

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФГАОУ ВО "Новосибирский национальный
исследовательский государственный университет"**

Факультет естественных наук

УТВЕРЖДАЮ



Декан ФЕН НГУ, профессор

 Резников В.А.

«29» августа 2014 г.

Фотохимия

**Программа лекционного курса и самостоятельной ра-
боты студентов**

Курс 1-й, I семестр

Учебно-методический комплекс

Новосибирск 2014

Учебно-методический комплекс предназначен для студентов 1 курса факультета естественных наук, направление подготовки 020100 «Химия (магистр)». В состав пособия включены: программа курса лекций, структура курса. Кроме того, приведен набор задач для самостоятельной работы студентов с использованием учебной литературы и даны примеры вариантов задач, предлагаемых на экзаменах в прошлые годы.

Составитель:

Сорокин Н.И., доц.

© Новосибирский государственный
университет, 2014

Содержание	
Аннотация рабочей программы	4
1. Цели освоения дисциплины	5
2. Место дисциплины в структуре ООП	5
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины	6
4. Структура и содержание дисциплины	8
Содержание курса	9
Программа курса лекций	9
5. Образовательные технологии	10
6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для контроля успеваемости	11
Перечень теоретических вопросов к экзамену и домашние задания	11
Примеры задач на экзамене	14
7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	15
Рекомендованная литература	15
Основная	15
Дополнительная	16
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины	17

Аннотация рабочей программы

Дисциплина «Фотохимия» относится к вариативной части (профильные дисциплины) профессионального (специального) цикла ООП по направлению подготовки «020100 ХИМИЯ» (квалификация (степень) магистр). Дисциплина реализуется на Факультете естественных наук Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Новосибирский национальный исследовательский государственный университет" (НГУ) кафедрой физической химии.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных со взаимодействием света с веществом, превращениями электронно-возбужденных состояний, взаимосвязи кинетических и динамических процессов.

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника общекультурных компетенций: ОК-5; профессиональных компетенций: ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-5.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, самостоятельная работа студента, консультации, сдача экзамена.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

Текущий контроль: Посещение лекций, консультации.

Итоговый контроль. Итоговую оценку за семестр студент может получить на устном экзамене в конце семестра.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 академических часа. Программой дисциплины предусмотрены 32 лекционных часа и 36 часов самостоятельной работы студентов. Остальное время (4 часа) – контроль в форме экзамена.

1. Цели освоения дисциплины

Дисциплина «Фотохимия» направлена на изучение и усвоение студентами теоретической фотохимии, фотохимии конкретных систем, а также ее экспериментальных методов фотохимии, необходимых для научно-исследовательской работы.

Одной из целей курса является демонстрация подводных камней как теоретической фотохимии, так и экспериментальных методик.

Основной целью освоения дисциплины является усвоение студентами основных положений теоретической фотохимии, умение пользоваться ими и на этой основе – понимания студентами сложных химических превращений, происходящих в живом организме.

Студент обязан твердо усвоить основные представления современной фотохимии, возникшие в шестидесятые–семидесятые годы прошедшего столетия, и, прежде всего, о том, что направление и скорость первичного фотохимического акта зависят от соотношения когерентной ширины возбуждающего света и ширины спектра поглощения вещества. Студент должен усвоить, что фотохимический процесс, в зависимости от параметров задачи, может управляться как динамическими, так и кинетическими закономерностями. Студент обязан знать границы применимости моделей и те приближения, которые положены в их основу.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Фотохимия» является частью профессионального (специального) цикла ООП, вариативная часть (профильные дисциплины), по направлению подготовки «020100 ХИМИЯ» (квалификация (степень) магистр).

Дисциплина «Фотохимия» опирается на следующие дисциплины ООП по направлению 020100 «ХИМИЯ» (бакалавр):

- Строение вещества (в том числе спектроскопия).
- Физика;
- Математический анализ;
- Высшая алгебра;
- Теоретическая электрохимия и инструментальные методы анализа.

Студент должен уверенно владеть методами квантовой механики – в первую очередь теорией возмущений. Должен иметь пред-

ставления об операторных методах решения дифференциальных уравнений, иметь представления о теории вычетов. Студент должен иметь твердые представления о моделях, излагаемых в курсе «Строение вещества» – одноэлектронном приближении (для анализа направления фотохимических процессов), методах Вудворда-Хоффмана и других. В совершенстве знать электронную спектроскопию.

Курс содержит вводную часть – излагаются решения уравнения Максвелла для диполя, анализируется структура поля излучения (на уровне книг Гайтлера «Квантовая теория излучения» и Беккера «Электронная теория»).

Результаты освоения дисциплины «Фотохимия» используются в следующих дисциплинах данной ООП:

- Научно-исследовательская практика.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:

общекультурные компетенции:

- владением современными компьютерными технологиями, применяемыми при обработке результатов научных экспериментов и сборе, обработке, хранении и передачи информации при проведении самостоятельных научных исследований (ОК-5);

профессиональные компетенции:

- наличием представления об актуальных направлениях исследований в современной теоретической и экспериментальной химии (синтез и применение веществ в наноструктурных технологиях, исследования в критических условиях, химия жизненных процессов, химия и экология и другие) (ПК-1);
- знанием основных этапов и закономерностей развития химической науки, пониманием объективной необходимости возникновения новых направлений, наличием представления о системе фундаментальных химических понятий и методологических аспектов химии, форм и методов научного познания, их роли в общеобразовательной профессиональной подготовке химиков (ПК-2);

- владением теорией и навыками практической работы в избранной области химии (в соответствии с профильной направленностью магистерской диссертации) (ПК-3);
- способностью анализировать полученные результаты, делать необходимые выводы и формулировать предложения (ПК-5).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

иметь представление:

- о механизме дипольных переходов и структуре поля излучения точечного диполя;
- о механизмах уширения линий излучения и о влиянии уширения на процесс взаимодействия излучения с веществом;
- о причинах появления необратимости в безызлучательных переходах;
- о фотохимии атомов, двухатомных молекул, а также основных классов химических соединений

знать:

- основы теорий, описывающих безызлучательные процессы;
- основные экспериментальные приемы фотохимических исследований;

уметь:

- решать задачи оценочного типа;
- порождать новые идеи.
- анализировать информацию в данном разделе химической физики и адаптироваться к изменению научного профиля своей профессиональной деятельности.

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, всего 72 академических часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)					Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекция	Семинар. работа	Самост. работа	Контр. работа	Экзамен	
1.1	Дипольные переходы	1	1-3	6		3			Домашнее задание
1.2	Форма контура линий поглощения	1	4-5	4		2			Домашнее задание
1.3	Общие вопросы теории безызлучательных переходов	1	6-10	10		5			Домашнее задание
1.4	Реакции возбужденных атомов и фотохимия двухатомных молекул	1	11-13	6		3			Домашнее задание
1.5	Фотохимия малых молекул и классов органических соединений	1	13-15	4		2			Домашнее задание
1.6	Экспериментальные методы фотохимии	1	16	2		1			Домашнее задание
						20		4	Экзамен
	Итого за семестр			32		36		4	

Содержание курса Программа курса лекций

Тема 1. Дипольные переходы

Излучение диполя. Волновая и продольная зоны. Взаимодействие излучения с веществом. Дипольное приближение. Расчет вероятности перехода. Интерпретация дипольных переходов. Свойства суперпозиционных состояний. Теория излучения Эйнштейна. Соотношение между излучательным временем жизни и интегральным поглощением.

Тема 2. Форма контура линий поглощения

Принцип неопределенности для пакетов. Ширина состояния. Затухающий осциллятор. Форма линии и естественная ширина. Допплеровское и столкновительное уширения. Контур Фойгхта. Основные законы фотохимии. Закон Ламберта-Бэра. Самообращение и самопоглощение спектральных линий. Следствия.

Приближение Борна-Оппенгеймера. Точность приближения. Кривые потенциальной энергии (Морзе, Гульберта-Гиршфельдера, Дэнгема). Экспериментальное определение. Излучательные переходы в двухатомных молекулах. Принцип Франка-Кондона. Форма спектра поглощения при возбуждении в континуум.

Тема 3. Общие вопросы теории безызлучательных переходов

Приготовление когерентного состояния. Выключение взаимодействия в момент перехода. Критерий необратимости Фрида-Джортнера. Модель Биксона-Джортнера. Большие, малые и промежуточные молекулы. Метод матрицы плотности. Двухуровневая система. Импульсный случай. Стационарный случай. Зависимость квантовых выходов от параметров задачи. Антипересечения. Отклонения от линейности зависимостей Штерна-Фольмера в областях антипересечений.

Тема 4. Реакции возбужденных атомов и фотохимия двухатомных молекул.

Реакции возбужденных атомов: Hg, O, N. Образование и тушение возбужденных атомов кислорода и азота в атмосфере.

Двухатомные молекулы. Эксимеры. Типы нижних кривых потенциальной энергии двухатомных молекул. Формы спектров флу-

оресценции эксимерных молекул. Термы эксимеров благородных газов. Лазеры. Основные реакции в разряде.

Предиссоциация. Классификация и спектроскопические проявления. Электронная и вращательная предиссоциация.

Тема 5. Фотохимия малых молекул и классов органических соединений

Фотохимия малых молекул: CS_2 , NO_2 , O_3 , SO_2 , H_2CO . Вращательный вклад в предиссоциацию. Колебательная предиссоциация. Фотохимия классов органических соединений. Правила корреляции.

Тема 6. Экспериментальные методы фотохимии

Источники света. Источники сплошного и линейчатого спектра. Ртутные лампы. Переходы в атоме ртути. Лазеры. Трехуровневая и четырехуровневая схемы. Сверхлюминесценция. Модовая структура лазерного луча. Лазеры на красителях. Светофильтры: Серые, селективные; абсорбционные, интерференционные; стеклянные, жидкостные, газовые. Старение фильтров. Приемники света. ФЭУ. Вольт-амперная характеристика. Влияние температуры и электростатического потенциала на темновой ток. Экранирование от магнитного поля Земли.

5. Образовательные технологии

Виды/формы образовательных технологий.

Курс ориентирован на подготовку специалистов-химиков, занимающихся как фундаментальными, так и ориентированными фундаментальными исследованиями в области фотохимии, атмосферной химии и химической кинетики. Методика преподавания дисциплины является классической и предполагает подробный вывод всех основных уравнений и детальный разбор теоретических схем. Основой является способ, именуемый методом мела и доски. Курс является естественным объектом применения знаний студентов, накопленных в математических и естественнонаучных дисциплинах. Для усвоения материала применяется постадийный и детальный подход и только в этом случае достигается глубокое проникновение обучающимся в суть предмета. Каждое лекционное занятие содержит элементы диалога преподавателя со студентами, поскольку каждый из участников – студенты или преподаватель

имеют право задавать вопросы в ходе решения проблемы или задачи и участвовать в ее разборе. Таким образом, на лекциях реализуется интерактивная форма обучения. Диалог и подробные ответы на вопросы слушателей создают базис, достаточно прочный для дальнейшего развития и изучения темы.

Как показывает практика, студент, прослушавший курс и выдержавший пристрастный диалог на экзамене, способен включиться за рубежом в изучение динамических процессов, происходящих в аттосекундном диапазоне времен (динамика электронного возбуждения).

Насколько известно автору, подобного курса фотохимии для химиков в стране нет. Стоит отметить, что преподаватель курса является действующим специалистом в области фотохимии. Ряд лекций читается на основе полученных автором результатов, в том числе, неопубликованных.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для контроля успеваемости

Перечень теоретических вопросов к экзамену и домашние задания

6.1. Образцы вопросов для самостоятельной работы и подготовки к экзамену

6.1.1. Особенности суперпозиционных состояний, зависящих от времени. Физический смысл недиагонального матричного элемента дипольного момента системы как амплитуды дипольного момента нестационарного состояния.

6.1.2. Классификация источников света. Источники сплошного и линейчатого спектра. Ртутные лампы: типы, спектр, условия эксплуатации и стабильность.

6.1.3. Рассмотреть фотохимию альдегидов, кетонов и кислот. Привести примеры их спектров поглощения и указать характерные величины коэффициентов экстинкции в основных областях поглощения. Перечислить основные продукты фотолиза и привести порядки квантовых выходов.

6.1.4. Сделать анализ правил корреляции Вудворда-Хоффмана. Указать пределы их применимости и обосновать необходимость корреляции состояний с сохранением числа узлов волновых функций.

6.1.5. Рассмотреть фотохимию бензола и его фторзамещенных, а также указать условия образования структур типа бензола Дьюара.

6.1.6. Получить вероятность перехода между состояниями, используя теорию возмущений, зависящих от времени.

6.1.7. Привести примеры свойств нестационарных состояний. Рассмотреть приготовление когерентного состояния. Определить, что такое «выключение взаимодействия в момент перехода» и каковы условия этого процесса. Что такое когерентная ширина?

6.1.8. Рассмотреть образование эксимеров галогенидов благородных газов и привести типы нижних кривых потенциальной энергии для них, указать виды переходов из нижнего возбужденного состояния и условия возникновения генерации излучения.

6.1.9. Перечислить наиболее часто встречающиеся формы контуров спектральных линий. Что такое ядро и крылья линии? Рассмотреть комбинацию естественного и доплеровского уширения (контур Фойгта). При каких условиях ядро линии близко к доплеровскому контуру, а крылья – лорентцевы?

6.1.10. Применить метод матрицы плотности для определения интенсивности излучения двухуровневой системы при импульсном возбуждении. Решить задачу для резонансного случая.

6.1.11. Рассмотреть когерентное возбуждение флуоресценции двух связанных состояний в стационарном случае. Исследовать зависимость квантовых выходов флуоресценции и фотохимической реакции от параметров задачи.

6.1.12. Рассмотреть импульсное когерентное возбуждение двух связанных состояний методом матрицы плотности для нерезонансного случая. Рассмотреть варианты: скорость релаксации превышает величину матричного элемента взаимодействия между состояниями, равна ему и меньше него.

6.1.13. Найти отношение констант тушения флуоресценции при малых давлениях и больших давлениях, если константа релаксации возмущающего спектра в столкновениях в 7 раз больше таковой для основного спектра?

6.1.14. Интенсивность параллельного пучка света равна $10^{14} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$, давление газа – 1 тор, коэффициент экстинкции – $6 \text{ л} \cdot \text{моль}^{-1} \text{ см}^{-1}$. Какая доля частиц распадется за 10 с в кювете длиной 10 см и диаметром 1 см?

6.1.15. Решить задачу об излучении затухающего осциллятора. Определить форму линии излучения и ширину.

6.1.16. Решить задачу об уширении Доплера.

6.1.17. Решить задачу об уширении линии излучения в столкновениях.

6.1.18. Перечислить приемники света, применяемые в рутинных измерениях. Изобразить принципиальную схему фотоэлектронного умножителя. Для фотоэлектронных умножителей рассмотреть: вольт-амперную характеристику и пробой, влияние температуры и электростатического потенциала на темновой ток. Как произвести экранирование ФЭУ от магнитного поля Земли и какие материалы использовать?

6.1.19. Светофильтры: серые, селективные; абсорбционные, интерференционные; стеклянные, жидкостные, газовые. Старение фильтров, способы восстановления пропускания и требования к эксплуатации. Влияние температуры на спектры пропускания фильтров.

6.1.20. В кювете какого диаметра будут наблюдаться эффекты когерентные в смысле Биксона-Джортнера при исследовании флуоресценции при давлении 10^{-4} тор? Плотность состояний возмущающего спектра $3 \cdot 10^{-1} \text{ л/см}^{-1}$.

6.1.21. Предсказать продукты изомеризации бензола при возбуждении молекулы в полосах V_{2u} и V_{1u} .

6.1.22. Рассказать о следствиях полного поглощения. Что такое самообращение и самопоглощение спектральных линий? Рассмотреть случаи однородной излучающей среды, а также излучающего шнура, окруженного газом поглощающих атомов.

6.1.23. Привести типы электронных структур, в которых возникает лазерная генерация. Что такое сверхлюминесценция? Какой может быть поперечная и продольная модовая структура лазерного луча?

6.1.24. Оценить время жизни атома водорода, влетевшего в конденсатор в $2s$ состоянии?

6.1.25. Сформулировать критерий необратимости Фрида-Джортнера. Изложить модель Биксона-Джортнера. Дать фотофизическую классификацию молекул по критерию $\nu\rho$. Выделить особенности поведения больших и малых молекул, а также молекул, относящихся к промежуточному случаю.

6.1.26. Предсказать механизм и продукты распада метил-н-пропилкетона в области $\pi\pi^*$ поглощения.

6.1.27. Дать классификацию типов преддиссоциации и описать ее спектроскопические проявления в поглощении и испускании.

6.1.28. При какой длительности импульса возбуждения можно наблюдать квантовые биения флуоресценции состояний сверхтонкой структуры и синглет-триплетных смешанных состояний в малых молекулах?

6.1.29. Определить условия пересечений и антипересечений поверхностей потенциальной энергии. Рассмотреть отклонения от линейности зависимостей Штерна-Фольмера в областях антипересечений. Обсудить причины невыполнения кинетического закона действующих масс в областях с сильным по сравнению с распадом взаимодействием.

6.1.30. Вывести соотношение между излучательным временем жизни и интегральным поглощением (соотношение Ладенбурга). Описать проявления эффекта Дугласа и дать возможные объяснения.

6.1.31. Предсказать продукты распада молекулы формальдегида из основного электронного состояния. Разрешен ли распад из первого электронного состояния?

6.1.32. Найти отношение скоростей фотодиссоциации в спектральном интервале 1 гц на частотах ν_1 и ν_2 , если $\nu_1/\nu_2 = 2$ и они соответствуют симметричным точкам нижней гауссовой кривой. Указания: верхний терм является линейным и наблюдается прямая фотодиссоциация при переходе на него из нижнего колебательного уровня основного электронного состояния, спектр источника постоянен.

6.2. Примеры задач на экзамене:

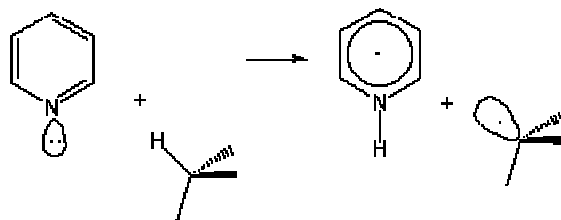
6.2.1. Как изменится интегральная интенсивность свечения паров атомов натрия в D_1 и D_2 линиях при помещении кюветы с парами в продольное магнитное поле. Рассмотреть как случаи линейности кривой роста, так и сильных отклонений.

6.2.2. Как можно приближенно определить спектр поглощения вещества, используя отсекающие фильтры?

6.2.3. Анодный ток ФЭУ равен $16 \cdot 10^{-9}$ А. Коэффициент усиления – 10^6 . Оценить поток света в $[\text{см}^{-2}\text{с}^{-1}]$, падающего на ФЭУ, если выход фотоэлектронов равен 1, а диаметр фотокатода 3 см.

6.2.4. Как будет выглядеть зависимость ϕ_{NO} от давления в кювете при фотолизе NO_2 области 4358 \AA . $\tau_0 = 3 \cdot 10^{-4} \text{ с}$, диаметр кюветы 5 мм. Давлением N_2O_4 пренебречь.

6.2.5. Пойдет ли реакция под действием света:



6.2.6. При каком давлении H_2CO интенсивность флуоресценции упадет в 2 раза, если $k_Q = 10^6 \text{ тор}^{-1}\text{с}^{-1}$, $\tau_0 = 10^{-6} \text{ с}$. Считать соотношение Штерна-Фольмера выполняющимся.

6.2.7. Качественно рассмотреть поле статического диполя, выделив продольную и поперечную составляющие. Решить задачу Герца для излучения диполя. Изобразить волновую и продольную зоны в сферических координатах. Рассчитать поток излучения.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Предполагается высокая самостоятельность студентов при изучении курса «Фотохимия». Настоятельно рекомендуется повторить соответствующие разделы квантовой механики, электродинамики, ТФКП, решения дифференциальных уравнений, в том числе с частными производными.

Рекомендованная литература

Основная:

1. Дж. Макомбер//Динамика спектроскопических переходов. М.:Мир, 1979.-347 с.
2. А. Mitchell, М. Zemznsky//Resonance radiation and excited atoms. Cambridge, 2009, -338 p. (repr. 1934).
3. W. Demtroder//Laser spectroscopy. Basic concepts and instrumentation. 3 edition. Springer, 2003. – 987 p.
4. Х. Окабе//Фотохимия малых молекул.-М.:Мир, 1981. -500 с.
5. Э.С. Медведев, В.И. Ошеров//Теория безызлучательных переходов в многоатомных молекулах. М.:Наука, 1983. -280 с.

6. G. Herzberg//Molecular spectra and molecular structure. I. Spectra of diatomic molecules. D. van Nostrand company, Inc. Toronto, London, New York. 1957. - 658 p.
7. J. Jortner, S.A. Rice, R.M. Hochstrasser// Radiationless transition in photochemistry. - Advances in photochemistry. V.7. 1969. p.149-309.
8. K.F. Freed//Energy dependence of electronic relaxation processes in polyatomic molecules in radiationless processes in molecules and condensed phases. Editor Fong, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 1979. P. 23-168.
9. Н.И. Сорокин//Исследование механизма фотолиза формальдегида. Влияние магнитного поля. Канд.дисс. Новосибирск, 1980.-208 с.
10. Экцимерные лазеры. Под ред. Ч. Роуза. Проблемы прикладной физики.-М.:Мир, 1981.- 445 с.
11. Г. Герцберг//Электронные спектры и строение многоатомных молекул.-М.:Мир,1969. -772 с.
12. Дж. Калверт, Дж. Питтс//Фотохимия. -М.:Мир, 1968.- 671 с.
13. Я. Рабек//Экспериментальные методы в фотохимии и фотофизике. Т.1,2. -М.:Мир, 1982.-1150 с.

Дополнительная:

1. Handbook of photochemistry. – CRP, 2006, Boca Raton, London, New York. –633 p.
2. В. Гайтлер//Квантовая теория излучения. - М.:Мир, 1956. - 491 с.
3. М. Abraham,К.Becker//The Classical theory of electricity and magnetism, London, Glasgo, 1946.-286 p.
4. Д.Н. Клышко//Физические основы квантовой электроники.- М.:Наука. 1986.-296 с.
5. В.Л. Гинзбург//О природе спонтанного излучения. УФН. 1983 140,N4. С. 687 - 698.
6. А. Гейдон//Энергии диссоциации и спектры двухатомных молекул. М.: ИЛ, 1949.-302 с.
7. И.И. Собельман//Введение в теорию атомных спектров. М.:Наука, 1977.-319 с.
8. С. Michel//Couplage singlet-triplet et relaxation electronique de l'etat 1A_g du glyoxal. These. Orsay L'Universte de Paris-Sud, 1980.-154 p.

9. Н.Г. Преображенский//Спектроскопия оптически плотной плазмы. Новосибирск: Наука, 1971.-178 с.
10. В.С. Летохов, В.П.Чеботаев//Принципы нелинейной лазерной спектроскопии. М.:Наука, 1975,-280 с.
11. К. Блум//Теория матрицы плотности и ее приложения. -М.: Мир,1983.-248 с.
12. Р. Пирсон//Правила симметрии в химических реакциях. - М.:Мир, 1979.-592 с.
13. Одноэлектронные фотоприемники.// С.С. Ветохин, И.Р. Гулаков, А.Н. Перцев и др.-М.:Энергоатомиздат,1986.-160 с.
14. А.Н. Зайдель, Г.В. Островская, Ю.И. Островский//Техника и практика спектроскопии. - М.:Наука, 1972. -375 с.

Наиболее продвинутым студентам рекомендован интернет-ресурс MIT: <http://ocw.mit.edu/courses/chemistry/5-80-small-molecule-spectroscopy-and-dynamics-fall-2008/>.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

- Мел и доска.
- Дополнительные материалы по просьбе студентов – копии требуемых разделов редких изданий.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и с ОС ВПО, принятым в ФГАОУ ВО Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, с учетом рекомендаций ООП ВПО по направлению «020100 ХИМИЯ».

Автор:

Сорокин Николай Иванович, к.х.н., доцент, н.с. ИХКГ СО РАН

Программа одобрена на заседании кафедры физической химии ФЕН НГУ 21 мая 2014 года. Протокол № 143

Секретарь кафедры
к.х.н.



Л.Н. Зеленина