строении атомов и молекул, о современных методах спектроскопии и их применении в смежных областях, физике твердого тела, нанофотонике и т.п.

Студент должен уметь свободно определять сериальные закономерности для «легкого атома» исходя из понятия терма и правил отбора. Должен уметь вычислять отношения интенсивностей в спектрах для типичных случаев. В качестве самостоятельной работы – решать задачи, предложенные преподавателем.

Студент должен твердо усвоить понятие насыщения перехода и уметь делать оценки для лазерной интенсивности насыщения перехода. В качестве самостоятельной работы – решать задачи, предложенные преподавателем.

Студен должен уметь правильно выбрать систему координат для эффективного разделения энергии колебания и вращения. Он должен научиться использовать принцип адиабатического приближения для приближенного анализа молекулярных спектров. В качестве самостоятельной работы – решать задачи, предложенные преподавателем.

Студент должен уметь использовать теорию возмущений для вывода выражения интенсивности электронных, колебательных и вращательных спектров. Студент должен освоить комбинационное рассеяние и вынужденное комбинационное рассеяние для применения этих знаний при изучении последующих курсов. В качестве самостоятельной работы – решать задачи, предложенные преподавателем.

Студент должен освоить физические закономерности формирования молекулярных вращательных спектров, и уметь продемонстрировать принципы теории симметрии в систематике вращательных спектров для молекул различных типов. В качестве самостоятельной работы – решать задачи, предложенные преподавателем.

Студен должен усвоить принцип независимых колебательных мод молекул и знать границы его применения. Он должен уметь проводить расчет поправок к энергетическим уровням с помощью теории возмущений. В качестве самостоятельной работы – решать задачи, предложенные преподавателем.

Студент должен освоить понятие электронного терма и уметь написать терм для двухатомных молекул. Важно также понимать взаимосвязь электронных термов с симметрией электронных состояний.При изучении электронно-колебательных переходов необходимо освоить принцип Франка-Кондона и уметь показать как он следует из общей теории радиационных переходов. В качестве самостоятельной работы – изучить основы теории химической связи

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Студенты выносят из курса общей физики несколько искаженное представление о терме. Следует подробно объяснить зависимость электростатического расщепления от суммарного спина и суммарного орбитального момента. Первое можно сделать на примере двухэлектронного атома (атома гелия). Важно дать понятия о коэффициентах Эйнштейна и об их взаимосвязи, а также дать квантово-механический вывод вероятности радиационного перехода и объяснить студентам, что такое матричный элемент оператора дипольного момента и его связь с вероятностью радиационного перехода. Чтобы избежать формального усвоения правил отбора, необходимо объяснить их физическую природу, обусловленную элементарным процессом взаимодействия фотона с атомом. Можно дать понятие о насыщении перехода. Для объяснения типичных спектров атомов различных периодов периодической таблицы, следует активно использовать: понятие спектрального терма, правила отбора, оболочечную модель, теорию тонкого расщепления и т.п. Удобно продемонстрировать некоторые основные принципы спектроскопии многоэлектронного атома на примере работы некоторых атомных и ионных лазеров - таких как лазер на парах меди и золота, иодный лазер, гелий-неоновый лазер. При рассмотрении многоступенчатого возбуждения атомов необходимо использовать понятие насыщения перехода. При этом студенты должны уметь самостоятельно сделать оценки для интенсивности лазерного излучения, требуемой для эффективной многоступенчатой ионизации. В этом разделе необходимо дать понятие о технологии лазерного разделения изотопов, а также аналитических методах детектирования атомарных примесей в конденсированных средах.

Автор(ы):

Чистяков Александр Александрович, д.ф.-м.н., с.н.с.