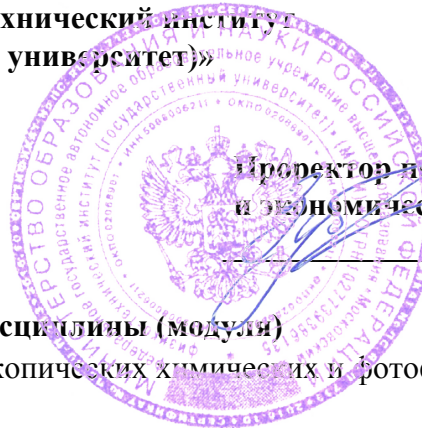


**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(государственный университет)»**



«УТВЕРЖДАЮ»

**Проректор по учебной работе
и экономическому развитию**

_____ **Д.А. Зубцов**

Рабочая программа дисциплины (модуля)

по дисциплине: Основы теории микроскопических химических и фотофизических процессов

по направлению: Прикладные математика и физика (бакалавриат)

профиль подготовки: Химическая физика и свойства наноструктур
Факультет молекулярной и химической физики
кафедра химической физики

курс: 4

квалификация: бакалавр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

7(Осенний) - Дифференцированный зачет

8(Весенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 90 всего, в том числе:

лекции: 60 час.

практические и семинарские занятия: 30 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 96 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 216, всего зач. ед.: 6

Программу составил: С.Я. Уманский, д-р физ.-мат. наук, профессор

Программа обсуждена на заседании кафедры

10 июля 2015 г.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой

А.А. Берлин

Начальник учебного управления

И.Р. Гарайшина

Декан факультета

В.М. Некипелов

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

Целью курса является изучение основных физических представлений о природе химической связи и структуре молекул, свойств электромагнитного излучения и его взаимодействия с молекулами.

Задачи дисциплины

- освоение студентами базовых знаний в области теории химической связи и строения молекул;
- приобретение теоретических знаний о структуре электромагнитного излучения и его взаимодействия с молекулами;
- оказание консультаций и помощи студентам в проведении собственных теоретических и экспериментальных исследований в области химической кинетики и фемтохимии.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Данная дисциплина относится к вариативной части образовательной программы.

Дисциплина «Основы теории микроскопических химических и фотофизических процессов» базируется на дисциплинах:

- Общая и неорганическая химия;
- Дифференциальные уравнения;
- Общая физика: лабораторный практикум;
- Общая физика: термодинамика и молекулярная физика;
- Общая физика: оптика;
- Кратные интегралы и теория поля;
- Общая физика: механика;
- Общая физика: электричество и магнетизм;
- Общая физика: квантовая физика.

Дисциплина «Основы теории микроскопических химических и фотофизических процессов» предшествует изучению дисциплин:

- Научно-исследовательская работа.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций:

- способность использовать основы философских знаний для формирования мировоззренческой позиции (ОК-1);
- способность анализировать основные этапы и закономерности исторического развития общества для формирования гражданской позиции (ОК-2);
- способность использовать основы экономических знаний в различных сферах жизнедеятельности (ОК-3);
- способность применять теорию и методы математики для построения качественных и количественных моделей объектов и процессов в естественнонаучной сфере деятельности (ОПК-2);
- способность понимать ключевые аспекты и концепции в области их специализации (ОПК-3);

способность применять полученные знания для анализа систем, процессов и методов (ОПК-4).

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные представления теории строения молекул;
- основные представления теории взаимодействия излучения с молекулами;
- порядки численных величин, характерные для молекулярной физики.

уметь:

- абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных молекулярных процессов;
- делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
- производить численные оценки по порядку величины;
- делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах;
- эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов.

владеть:

- навыками освоения большого объема информации;
- культурой постановки и моделирования физических задач;
- навыками теоретического анализа реальных задач, связанных со свойствами молекул, электромагнитного излучения и взаимодействия между ними.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу				
		Лекции	Практические и семинарские занятия	Лаборат. работы	Задания, курсовые работы	Самост. работа
1	Потенциальные кривые двухатомной молекулы, ее свойства симметрии и электронные квантовые числа вблизи равновесного межъядерного расстояния	5				2
2	Представления об электронной структуре атома	4				
3	Приближенные подходы к решению электронного уравнения Шредингера для молекулярных систем	3				
4	Применение теории групп к анализу уравнения Шредингера для молекулярных систем	2				

5	Происхождение химической связи в двухатомной молекуле в модели независимых электронов на примере иона H_2^+	3				10
6	Уравнение Шредингера для системы электронов и ядер как основа микроскопической теории строения молекул и химических превращений	2				10
7	Химическая связь в двухатомных молекулах в рамках модели независимых электронов	4				10
8	Химическая связь в многоатомных молекулах с локализованными связями в рамках модели независимых электронов	7				10
9	Взаимодействие квантованного электромагнитного поля излучения с молекулярной системой	3				
10	Внутримолекулярные процессы обмена энергией	3	4			10
11	Колебательно-вращательные состояния стабильных двухатомных молекул	2	4			10
12	Колебательно-вращательные состояния стабильных многоатомных молекул	2	4			10
13	Правила отбора и интенсивность спектральных линий излучения двухатомных молекул	4	3			10
14	Правила отбора и интенсивность спектральных линий излучения атомов	5	3			10
15	Теория возмущений, зависящих от времени	4	4			4
16	Химическая связь в многоатомных молекулах с сопряженными связями в рамках модели независимых электронов.	4	4			
17	Электромагнитное поле в квантовой теории	3	4			
Итого часов		60	30			96
Подготовка к экзамену		30 час.				
Общая трудоёмкость		216 час., 6 зач.ед.				

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 7 (Осенний)

1. Потенциальные кривые двухатомной молекулы, ее свойства симметрии и электронные квантовые числа вблизи равновесного межъядерного расстояния

Притягивающие и отталкивательные потенциальные кривые, квазипересечение потенциальных кривых. Свойства симметрии двухатомной молекулы и со-ответствующие электронные квантовые числа. Модель аксиально-симметричного поля. Одноэлектронные уровни энергии и волновые функции (молекулярные орбитали). Электронные конфигурации двухатомных молекул. Учет электронной корреляции и спин-орбитального взаимодействия. Свойства симметрии молекулярных орбиталей и корреляционные диаграммы. Связывающие и разрыхляющие орбитали. Молекулярные орбитали как линейные комбинации атомных орбиталей.

2. Представления об электронной структуре атома

Приближение центрального поля. Одноэлектронные атомные уровни энергии и волновые функции (атомные орбитали). Многоэлектронные атомные состояния в приближении центрального поля (конфигурации), роль принципа Паули и спина электрона. Учет электростатической корреляции электронов. Спин-орбитальное взаимодействие и уровни тонкой структуры

3. Приближенные подходы к решению электронного уравнения Шредингера для молекулярных систем

Стационарная теория возмущений Рэлея-Шредингера для невырожденных и вырожденных состояний дискретного спектра. Использование вариационного принципа для решения электронного уравнения Шредингера и модели с конечным числом электронных состояний. Модель двух квантовых состояний и эффект квазипересечения уровней энергии в случае зависимости гамильтониана модели от параметра. Адиабатические и неадиабатические состояния.

4. Применение теории групп к анализу уравнения Шредингера для молекулярных систем

Точные и приближенные свойства симметрии электронного уравнения Шредингера. Основные понятия теории представления групп. Неприводимые представления группы симметрии гамильтониана и его собственные состояния. Теоретико-групповая формулировка правил отбора для матричных элементов

5. Происхождение химической связи в двухатомной молекуле в модели независимых электронов на примере иона H_2^+

Теорема Гельмана-Фейнмана для иона H_2^+ . Два нижних электронных состояний H_2^+ в приближении линейной комбинации атомных орбиталей (ЛКАО). Кулоновский и резонансный интегралы и интеграл перекрытия. Связывающая и разрыхляющая молекулярные орбитали и природа различия между ними.

6. Уравнение Шредингера для системы электронов и ядер как основа микроскопической теории строения молекул и химических превращений

Уравнение Шредингера для молекулы. Нерелятивистский и релятивистский вклады. Относительный порядок величины различных вкладов. Приближение Борна-Оппенгеймера для молекулы. Адиабатические электронные потенциальные поверхности и неадиабатическая связь.

7. Химическая связь в двухатомных молекулах в рамках модели независимых электронов

Молекулярные орбитали для гомоядерной двухатомной молекулы. Связывающие и разрыхляющие орбитали и определение характера орбиталей с помощью метода линейной комбинации атомных орбиталей и диаграмм распределения электронной плотности атомных орбиталей. Относительное расположение одноэлектронных уровней в гомоядерной двухатомной молекуле. Корреляционные диаграммы для одноэлектронных уровней энергии. Связь между набором чисел заполнения одноэлектронных молекулярных уровней энергии в основном электронном состоянии и числом химических связей

8. Химическая связь в многоатомных молекулах с локализованными связями в рамках модели независимых электронов

Модель независимых электронов для многоатомных молекул. Делокализованные молекулярные орбитали и локализованные орбитали связей. Гибридизация и ее связь с геометрической структурой молекул. σ - и π -связи. Ограниченность представления о локализованных связях

Семестр: 8 (Весенний)

9. Взаимодействие квантованного электромагнитного поля излучения с молекулярной системой

Вероятность спонтанного излучения фотона возбужденной молекулярной системой. Электро-дипольное приближение. Поглощение и индуцированное излучение. Коэффициенты Эйнштейна. Уширение линии излучения. Сечение поглощения излучения молекулярной системой

10. Внутримолекулярные процессы обмена энергией

Преддиссоциация двухатомных молекул, формула Ландау-Зинера для вероятности неадиабатического перехода. Представление о безызлучательных электронно-колебательных переходах в многоатомных молекулах

11. Колебательно-вращательные состояния стабильных двухатомных молекул

Электронно-колебательно-вращательные состояния двухатомной молекулы, их квантовые числа и свойства симметрии. Влияние спина ядер в случае гомоядерных молекул. Колебания двухатомной молекулы – гармонический потенциал и потенциал Морзе. Роль эффектов ангармоничности

12. Колебательно-вращательные состояния стабильных многоатомных молекул

Условия Экарта разделения колебательного и вращательного движений многоатомной молекулы. Модель жесткий волчок-совокупность гармонических осцилляторов. Нормальные колебания и их связь со свойствами симметрии молекул. Ангармонизм колебаний в многоатомных молекулах, его качественное отличие от ангармонизма в двухатомных молекулах. Резонанс Ферми.

13. Правила отбора и интенсивность спектральных линий излучения двухатомных молекул

Структура спектров излучения двухатомных молекул. Правила отбора по электронным и вращательным квантовым числам. Принцип Франка-Кондона для электронно-колебательных переходов. Относительный порядок величины вероятностей перехода для вращательных, колебательно-вращательных и электронно-колебательно-вращательных переходов. Запрещенные переходы

14. Правила отбора и интенсивность спектральных линий излучения атомов

Понятие о неприводимых тензорных операторах. Правила отбора для электро-дипольных переходов в атомах и порядок величины вероятностей излучения фотона в единицу времени для разрешенных переходов

15. Теория возмущений, зависящих от времени

Представление взаимодействия Дирака. Вероятность перехода в единицу времени, золотое правило Ферми.

16. Химическая связь в многоатомных молекулах с сопряженными связями в рамках модели независимых электронов.

Отклонение от аддитивности энергий связей в ароматических углеводородах. Делокализованные молекулярные π -орбитали в ароматических соединениях. Энергетический стабилизирующий эффект делокализации π -электронов

17. Электромагнитное поле в квантовой теории

Монохроматические электромагнитные волны, их характеристики. Квантование электромагнитного поля. Фотоны и классические электромагнитные волны. Когерентные состояния электромагнитного поля. Оператор взаимодействия электромагнитного поля с молекулярной системой

5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Учебная аудитория, компьютер и мультимедийное оборудование (проектор, звуковая система)

6. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Основная литература

1. Майер И. Избранные главы квантовой химии М.: БИНОМ, 2006, 384с. Гл. 1, 2.

Дополнительная литература

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика. М. : Наука, 1989, 767 с. Гл. III, VI, VIII-XI.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Механика. М. : Наука, 1973, 207 с. Гл. V.
3. Маррел Дж., Кеттл С., Теддер Дж. Теория валентности. М.: Мир, 1968, 435 с.
(http://lib.prometeu.org/?sub_id=95&page=2) Гл. 1-9
4. Герцберг Г. Спектры и строение простых свободных радикалов. М.: Мир, 1974, 208 с.
(<http://nehudlit.ru/1/1124/>) Гл. 1, 2.
5. Драго Р. Физические методы в химии. Т.1. М.: Мир, 1974, 422 с. (<http://nehudlit.ru/1/1249/>) Гл. 1-3.
6. Фларри Р. Квантовая химия. М.: Мир, 1985, 472 с.
(http://lib.prometeu.org/?sub_id=95&page=4) Гл. 1-7, 9-13, 16.
7. Харгитаи И., Харгитаи М. Симметрия глазами химика. М.: Мир, 1989, 495 с.
(http://lib.prometeu.org/?sub_id=95&page=4) Гл. 1-6.
8. Хейне В. Теория групп в квантовой механике. М.: Издат. ин. лит., 1963, 522 с.
(<http://nehudlit.ru/1/2308/>) Гл. I, II, V.
9. Берестецкий В.Б., Лифшиц Е.М., Питаевский Л.П. Квантовая электродинамика. М. : Наука, 1989, 723 с. Гл. 1, 5.
10. Блохинцев Д. И. Основы квантовой механики. М. : Наука, 1976, 664 с. Гл. XIV, XV.
11. Мессиа А. Квантовая механика т. 2. М. : Наука, 1979, 583 с.
(<http://physmag.h1.ru/library.html>) Гл. XXI.
12. Драго Р. Физические методы в химии. Т.1. М.: Мир, 1974, 422 с. (<http://nehudlit.ru/1/1249/>) Гл. 4.
13. Степанов Н.Ф. Квантовая механика и квантовая химия М.: Мир, Изд-во МГУ, 2001, 519 с.
(http://lib.prometeu.org/?sub_id=95&page=4) Гл. 1-5.
14. В.И.Минкин, Б.Я.Симкин, Р.М.Миняев Теория строения молекул. Ростов-на-Дону: Фе-никс, 1997, 558 с. (<http://www.chemport.ru/?cid=33&p=1>) Гл. 1-6.

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Студент, изучающий дисциплину, должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике.

В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения дисциплины, уметь применять полученные знания для решения различных задач.

Успешное освоение курса требует:

- посещения всех занятий, предусмотренных учебным планом по дисциплине;
- ведения конспекта занятий;
- напряжённой самостоятельной работы студента.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала, подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения;
- решение задач, предлагаемых студентам на занятиях;
- подготовку к выполнению заданий текущей и промежуточной аттестации.

Показателем владения материалом служит умение без конспекта отвечать на вопросы по темам дисциплины.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями преподавателю.

Возможен промежуточный контроль знаний студентов в виде решения задач в соответствии с тематикой занятий.

8. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации по итогам обучения

Приложение

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

по направлению: Прикладные математика и физика (бакалавриат)
профиль подготовки: Химическая физика и свойства наноструктур
Факультет молекулярной и химической физики
кафедра химической физики
курс: 4
квалификация: бакалавр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

7(Осенний) - Дифференцированный зачет
8(Весенний) - Экзамен

Разработчик: С.Я. Уманский, д-р физ.-мат. наук, профессор

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Освоение дисциплины направлено на формирование у обучающегося следующих общекультурных (ОК), общепрофессиональных (ОПК) и профессиональных (ПК) компетенций:

способность использовать основы философских знаний для формирования мировоззренческой позиции (ОК-1);

способность анализировать основные этапы и закономерности исторического развития общества для формирования гражданской позиции (ОК-2);

способность использовать основы экономических знаний в различных сферах жизнедеятельности (ОК-3);

способность применять теорию и методы математики для построения качественных и количественных моделей объектов и процессов в естественнонаучной сфере деятельности (ОПК-2);

способность понимать ключевые аспекты и концепции в области их специализации (ОПК-3);

способность применять полученные знания для анализа систем, процессов и методов (ОПК-4).

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Основы теории микроскопических химических и фотофизических процессов» обучающийся должен:

знать:

- основные представления теории строения молекул;
- основные представления теории взаимодействия излучения с молекулами;
- порядки численных величин, характерные для молекулярной физики.

уметь:

- абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных молекулярных процессов;
- делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
- производить численные оценки по порядку величины;
- делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах;
- эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов.

владеть:

- навыками освоения большого объема информации;
- культурой постановки и моделирования физических задач;
- навыками теоретического анализа реальных задач, связанных со свойствами молекул, электромагнитного излучения и взаимодействия между ними.

3. Перечень типовых контрольных заданий, используемых для оценки знаний, умений, навыков

Перечень контрольных вопросов для сдачи дифференцированного зачета в 7-ом семестре.

- 1) Уравнение Шредингера для молекулы. Нерелятивистский и релятивистский вклады
- 2) Приближение Борна-Оппенгеймера для молекулы. Адиабатические электронные потенци-альный поверхности и неадиабатическая связь.
- 3) Теория возмущений Рэлея-Шредингера для невырожденных квантовых состояний. Поправки первого и второго порядка к уровням энергии. Условия применимости.

- 4) Теория возмущений Рэлея-Шредингера для вырожденных квантовых состояний и переход к модели конечного числа состояний.
 - 5) Модель двух квантовых состояний и эффект квазипересечения уровней энергии в случае зависимости гамильтониана модели от параметра. Адиабатические и неадиабатические состояния.
 - 6) Модель независимых электронов для атома. Квантовые числа и порядок одноэлектронных уровней энергии. Характер распределения электронной плотности для атомных s- и p-орбиталей.
 - 7) Многоэлектронные состояния атома. Роль принципа Паули. Квантовые числа электронной конфигурации, терма, уровней тонкой структуры. Правила Гунда.
 - 8) Качественный вид потенциальных кривых двухатомных молекул. Адиабатические и неадиабатические потенциальные кривые гетерополярных молекул типа KCl.
 - 9) Модель независимых электронов для двухатомной молекулы при межъядерных расстояниях, близких к равновесному. Квантовые числа одноэлектронных состояний.
 - 10) Многоэлектронная двухатомная молекула при межъядерных расстояниях, близких к равновесным. Роль принципа Паули. Квантовые числа электронной конфигурации, терма, уровней тонкой структуры. Правила Гунда.
 - 11) Два нижних состояния H_2^+ в приближении линейной комбинации атомных орбиталей. Кулоновский и резонансный интегралы и интеграл перекрытия. Связывающая и разрыхляющая молекулярные орбитали и природа различия между ними.
 - 12) Вариационный принцип для нижнего собственного значения электронного уравнения Шредингера для иона H_2^+ .
 - 13) Теорема Гельмана-Фейнмана для иона H_2^+ .
 - 14) Молекулярные орбитали для гомоядерной двухатомной молекулы. Связывающие и разрыхляющие орбитали и определение характера орбиталей с помощью метода линейной комбинации атомных орбиталей и диаграмм распределения электронной плотности атомных орбиталей.
 - 15) Относительное расположение одноэлектронных уровней в гомоядерной двухатомной молекуле. Связь между набором чисел заполнения одноэлектронных молекулярных уровней энергии в основном электронном состоянии и числом химических связей на примере молекулы N_2 .
 - 16) Корреляционные диаграммы для одноэлектронных уровней энергии гомоядерной двухатомной молекулы, описывающие вариацию этих уровней при переходе от больших межъядерных расстояний к малым.
 - 17) Модель независимых электронов для многоатомных молекул. Делокализованные молекулярные орбитали и локализованные орбитали связей на примере молекулы H_2O .
 - 18) Тетраэдрическая структура CH_4 и sp^3 -гибридизация атомных орбиталей в атоме C.
 - 19) Две двойные связи в линейной молекуле CO_2 и sp -гибридизация атомных орбиталей в атоме C. π - и π -связи.
 - 20) Двойная $C=C$ связь в этилене и sp^2 -гибридизация атомных орбиталей в атоме C. π - и π -связи.
 - 21) Отклонение от аддитивности энергий связей в ароматических углеводородах и его объяснение делокализацией электронов π -связей между атомами C на примере молекулы бензола.
 - 22) Электронно-колебательно-вращательные состояния двухатомной молекулы, их квантовые числа и свойства симметрии. Влияние спина ядер в случае гомоядерных молекул.
 - 23) Колебания двухатомной молекулы - гармонический потенциал и потенциал Морзе. Роль эффектов ангармоничности.
 - 24) Разделение поступательных, вращательных и колебательных движений в многоатомной молекуле. Условия Эккарта.
2. Перечень контрольных вопросов для сдачи экзамена в 8-ом семестре
- 1) Классическое электромагнитное поле излучения как совокупность гармонических осцилляторов.
 - 2) Квантование электромагнитного поля, фотоны.

- 3) Классический предел для квантованного электромагнитного поля. Когерентные состояния квантованного электромагнитного поля.
- 4) Взаимодействие квантованного электромагнитного поля излучения с молекулярной системой.
- 5) Теория зависящих от времени возмущений. Вероятность перехода в единицу времени, золотое правило Ферми. Условия применимости понятия о вероятности перехода в единицу времени.
- 6) Спонтанное излучение возбужденной молекулярной системы. Вероятность излучения фото-на в единицу времени в электро-дипольном приближении.
- 7) Принцип соответствия. Порядок величины этой вероятности.
- 8) Поглощение и индуцированное излучение. Коэффициенты Эйнштейна спонтанного и индуцированного излучения и поглощения и связь между ними.
- 9) Закон затухания излучающего возбужденного состояния молекулы и распределение излученных фотонов по частотам. Лоренцев контур линии излучения.
- 10) Механизмы уширения спектральных линий. Однородное и неоднородное уширение.
- 11) Точные и приближенные правила отбора
- 12) Правила отбора для излучательных электро-дипольных переходов в атомах.
- 13) Правила отбора для излучательных электро-дипольных переходов в двухатомных молекулах.
- 14) Колебательно-вращательные электро-дипольные излучательные переходы в двухатомной молекуле.
- 15) Электронно-колебательные электро-дипольные излучательные переходы в двухатомной молекуле. Принцип Франка-Кондона.
- 16) Предиссоциация двухатомных молекулах, формула Ландау для вероятности предиссоциации.
- 17) Безызлучательные электронно-колебательные переходы в многоатомных молекулах

4. Критерии оценивания

Оценка отлично 10 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 9 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 8 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо 7 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо 6 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо 5 баллов - выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно 4 бала - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно 3 бала - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно 2 бала - выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно 1 бал - выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

При проведении устного дифференцированного зачета и экзамена обучающемуся предоставляется 30 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на устном дифференцированном зачете и экзамене не должен превышать одного астрономического часа.