

ИНСТИТУТ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В ЭЛЕКТРОНИКЕ, СПИНТРОНИКЕ И ФОТОНИКЕ

КАФЕДРА ФИЗИКИ МИКРО- И НАНОСИСТЕМ

ОДОБРЕНО НТС ИНТЭЛ

Протокол № 2

от 26.04.2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ФОТОФИЗИКА АТОМОВ И МОЛЕКУЛ

Направление подготовки
(специальность)

[1] 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/В СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экс./зач./КР/КП
7	3	108	32	16	0	33	0	Э
8	2	72	8	24	0	13	0	Э
Итого	5	180	40	40	0	46	0	

АННОТАЦИЯ

Учебный курс дать основные представления о строении атомов и молекул, о современных методах спектроскопии и их применении в смежных областях, физике твердого тела, нанофотонике и т.п.

Учебная дисциплина состоит из следующих основных частей: теория строения атома водорода, строение многоэлектронного атома, основы теории радиационных переходов, основы общей систематики сложных спектров и характерные спектры многоэлектронных атомов, спектроскопия многоступенчатого возбуждения атомов.

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

Профессиональный модуль, дисциплина по выбору

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
научно-исследовательский			
математическое моделирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения на базе стандартных пакетов	электронные приборы, устройства, установки, методы их исследования, математические модели	ПК-2.1 [1] - Способен применять методы и концепции экспериментальной физики конденсированного состояния вещества, лазерной физики,	З-ПК-2.1[1] - Знать: законы и экспериментальные методы экспериментальной физики конденсированного состояния вещества,

<p>автоматизированного проектирования; участие в планировании и проведении экспериментов по заданной методике, обработка результатов с применением современных информационных технологий и технических средств; анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования; организация защиты объектов интеллектуальной собственности и результатов исследований и разработок как коммерческой тайны предприятий</p>		<p>фотоники, физики микро- и наносистем для решения функциональных, технических и технологических проблем при создании и эксплуатации элементов и устройств, функционирующих на принципах опто- и наноэлектроники</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>лазерной физики, физики микро- и наносистем, принципы функционирования элементов и устройств фотоники, опто- и наноэлектроники; У-ПК-2.1[1] - Уметь: анализировать научно-техническую проблему, поставленную задачу в области физики конденсированного состояния вещества, физики наноструктур, фотоники и предлагать возможные пути ее решения; В-ПК-2.1[1] - Владеть: навыками экспериментальной работы на специализированном научном оборудовании и устройствах в области фотоники, физики наноструктур, лазерной физики, опто- и наноэлектроники, моделирования и численных расчетов применительно к поставленной задаче</p>
<p>анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования; математическое моделирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования; участие в планировании и</p>	<p>электронные приборы, устройства, установки, методы их исследования, математические модели</p>	<p>ПК-3 [1] - Способен анализировать и систематизировать результаты исследований, определять степень достоверности результатов экспериментальных исследований, сопоставлять полученные результаты с мировым уровнем, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций, баз</p>	<p>З-ПК-3[1] - Знание законов статистической физики; У-ПК-3[1] - Умение находить научную информацию в базах данных, выполнять её анализ и систематизацию, представлять результаты своих исследований в виде докладов, отчётов и публикаций.; В-ПК-3[1] - Владение методами обработки результатов измерений</p>

<p>проведении экспериментов по заданной методике, обработка результатов с применением современных информационных технологий и технических средств; подготовка и составление обзоров, рефератов, отчетов, научных публикаций и докладов на научных конференциях и семинарах; организация защиты объектов интеллектуальной собственности и результатов исследований и разработок как коммерческой тайны предприятий</p>		<p>данных</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 01.001</p>	
---	--	--	--

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное и трудовое воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование культуры исследовательской и инженерной деятельности (В16)	Использование воспитательного потенциала дисциплин "Основы конструирования и САПР", "Курсовой проект: основы конструирования и САПР", "Инженерная и компьютерная графика", "Детали машин и основы конструирования" для формирования навыков владения эвристическими методами поиска и выбора технических решений в условиях неопределенности через специальные задания (методики ТРИЗ, морфологический анализ, мозговой штурм и др.), культуры инженера-разработчика через организацию проектной, в том числе самостоятельной работы обучающихся с использованием программных пакетов.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование чувства	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для

	<p>личной ответственности за научно-технологическое развитие России, за результаты исследований и их последствия (B17)</p>	<p>формирования чувства личной ответственности за достижение лидерства России в ведущих научно-технических секторах и фундаментальных исследованиях, обеспечивающих ее экономическое развитие и внешнюю безопасность, посредством контекстного обучения, обсуждения социальной и практической значимости результатов научных исследований и технологических разработок.</p> <p>2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования социальной ответственности ученого за результаты исследований и их последствия, развития исследовательских качеств посредством выполнения учебно-исследовательских заданий, ориентированных на изучение и проверку научных фактов, критический анализ публикаций в профессиональной области, вовлечения в реальные междисциплинарные научно-исследовательские проекты.</p>
<p>Профессиональное воспитание</p>	<p>Создание условий, обеспечивающих, формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения (B18)</p>	<p>Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования у студентов ответственности за свое профессиональное развитие посредством выбора студентами индивидуальных образовательных траекторий, организации системы общения между всеми участниками образовательного процесса, в том числе с использованием новых информационных технологий.</p>

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практи. (семинары)/ Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>7 Семестр</i>						
1	Основы молекулярной спектроскопии. КРС, теория симметрии, вращательные спектры.	1-6	16/8/0		25	КИ-8	3-ПК-3
2	Электронно-колебательная спектроскопия многоатомных молекул.	7-12	16/8/0		25	КИ-12	У-ПК-3, В-ПК-3
	<i>Итого за 7 Семестр</i>		32/16/0		50		
	Контрольные мероприятия за 7 Семестр				50	Э	3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3
	<i>8 Семестр</i>						
1	Первый раздел	1-8	4/12/0		25	КИ-8	3-ПК-3
2	Второй раздел	9-15	4/12/0		25	КИ-15	В-ПК-2.1, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-2.1, У-ПК-2.1
	<i>Итого за 8 Семестр</i>		8/24/0		50		
	Контрольные мероприятия за 8 Семестр				50	Э	3-ПК-2.1, У-ПК-2.1, В-ПК-2.1, 3-ПК-3,

							У- ПК-3, В- ПК-3
--	--	--	--	--	--	--	---------------------------

* – 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

Неделя	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>7 Семестр</i>	32	16	0
1-6	Основы молекулярной спектроскопии. КРС, теория симметрии, вращательные спектры.	16	8	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 переходы, электронные колебательные и вращательные спектры. Интенсивности в спектрах.	Всего аудиторных часов		
		4	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
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		
		4	2	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, неприводимые представления точечных групп. Связь компонентов дипольного момента и тензора поляризуемости с симметрией молекул. Правила отбора по симметрии.	Всего аудиторных часов		
		4	2	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	Всего аудиторных часов		
		4	2	0
		Онлайн		
		0	0	0

	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.			
7-12	Электронно-колебательная спектроскопия многоатомных молекул.	16	8	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. Обертон 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		
		6	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
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 преддиссоциации молекул. Вращательная структура электронно-колебательных полос.	Всего аудиторных часов		
		5	3	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	Всего аудиторных часов		
		5	3	0
		Онлайн		
		0	0	0

	электронных спектрах наночастиц и молекулярных кластеров.			
	<i>8 Семестр</i>	8	24	0
1-8	Первый раздел	4	12	0
1 - 2	Тема 1 Роль спектроскопии в современной физике твердого тела, физике наноструктур и нанофотонике.	Всего аудиторных часов		
		1	3	0
		Онлайн		
0	0	0		
3 - 4	Тема 2 Основы теории радиационных переходов. Спонтанные и индуцированные переходы. Вероятности переходов, сечения поглощения и вынужденного испускания. Правила отбора. Экспериментальные методы изучения атомарных спектров.	Всего аудиторных часов		
		1	3	0
		Онлайн		
0	0	0		
5 - 6	Тема 3 Атом водорода. Уравнение Шредингера для атома водорода. Распределение электронной плотности для состояний атома водорода. Тонкая структура спектров атома водорода. Спин-орбитальное взаимодействие. Сверхтонкое расщепление. Лэмбовский сдвиг.	Всего аудиторных часов		
		1	3	0
		Онлайн		
0	0	0		
7 - 8	Тема 4 Искусственные атомы, квантовые точки. Энергетические уровни типичных квантовых точек. Спектры поглощения и люминесценции. Систематика спектров полупроводниковых квантовых точек.	Всего аудиторных часов		
		1	3	0
		Онлайн		
0	0	0		
9-15	Второй раздел	4	12	0
9 - 10	Тема 5 Спектры многоэлектронных атомов. Приближение центрального поля. Систематика состояний электронов в центральном поле. Оболочечная модель атома и границы ее применимости. Электростатическое расщепление. Понятие спектрального термина. Тонкая структура термина. Приближение LS- и jj –связи.	Всего аудиторных часов		
		1	3	0
		Онлайн		
0	0	0		
11 - 12	Тема 6 Спектры атомов с оболочкой ns и ns ² . Спектры щелочных и щелочноземельных элементов. Атом гелия. Сериальные закономерности. Тонкая структура. Интенсивности спектральных линий. Спектры атомов меди, серебра, золота и ртути. Лазер на парах меди и золота.	Всего аудиторных часов		
		1	3	0
		Онлайн		
0	0	0		
13 - 14	Тема 7 Спектры атомов с заполняющимися и заполненными p-, d- и f-оболочками. Термы основных и возбужденных электронных конфигураций. Тонкая структура термов, интенсивности спектральных линий.	Всего аудиторных часов		
		1	3	0
		Онлайн		
0	0	0		
15 - 16	Тема 8 Возбужденные атомы. Метастабильные атомы в газовых лазерах. Многоступенчатое селективное фотовозбуждение и фотоионизация атомов. Применение многоступенчатой селективной фотоионизация для разделения изотопов и в элементном анализе.	Всего аудиторных часов		
		1	3	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
	<i>7 Семестр</i>
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, неприводимые 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

	<p>Колебательные спектры молекул. Гармонические и ангармонические колебания двухатомных молекул. Интенсивности в спектрах испускания, поглощения и комбинационного рассеяния, правила отбора. Колебательно-вращательные спектры двухатомных молекул.</p> <p>Потенциальная энергия многоатомных молекул. Естественные и нормальные координаты. Ангармонизм колебаний многоатомных молекул. Обертон 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.</p>
9 - 10	<p>Тема 6</p> <p>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.</p> <p>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 преддиссоциации молекул. Вращательная структура электронно-колебательных полос</p>
11 - 12	<p>Тема 7</p> <p>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.</p>
	<i>8 Семестр</i>
1 - 2	<p>Тема 1</p> <p>Роль спектроскопии в современной физике твердого тела, физике наноструктур и нанофотонике.</p>
3 - 4	<p>Тема 2</p> <p>Основы теории радиационных переходов. Спонтанные и индуцированные переходы. Вероятности переходов, сечения поглощения и вынужденного испускания.</p>

	Правила отбора. Экспериментальные методы изучения атомарных спектров
5 - 6	Тема 3 Атом водорода. Уравнение Шредингера для атома водорода. Распределение электронной плотности для состояний атома водорода. Тонкая структура спектров атома водорода. Спин-орбитальное взаимодействие. Сверхтонкое расщепление. Лэмбовский сдвиг.
7 - 8	Тема 4 Искусственные атомы, квантовые точки. Энергетические уровни типичных квантовых точек. Спектры поглощения и люминесценции. Систематика спектров полупроводниковых квантовых точек.
9 - 10	Тема 5 Спектры многоэлектронных атомов. Приближение центрального поля. Систематика состояний электронов в центральном поле. Оболочечная модель атома и границы ее применимости. Электростатическое расщепление. Понятие спектрального термина. Тонкая структура термина. Приближение LS- и jj –связи.
11 - 12	Тема 6 Спектры атомов с оболочкой ns и ns ² . Спектры щелочных и щелочноземельных элементов. Атом гелия. Сериальные закономерности. Тонкая структура. Интенсивности спектральных линий. Спектры атомов меди, серебра, золота и ртути. Лазер на парах меди и золота.
13 - 14	Тема 7 Спектры атомов с заполняющимися и заполненными p-, d- и f-оболочками. Термы основных и возбужденных электронных конфигураций. Тонкая структура термов, интенсивности спектральных линий.
15 - 16	Тема 8 Возбужденные атомы. Метастабильные атомы в газовых лазерах. Многоступенчатое селективное фотовозбуждение и фотоионизация атомов. Применение многоступенчатой селективной фотоионизации для разделения изотопов и в элементном анализе.

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)	Аттестационное мероприятие (КП 2)
ПК-2.1	З-ПК-2.1		Э, КИ-15
	У-ПК-2.1		Э, КИ-15
	В-ПК-2.1		Э, КИ-15
ПК-3	З-ПК-3	Э, КИ-8	Э, КИ-8
	У-ПК-3	Э, КИ-12	Э, КИ-15
	В-ПК-3	Э, КИ-12	Э, КИ-15

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:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – <i>«отлично»</i>	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – <i>«хорошо»</i>	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		C	
70-74		D	
65-69	3 – <i>«удовлетворительно»</i>	E	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64			
Ниже 60	2 – <i>«неудовлетворительно»</i>	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. И Т35 Astronomical spectroscopy : an Introduction to the atomic and molecular physics of astronomical spectra , New Jersey [and oth.]: World scientific, 2011
2. ЭИ С21 Carbon Nanoparticles and Nanostructures : , Cham: Springer International Publishing, 2016
3. ЭИ Ш77 Атомная и молекулярная спектроскопия : , [Москва]: [МИФИ], 2008
4. 539.1 Е59 Атомная и молекулярная спектроскопия : общие вопросы спектроскопии и пособие для вузов, М. А. Ельяшевич, Москва: Либроком, 2011
5. 539.1 Е59 Атомная и молекулярная спектроскопия. Атомная спектроскопия : , М. А. Ельяшевич, Москва: Либроком, 2009
6. 539.1 Е59 Атомная и молекулярная спектроскопия. Молекулярная спектроскопия : , М. А. Ельяшевич, Москва: Либроком, 2009

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

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

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 курса 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 твердо усвоить физические механизмы тонкого расщепления, а также квантово-механические принципы его расчета. Он должен уметь связать эти знания с представлениями об атоме водорода, полученными из курса общей физики и квантовой механики. В качестве самостоятельной работы студент должен повторить раздел «Атом водорода» из курса общей физики и квантовой механики, а также квантово-механическую теорию возмущений из курса теоретической физики.

Студент должен понять физические принципы электростатического расщепления и уметь провести его расчет для двухэлектронного атома с помощью квантово-механической теории возмущений. В качестве самостоятельной работы должен решать задачи по определению атомарного терма, исходя из оболочечной модели, а также задачи на определение величины электростатического расщепления.

Студент должен твердо усвоить элементарные атомарные фотопроцессы и взаимосвязь между ними. Понять общие принципы формирования правил отбора исходя из законов сохранения и симметрии атомных систем. В качестве самостоятельной работы – повторить нестационарную квантово-механическую теорию возмущений, повторить теорию излучения Планка.

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.

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

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

При изложении атома водорода необходимо учитывать, что основные понятия студенту известны из курсов общей и теоретической физики. Поэтому следует обратить внимание на рассмотрение вопросов спин-орбитального взаимодействия, а также зависимости энергии атома от массы электрона. Важно продемонстрировать применение квантово-механической теории возмущений для расчета соответствующих поправок к энергии атома. При рассмотрении сдвига Лэмба обычно не хватает времени для изложения как теории, так и эксперимента. Преподаватель должен выбрать: можно продемонстрировать квантово-механический расчет сдвига, а можно сосредоточиться на эксперименте. В первом случае необходимо объяснить, хотя бы качественно, общие принципы квантования электромагнитного поля. 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. Ключевой вопрос этого раздела – правила отбора. 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.